



**ЭНЕРГЕТИКА:  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ,  
НАДЕЖНОСТЬ,  
БЕЗОПАСНОСТЬ**

**МАТЕРИАЛЫ ТРУДОВ  
XIX ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**Том 2**

**Томск  
4-6 декабря 2013 г.**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ТОМСКОЕ ПРОФЕССОРСКОЕ СОБРАНИЕ  
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТИ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**МАТЕРИАЛЫ ТРУДОВ ДЕВЯТНАДЦАТОЙ  
ВСЕРОССИЙСКОЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**«ЭНЕРГЕТИКА:  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ»**

**Том II**



Томск - 2013

УДК 620.9+(621.311+621.039):504+621.039.058+621.311.019.3  
Э65

Э65 Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы трудов XIX Всероссийской научно-технической конференции / Томский политехнический университет, 4-6 декабря 2013 – Томск: Изд-во ООО «Скан», 2013. Т. II. – 434 с.

Настоящий сборник содержит материалы девятнадцатой Всероссийской научно-технической конференции “Энергетика: эффективность, надежность, безопасность”, проведенной 4-6 декабря 2013 г. на базе ГОУ ВПО «Национальный исследовательский томский политехнический университет». В пленарных и секционных докладах обсуждаются проблемы эффективности и безопасности электроэнергетических и теплоэнергетических установок и систем, вопросы энергосбережения и проблемы ядерной энергетики. Рассматриваются научные проблемы и задачи экологии и защиты окружающей среды, медико-биологические аспекты техногенного влияния среды на организм.

**УДК 620.9+(621.311+621.039):  
504+621.039.058+621.311.019.3**

*Редакционная коллегия:*

Литвак В.В. (председатель), доктор технических наук, профессор ТПУ  
Кузнецов Г.В., доктор физико-математических наук, профессор ТПУ  
Панин В.Ф., доктор технических наук, профессор ТПУ  
Сечин А.И., доктор технических наук, профессор ТПУ

*XIX научно-техническая конференция “Энергетика: эффективность, надежность, безопасность” проводится по гранту РФФИ 13-08-06144-г.*

© Авторы 2013

Состав организационного и научного комитета  
**ХІХ-й Всероссийской научно-технической конференции:**  
**«Энергетика: эффективность, надежность, безопасность»**

Чубик Петр Савельевич	ректор ТПУ, профессор, председатель оргкомитета;
Пестряков Алексей Николаевич	проректор по НРИИ, профессор, сопредседатель оргкомитета;
Боровиков Юрий Сергеевич	проректор-директор ЭНИН, доцент, сопредседатель оргкомитета;
Кузнецов Гений Владимирович	зав. кафедрой ТПТ, профессор, зам. председателя оргкомитета;
Ушаков Василий Яковлевич	директор РЦР ТПУ; профессор, сопредседатель оргкомитета;
Литвак Валерий Владимирович	профессор каф. АТЭС ЭНИН, зам. председателя оргкомитета;
Коханенко Лидия Павловна	начальник отдела ОНТИ, член оргкомитета;
Богданова Елена Васильевна	секретарь конференции, ведущий инженер РЦР ЭНИН;
Заворин Александр Сергеевич	зав. кафедрой ПГС и ГТУ ЭНИН, профессор, председатель секции;
Хрущев Юрий Васильевич	профессор каф. ЭСиЭ ЭНИН, председатель секции;
Матковская Тамара Васильевна	зав. кафедрой СГМУ, профессор, председатель секции
Романенко Сергей Владимирович	зав. кафедрой ЭБЖ ИНК, профессор, председатель секции;
Лукутин Борис Владимирович	зав. кафедрой ЭПП ЭНИН, профессор, председатель секции;
Сечин Александр Иванович	профессор каф. ЭБЖ ИНК, член оргкомитета;
Богданов Евгений Петрович	доцент каф. ЭКМ ЭНИН, член оргкомитета.

## Секция 3

Энергетическая безопасность и  
энергосбережение**Клиентоориентированный подход к обеспечению надежности электроснабжения****Васильева М.В.***Новосибирский государственный технический университет, Россия, г. Новосибирск*[vas-mv@yandex.ru](mailto:vas-mv@yandex.ru)

Рассмотрение текущей ситуации в области обеспечения надежности электроснабжения в РФ естественно распадается на три аспекта:

- социопсихологический;
- технико-технологический;
- организационно-экономический.

Первый аспект предусматривает наличие критериев и норм, характеризующих надежность электроснабжения. Ранее требования по надежности определялись Правилами устройства электроустановок в рамках определения категории надежности. Сейчас нормы этого документа носят рекомендательный характер, и нормативные значения показателей надежности установлены только для потребителей третьей категории: допустимое число часов отключения в год составляет 72 часа, но не более 24 часов подряд, включая срок восстановления электроснабжения. Для первой и второй категории надежности границы этих показателей определяются сторонами договора об электроснабжении индивидуально, но они не могут быть больше соответствующих величин, предусмотренных для третьей категории [1, п.31(6)]. Таким образом, механизм категорирования потребителей электроэнергии в настоящее время теряет своё первоначальное значение.

На смену ему приходит концепция клиентоориентированности. В утверждённой от 3 апреля 2013 года Стратегии развития электросетевого комплекса РФ в области надежности электроснабжения поставлены задачи постепенно обеспечить адресное транслирование экономических эффектов по результатам деятельности сетевых компаний на конечных потребителей, а в долгосрочной перспективе «обеспечить диалог с потребителями об их приоритетах – надежности энергоснабжения или цены за соответствующий уровень надежности» [2].

Таким образом, в части обеспечения надежности электроснабжения России постепенно перенимает мировой опыт. За рубежом конечный потребитель самостоятельно определяет необходимый ему уровень надежности электроснабжения.

Очевидно, что для реализации такого подхода в России должны быть увеличены возможности электросетевых предприятий в технико-технологическом аспекте. В первую очередь, речь идет о необходимости установки систем АСКУЭ, позволяющих измерять и фиксировать показатели надежности электроснабжения, и доступности технических средств, позволяющих обеспечить конечному потребителю индивидуальный уровень надежности.

Привести в соответствие потребностям первого аспекта возможности второго можно при помощи разработки организационно-экономического механизма, или системы отношений между субъектами розничного рынка по поводу надежности электроснабжения с четким разделением прав и обязанностей сторон, а также однозначным определением взаимных финансовых обязательств.

За рубежом идея клиентоориентированности в обеспечении надежности электроснабжения реализуется при помощи двусторонних контрактов [3]. С учетом передовой мировой практики систему отношений между субъектами розничного рынка РФ в части обеспечения индивидуального уровня надежности предлагается строить на договорной основе.

В роли одной из сторон договора, предоставляющей соответствующую услугу, естественно рассматривать распределительную электросетевую компанию. Другой стороной – потенциальными заказчиками услуги – являются конечные потребители электрической энергии, не удовлетворенные текущим уровнем надежности электроснабжения.

Для того чтобы договорные отношения были жизнеспособны, необходимо выполнение следующих условий:

- стороны должны получить положительные экономические эффекты от заключения контракта;
- условия договора должны быть просты и прозрачны для участников;
- стороны договора должны строго выполнять свои обязанности, не нацеливаясь на получение дополнительного обогащения (другими словами, необходимо соблюдение принципа транспарентности отношений).

Предлагаемую схему отношений между сторонами по договору об обеспечении индивидуального уровня надежности электроснабжения иллюстрирует рисунок 1.

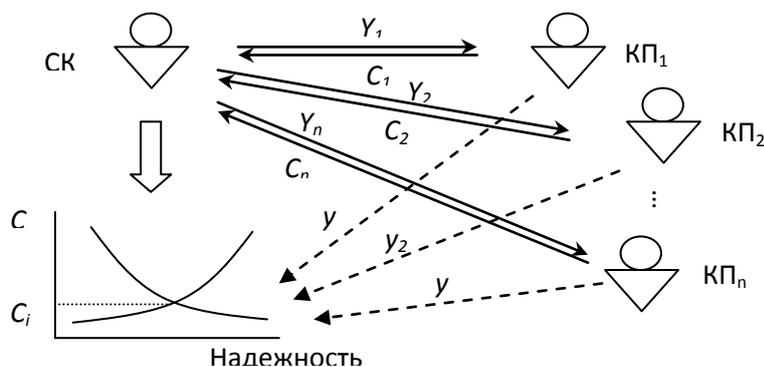


Рис. 1. Схема отношений субъектов розничного рынка по поводу обеспечения адресного уровня надежности электроснабжения

Клиенты (конечные потребители КП<sub>1</sub>, КП<sub>2</sub>...КП<sub>n</sub>) самостоятельно задают необходимую им надежность через определение размера компенсации  $y_i$ , которую они хотят получить в случае ограничения подачи электроэнергии за каждый недоотпущенный кВт\*ч. Сетевая компания СК обязуется обеспечить требования потребителей за денежное вознаграждение  $C_i$ . В случае ограничения электроснабжения потребителя сетевая компания выплачивает ему компенсацию в размере

$$Y_i = y_i \cdot \Delta \mathcal{E}_i,$$

где  $\Delta \mathcal{E}_i$  – недоотпуск электроэнергии  $i$ -му потребителю.

При условии выполнения принципа транспарентности отношений заявляемая потребителем величина компенсации равна его фактическим убыткам из-за ограничения электроснабжения. В этом случае с экономической точки зрения технический уровень надежности безразличен для потребителя, так как все убытки ему возмещаются. Чтобы у потребителя не было стимула завышать размер компенсаций, стоимость услуги  $C_i$  должна изменяться пропорционально его требованиям, т.е.

$$C_i = f(y_i)$$

Из полученных от потребителей денежных средств сетевая компания формирует целевой фонд для финансирования технических мероприятий для выполнения требований клиентов и возмещения возникающих у них из-за ненадежности убытков.

Очевидно, что целесообразность проведения технических мероприятий необходимо определять по критерию минимума суммарных издержек. Техническое решение будет эффективно, если требующиеся на его внедрение затраты меньше, чем снижение размера компенсационных выплат потребителю.

За счет предоставления вне рыночной услуги по обеспечению адресной надежности электроснабжения сетевые компании смогут:

- сформировать дополнительный целевой источник денежных средств, на размер и порядок образования которого не распространяется влияние регулятора розничного рынка электроэнергии;
- получить ценовые сигналы, позволяющие искать технические способы и средства эффективного обеспечения требуемого конкретным потребителям уровня надежности электроснабжения;
- осуществить адресные мероприятия, позволяющие извлекать экономический эффект от повышения надежности электроснабжения конкретного конечного потребителя.

С другой стороны, потребителю контракт по обеспечению индивидуальной надежности позволит

- во внесудебном порядке получать компенсацию за прерывания электроснабжения сверх нормативов, установленных в договоре, т.е. возмещение упущенной выгоды или понесенных убытков;
- снизить размер собственных единовременных капиталовложений на реализацию технических мероприятий по повышению уровня надежности электроснабжения.

#### Список литературы:

1. Правила недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг // ПС Консультант плюс
2. Распоряжение Правительства РФ от 03.04.2013 № 511-р «Об утверждении Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации» / «Собрание законодательства РФ», 08.04.2013, № 14, ст. 1738.
3. Васильева М.В. Зарубежный опыт обеспечения надежности электроснабжения // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2013, – № 4 (25), – С. 144-149.

### Повышение энергоэффективности объектов при реконструкции производств изопрена и ски на ООО "Тольяттикаучук"

*Деев М.А., Глухов Д.М.*

*ООО «Технопроект Синтез», Россия, г. Воронеж.*

[mitbor@rambler.ru](mailto:mitbor@rambler.ru)

В настоящее время в РФ сложилась уникальная ситуация, когда, с одной стороны, очень много уцелевших после трудных времён конца прошлого века предприятий продолжают выпускать всё ещё конкурентоспособную и востребованную на рынке продукцию, а с другой - практически все они нуждаются в срочной модернизации из-за слишком высоких затрат, требующихся для поддержания основной деятельности, обусловленных устаревшими технологиями и изношенным оборудованием. Менеджмент подобных производств, осознавая важность обозначенных выше проблем [1], как правило, в первую очередь обращается к руководству профильных проектных институтов для выявления возможностей и глубины модернизации. Часто подобные обращения завершаются заключением договоров на проведение проектно-исследовательских работ (ПИР).

В настоящей работе мы представляем один из аспектов современного проектирования в части энергосбережения, реализованный при разработке проектной документации "Реконструкция производства изопрена синтетического каучука изопренового на ООО "Тольяттикаучук".

Проектной документацией [2] по реконструкции производства синтетического каучука изопренового (СКИ) предусмотрено увеличение мощности производства СКИ до 120 тыс. т/год, а также увеличение мощности метилтребутилового эфира (МТБЭ) до 120 тыс. т/год с учетом мощности вновь проектируемой установки синтеза МТБЭ 60 тыс. т/год.

Производство состоит из следующих установок:

Установки получения изопрена (ИП) - 4 шт.

Операторные производств - 5 шт.

Отделения производств - 4 шт.

Основные показатели, характеризующие удельную величину расхода энергетических ресурсов в зданиях, строениях и сооружениях по помещениям предприятия представлены в табл.1.

Таблица 1.

№ п/п	Показатель	Ед.измер.	Значение
1	Расчётная температура воздуха помещений в холодный период года	<sup>0</sup> С	+22
2	Расчётная температура наружного воздуха в холодный период года	<sup>0</sup> С	-36
3	Средняя температура наружного воздуха в холодный период года	<sup>0</sup> С	-5,2
4	Продолжительность отопительного периода	сут.	203
5	Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	5522
6	Общая мощность электродвигателей систем вентиляции зданий и сооружений	Н, кВт	233,44

Инженерно-технические решения проектируемых зданий приняты с учётом их функциональных назначений, технологических процессов, климатических и инженерно-геологических условий площадки строительства, технического задания и действующих нормативных документов [3-6].

Сбережение как тепловой, так и электрической энергии предусматривается за счёт следующих мероприятий:

- автоматическое регулирование теплоотдачи нагревательных приборов при помощи термостатических регулирующих клапанов;
- качественное регулирование параметров теплоносителя калориферов приточных установок автоматизированными смесительными насосными узлами;
- применение трубопроводов из полипропилена, имеющих меньшие гидравлические сопротивления;
- диаметры трубопроводов подобраны с учетом допустимых скоростей движения жидкости во избежание больших потерь на трение;
- устройство систем авторегулирования теплопотребления приточных установок;
- тепловая изоляция внешних трубопроводов систем отопления и теплоснабжения;
- установка экономичного и энергоэффективного оборудования в части потребления электрической энергии, соответствующего требованиям государственных стандартов и других нормативных документов;
- применение люминесцентных светильников с повышенными светотехническими характеристиками и меньшей мощностью;
- применения для электроосвещения экономичных светодиодных и люминесцентных ламп;
- автоматическое управление наружным электроосвещением и освещением входов зданий в зависимости от уровня естественного освещения посредством фотореле и суточных таймеров;
- применение в схемах управления приводами технологического оборудования частотных преобразователей;
- применение современных электродвигателей с высоким значением коэффициента мощности  $\cos\varphi$ ;
- компенсация реактивной мощности посредством установки конденсаторных блоков на секциях ГРЩ-0,4 кВ в РП, РУНН-0,4 кВ в подстанциях.

Контроль за потреблением электроэнергии обеспечивают счётчики технического учёта на вводах 6/0,4 кВ в РП-0,4 кВ.

Для достижения максимальной эффективности в расходовании энергетических ресурсов требуется реализация всех заложенных в проектную документацию перечисленных выше мер.

Как правило, контроль за соблюдением заложенных решений возлагается на проектную организацию, которая обеспечивает авторский надзор за строительством с оформлением всей необходимой в таких случаях документации.

#### Список литературы:

1. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. ИП 120-00-ЭЭ. Проектная документация. Реконструкция производств изопрена и СКИ на ООО «Тольяттикаучук». Раздел 10(1). Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащённости зданий, строений и сооружений приборами учёта используемых энергетических ресурсов.
3. СНиП-23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
4. СНиП 31-0302001 «Производственные здания».
5. СНиП 2.09.04-87\* «Административные и бытовые здания».
6. СНиП-23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

## Утилизатор тепла и холода вентиляционного воздуха с целью энергосбережения в жилых зданиях

Захаров А.А., Низовцев М.И.

Новосибирский Государственный Технический Университет, Россия, г. Новосибирск

Институт теплофизики СО РАН, Россия г. Новосибирск

[pharaon13@mail.ru](mailto:pharaon13@mail.ru)

В рамках Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности...» поставлена задача значительного снижения энергозатрат при эксплуатации зданий. К 2020 году должно быть достигнуто снижение энергоемкости ВВП на 40% к уровню 2007 года. Особенно остро проблема стоит в жилищном секторе. Наибольшие возможности снижения энергопотребления зданий связаны с совершенствованием систем вентиляции и с утилизацией тепла и холода вентиляционного воздуха [1].

Проблема вентиляции жилых и производственных зданий стала более острой в связи с повышением герметичности современных окон и дверей и ростом коммунальных тарифов. Современные окна и двери обладают высокими теплоизоляционными и акустическими характеристиками, однако почти полностью перекрывают приток свежего воздуха, который традиционно обеспечивался инфильтрацией через неплотности дверных и оконных проемов. Установка дополнительных воздушных клапанов в большинстве случаев оказывается мало эффективной, как с точки зрения энергосбережения, так и с точки зрения организации воздухообмена. В больших офисных и производственных зданиях эта проблема решается использованием крупных центральных систем вентиляции и кондиционирования. В коттеджах и многоквартирных домах она остается пока практически нерешенной.

В настоящее время наиболее широко применяются следующие типы воздушных утилизаторов тепла и холода:

- рекуперативного типа на базе пластинчатых воздухо-воздушных теплообменников [2];
- регенеративные вращающейся [3];
- с промежуточным теплоносителем [4].

В тоже время активно продолжают работы по разработке новых перспективных конструкций таких аппаратов [5,6].

При сходных массогабаритных показателях наибольшей энергетической эффективностью обладают регенеративные вращающейся теплоутилизаторы (80–95%), далее следуют рекуперативные (до 65%) и менее эффективны теплоутилизаторы с промежуточным теплоносителем (45–55%).

По своему исполнению в многоэтажных жилых зданиях теплоутилизаторы могут быть центральными на все здания или группу квартир и индивидуальными, поквартирными.

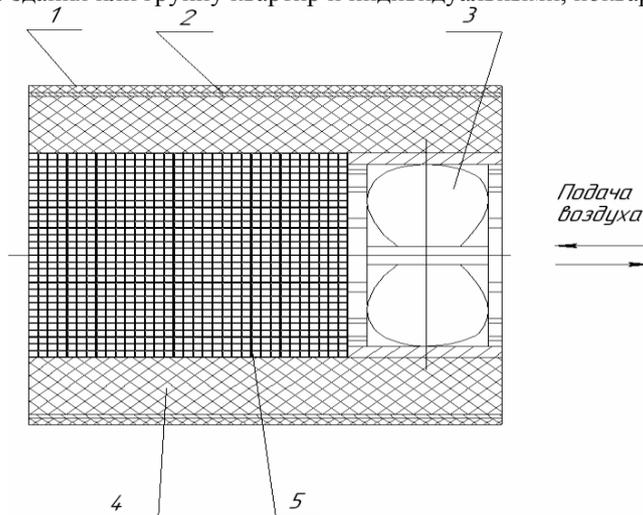


Рис.1. Конструкция регенеративного теплообменника с периодически изменяемым направлением прокачиваемого воздуха: 1 - корпус регенератора; 2 - теплоизоляционная фольга; 3 – вентилятор; 4 – теплоизоляция; 5 - регенеративная насадка.

По своим конструктивным особенностям теплоутилизаторы с промежуточным теплоносителем малоприспособлены для индивидуальной поквартирной вентиляции, и поэтому на практике их используют для центральных систем.

Одним из новых подходов к снижению энергозатрат при обеспечении необходимой циркуляции воздуха в помещении является использование локальных систем вентиляции с утилизацией теплоты удаляемого из помещения воздуха. Одним из таких перспективных теплоутилизаторов вентиляционного воздуха является регенеративный теплообменник с периодически изменяемым направлением прокачиваемого воздуха (рис.1.).

В аппарате направление движения воздуха периодически изменяется. Во всех каналах регенератора происходят одинаковые процессы теплообмена, поэтому можно рассматривать единичный канал. Процесс теплообмена в канале насадки является установившимся. Температура поверхности канала изменяется по длине насадки и по времени.

Принимаются следующие допущения:

- регенератор теплоизолирован, поэтому потери тепла из насадки в окружающую среду отсутствуют;
- теплообмен в насадке происходит без конденсации паров влажного воздуха;
- теплофизические свойства регенератора и воздуха постоянны;
- время прохождения воздуха через регенератор намного меньше, чем время цикла.

Процессы тепломассопереноса в регенераторе для воздуха и насадки описываются дифференциальными уравнениями (1) и (2).

$$G c_B \frac{\partial T_B}{\partial z} + c_B \rho_B s \frac{\partial T_B}{\partial \tau} + p \alpha (T_B - T_H) = 0 \quad (1)$$

$$\lambda_H c_H \frac{\partial^2 T_H}{\partial z^2} + p \alpha (T_H - T_B) + c_H \rho_H s_H \frac{\partial T_H}{\partial \tau} = 0 \quad (2)$$

Здесь:  $T_B$  — температура воздуха;  $T_H$  — температура насадки;  $s$  — площадь проходного сечения канала;  $\rho_B$  — плотность воздуха;  $p$  — периметр проходного сечения канала;  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи;  $\rho_H$  — плотность материала насадки;  $s_H$  — площадь поперечного сечения насадки;  $\lambda_H$  — теплопроводность материала насадки,  $G$  — массовый расход воздуха;  $c_B$  — теплоемкость воздуха;  $c_H$  — теплоемкость материала насадки.

Начальное условие (3) для уравнения (1) аналогично (2) с различием, что для (1) условие для  $T_B(\tau=0)$ :

$$T_H(\tau=0) = T_{in} - \frac{(T_{in} - T_{out})z}{L}, \quad (3)$$

Где  $L$  — длина канала.

Граничные условия (4) для уравнения (2) приняты с учетом допущения, что насадка теплоизолирована:

$$\left( \frac{\partial T_H}{\partial z} \right)_{z=0} = 0; \quad \left( \frac{\partial T_H}{\partial z} \right)_{z=L} = 0 \quad (4)$$

Таким образом, тепловой расчет процессов тепломассопереноса в канале регенеративного теплообменника сводится к совместному решению дифференциальных уравнений (1), (2) с краевыми условиями (4) и начальным условием (3). Для решения дифференциальных уравнений применяется метод разностных аналогов.

Первые попытки запрограммировать модель регенеративного теплоутилизатора, проводились в г. Санкт-Петербурге [7].

Для выполнения расчета необходимо задать геометрию насадки, теплофизические характеристики материала насадки и теплоносителя и параметры работы регенератора. Результатом расчета в программе являются коэффициент теплоотдачи и коэффициенты аккумуляции и регенерации, а также температурные поля по временным слоям.

#### Список литературы:

1. ТРУДЫ АВОК—4—2004. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома.— М.: АВОК-ПРЕСС, 2004.
2. <http://www.daikin-rus.com/opisanie31.htm>
3. Васильев В.А., Каменецкий К.К., Экспериментальное исследование регенеративного теплообменника и анализ тепловых процессов.// Холодильная техника и кондиционирование.

4. <http://www.recuperators.ru/information/recuperators/fluid.php>
5. Низовцев М.И. Экспериментальное исследование динамических и тепловых характеристик дискового вентилятора - регенератора тепла вентиляционного воздуха. Известия Вузов. Строительство, 2007г, № 10, с.46-50.
6. Ланда Ю.И. Децентрализованная рекуперативная вентиляция квартир. Спецвыпуск журнала Энергосбережение, 2012г, № 12, с.40-43.
7. Васильев В.А., Гаврилов А.И., Каменецкий К.К., Соболев Е.В. Параметрическое исследование регенеративного теплообменника.// Вестник МАХ, 2010, №1

#### **Расчет теплотерь при совместной прокладке трубопроводов тепловых сетей в условиях крайнего севера**

***Игнатьев В.С., Иванов В.А.***

*Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, Россия, г. Якутск  
[a.p.shadrin@iptpn.ygn.ru](mailto:a.p.shadrin@iptpn.ygn.ru)*

Режим потребления тепловой энергии зависит от многих факторов. Основными из них являются режим работы предприятий, тепловые нагрузки отапливаемых зданий, потребление горячей воды населением, предприятиями и тепловые потери тепловыми сетями. Тепловая энергия является товаром и ее качество должна отвечать требованиям документов, регулирующих взаимоотношения между потребителями тепловой энергии и теплоснабжающими организациями.

При транспортировке тепловой энергии потребителям по тепловым сетям происходит потеря тепловой энергии, которая влияет на общую выработку тепловой энергии на источнике теплоты, так как эти потери могут достигать значительных величин в зависимости от многих факторов.

Определение потерь теплоты при транспортировке теплоносителя в условиях Севера, мало изученная проблема и зачастую величину тепловых потерь тепловыми сетями принимают без достаточных обоснований по нормативам, разработанным для Западных районов России. Климатические условия Центральной и Западной России очень сильно отличаются от климатических условий Якутии. [1]. Эти климатические условия предопределили тип прокладки тепловых сетей и трубопроводов. В г. Якутске после многих неудачных результатов применения наземной прокладки тепловых сетей в непроходных каналах и подземной прокладки в проходном канале, постепенно отказались от таких видов прокладки в пользу наземной прокладки по отдельно стоящим опорам. Но приняв наземную прокладку тепловых сетей, не были разработаны нормативные документы, регламентирующие тепловые потери при таком способе прокладки в условиях сурового климата Крайнего Севера со сверхнизкой температурой воздуха (ниже минус 30°C), где часто происходит образование «морозного тумана» при температурах ниже минус 40°C, влияние которой на фактическое состояние тепловой изоляции вообще не изучено, где еще не изучены теплообменные процессы при эксплуатации тепловой сети. Кроме этого существует проблема предохранения замерзания воды в водопроводе, которая прокладывается в тепловых сетях совместно с трубопроводами сетевой воды.

В районах Крайнего Севера, где расположен город Якутск, в последнее время в основном предусматривается наземная прокладка тепловых сетей. Тепловые сети и магистральные и распределительные принадлежащие ОАО «Якутскэнерго» проложены по высоким отдельно стоящим опорам – надземно. Принятый тип прокладки имеет как положительные, так и отрицательные стороны. Этот способ прокладки было продиктовано мерзлотно-грунтовыми условиями и равнинным расположением города. Мерзлотно-грунтовые условия при подземной прокладке требуют дорогостоящих мероприятий по их сохранению, а вторая причина также требует не менее дорогостоящих мероприятий при отсутствии ливневой канализации в городе по отводу дренажных вод из каналов.

Величина тепловых потерь трубопроводами тепловых сетей зависит от:

- вида теплоизоляционной конструкции и применяемых в ней теплоизоляционных материалов;
- температурного режима и продолжительности работы тепловой сети;
- параметров окружающей среды;
- от материальной характеристики тепловой сети;
- срока и условий эксплуатации.

В г. Якутске в качестве тепловой изоляции в основном применяются минераловатные маты, пенополиуретан и базальтовое супертонкое волокно.

Для теплоизоляционного слоя трубопроводов тепловой сети применяются материалы и изделия со средней плотностью не более  $400 \text{ кг/м}^3$  и теплопроводностью не более  $0,07 \text{ Вт/(м}^\circ\text{C)}$  при температуре  $25^\circ\text{C}$  и влажности, указанной в ГОСТ и ТУ на эти материалы.

Расчет толщины тепловой изоляции трубопроводов тепловой сети при надземной прокладке производится по нормированной плотности теплового потока через изолированную поверхность по таблицам 1 и 2 обязательного приложения 4\* СНиП 2.04.14-88\*.

За расчетную температуру окружающей среды принимается:

- для трубопроводов тепловых сетей (водопровод, трубы горячего водоснабжения) по нормированной плотности теплового потока – среднюю за год;
- для трубопроводов тепловых сетей (подающий и обратный), работающих только в отопительный период, среднюю, за период со среднесуточной температурой наружного воздуха  $8^\circ\text{C}$  и ниже.

Значительное влияние на теплопроводность влияет температура, при которой они эксплуатируются. Это связано с повышением теплопередачи путем лучеиспускания и конвекции. Одним из способов передачи тепловой энергии является излучение, которая представляет собой превращение части внутренней энергии одного тела в энергию электромагнитных волн, которая распространяется в полностью или частично пропускающей это излучение среде и поглощается другим телом.

При совместной прокладке трубопроводов в одной оболочке происходит сложный лучистый теплообмен, который состоит для любого одного из этих трубопроводов из собственного излучения отраженного от других трубопроводов и отраженного собственного излучения. Прокладка этих трубопроводов производится на одном уровне на определенном расстоянии друг от друга, и лучистый теплообмен происходит между двумя этими трубопроводами.

При раздельной прокладке тепловых сетей и водопровода для предохранения последней от замерзания применяются следующие методы:

- принудительный сброс водопроводной воды в канализационную сеть через домовые приборы;
- прокладку с тепловым сопровождением (спутником);
- постоянную циркуляцию воды в водопроводе;
- электрообогрев (электрический спутник).

Одним из наиболее рациональных способов предохранения водопровода от замерзания является совмещенная прокладка водопровода с трубопроводами систем отопления зданий, которые обеспечиваются водой.

Для предохранения воды в водопроводе от замерзания при надземной прокладке практикуется совместная прокладка водопровода с трубопроводами тепловых сетей (обратным или подающим трубами в отдельности или обоими вместе в общей теплоизоляции в одном кожухе). В некоторых случаях в распределительных квартальных сетях в общей теплоизоляции (в одном кожухе) прокладываются кроме подающей и обратной трубы, трубы горячего водоснабжения. В итоге получается способ прокладки не отраженный в нормативных документах по теплоснабжению. При этом способе совместной прокладки труб разного назначения происходит сложный теплообменный процесс между этими трубами и связанный с этим процессом теплопотери этой конструкции в окружающую среду (наружный воздух).

Расчет тепловых потерь при совместной прокладке водопровода с обратным трубопроводом систем отопления имеет свои особенности, которая характеризуется при этом увеличением суммарных теплопотерь. При таком виде прокладки теплообмен между обратным трубопроводом, водопроводом и окружающим воздухом происходит в зависимости от толщины и вида теплоизоляционного материала, от диаметров труб и расстояния между ними и параметров окружающей среды (воздуха). Также происходит изменение теплофизических свойств теплоизоляционных материалов, применяемых в ограждающих конструкциях в период эксплуатации, которая происходит под воздействием внешних факторов таких как:

- изменение температуры и влажности наружного воздуха;
- температура и влажность воздуха внутри изоляции.

Для определения влияния всех этих факторов на величину тепловых потерь при совместной прокладке водопровода с трубопроводами сетевой воды необходимо разработать

методику решения величины тепловых потерь при совмещенной прокладке в одной изоляции труб отопления с водопроводом.

Общий алгоритм решения для разных вариантов отличаются диаметрами труб, расстояниями между ними, видом и толщиной теплоизоляции, а также климатическими условиями местности.

Во-первых, определяем температуру воздуха внутри кожуха совместной теплоизоляции. Далее определяем тепловые потери через теплоизоляцию:

- $q_1$  – через теплоизоляцию, облегающей обратный трубопровод сетевой воды;
- $q_2$  – через нижнюю часть теплоизоляции на месте полости;
- $q_3$  – через верхнюю часть теплоизоляции на месте полости;
- $q_4$  – количество теплоты, воспринимаемой водопроводом внутри полости;
- $q_5$  – потеря теплоты через теплоизоляцию, облегающей водопровод.

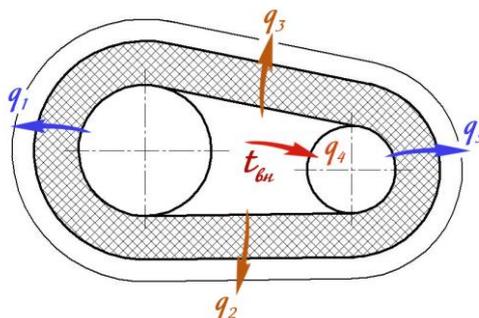


Рис.1. Схема тепловых потоков при совмещенной прокладке трубопроводов.

Разница между суммой этих потерь теплоты, не включая потерь теплоты через теплоизоляцию, облегающей водопровод, и величины тепловых потерь в случае отдельно проложенного трубопровода сетевой воды и будет дополнительная потеря теплоты при совмещенной прокладке водопровода и трубопровода сетевой воды.

По этой методике были проведены расчеты при совмещенной прокладке обратного трубопровода с диаметрами  $d_n=57$  и  $219$  мм с водопроводом с диаметром трубы  $d_n=108$  мм. В результате получилось, что при совмещенной прокладке этих трубопроводов величина теплотерь обратного сетевого трубопровода увеличилась, в случае с  $d_n=57$  мм на 39%, при  $d_n=219$  мм на 65,5%. Наибольшее количество теплоты (более 43%) было отдано поверхностью обратного трубопровода внутри кожуха на нагрев водопровода, около 30% затрачивается самим трубопроводом сетевой воды через теплоизоляцию в окружающую среду, а остальная часть уходит тоже через теплоизоляцию с кожуха.

Таким образом, при совмещенной прокладке трубопроводов сетевой воды и водопровода, теплотери обратного трубопровода увеличиваются от отдельно изолированного обратного трубопровода. Но при такой прокладке решается проблема предохранения замерзания воды в водопроводе, что не менее важно для суровых холодных зим в Якутии.

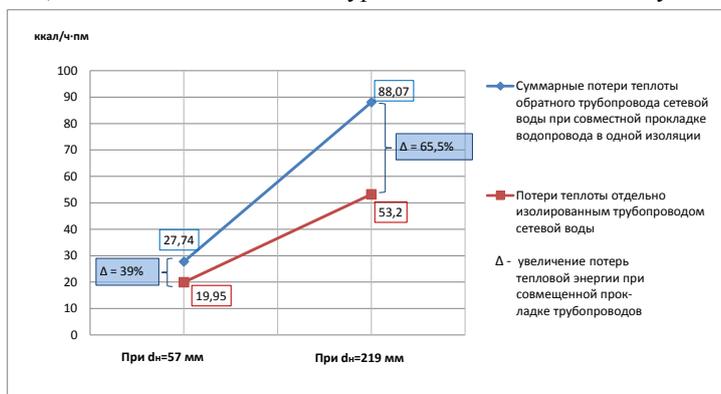


Рис. 2. Увеличение потерь тепловой энергии при совместной прокладке обратного трубопровода сетевой воды и водопровода в одной изоляции.

Для проверки расчетных значений тепловых потерь при эксплуатации тепловых сетей необходимо проводить инструментальные обследования для оценки эффективности работы системы теплоснабжения в целом, а также его отдельных элементов. Обследования проводятся в соответствии СО 153-34.20.523(3)-2003. [4]. МДК-03.2001.[5]. РД 34.09.255-97.[6].

Одним из последних внедренных методов контроля соответствия фактических потерь теплоты с нормативными значениями и заложенными при проектировании тепловых сетей является инфракрасная диагностика. Это метод неразрушающего контроля на основе современных приборов, которые позволяют обследовать и замерять тепловое поле вокруг обследуемого объекта.

#### Список литературы:

1. Пособие к СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». –М., 2006.
2. СНиП 2.04.14-88\* «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов». Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2002. – 28 с.
3. СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Госстрой России, 2001. – 42 с.
4. СО 153-34.20.523(3)-2003. Методические указания по составлению энергетической характеристики для систем транспорта и распределения тепловой энергии по показателю «Тепловые потери». –М.: Минэнерго РФ, 2003.
5. МДК-03.2001. Методика определения нормативных значений показателей функционирования водяных тепловых систем коммунального теплоснабжения. –М., Госстрой России, 2001.
6. РД 34.09.255-97. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях. –М.: СПО ОРГРЭС, 1998.

#### О показателях энергетической эффективности

*Литвак В.В., Климова Г.Н.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[gariki@tpu.ru](mailto:gariki@tpu.ru)*

Федеральный закон №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [1] предусматривает осуществление государственного контроля, поддержки и регулирования действий, направленных на экономию энергетических ресурсов. При этом под энергетической эффективностью понимаются характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Таким образом, значительная часть потребляемых топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) может быть исключена из рассмотрения, поскольку не создает измеряемого полезного эффекта. Примерами такого безэффективного использования могут являться потребление ТЭР в быту, на транспорте, в сфере услуг и т.д. Доля такого “безэффективного” потребления достаточно велика.

В связи с этим представляется целесообразным попытаться искусственно сформулировать “универсальный” критерий эффективности, который позволит сопоставлять полезность использования ТЭР на всех уровнях.

Под энергосбережением понимается “реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых ТЭР...”. Сегодня повсеместно создаются программы энергосбережения, планы энергосберегающих мероприятий и т.п. При этом остается без внимания то обстоятельство, что возможность энергосбережения на каком-либо объекте является свидетельством дисгармонии в составе, структуре и работоспособности этого объекта. Действительно, выявление возможности энергосбережения свидетельствует либо о несовершенстве норм и правил по которым был создан этот объект, некомпетентности создателей (проектировщиков, эксплуатационников) этого объекта, заложивших в его конструкцию избыточное энергопотребление, либо о несовершенстве правил и некомпетентности лиц, обнаруживших наличие и потенциал энергосбережения. И в том, и в другом случае нужно реализовывать новые технологии, правила, нормы и регламенты

совершенствования систем энергообеспечения по энергоэффективности. Какое место на этом пути за программами энергосбережения – большой вопрос.

В мировой практике в качестве основного показателя используемого для сравнения энергетической эффективности стран используется энергоёмкость валового национального продукта (ВНП). Она определяется как отношение суммарного потребления энергетических ресурсов, выраженного в тоннах нефтяного эквивалента (т н.э.) к величине валового национального продукта, произведенного в отраслях экономики на территории государства.

Таблица 1 – Энергоёмкость ВНП\* некоторых стран Мира, т н.э./1000 единиц национальной валюты

№	Страна	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1	Россия	0,069	0,057	0,047	0,037	0,030	0,024	0,020	0,016
2	Канада	0,226	0,216	0,210	0,202	0,194	0,182	0,173	0,162
3	США	0,221	0,215	0,205	0,195	0,185	0,172	0,167	0,154
4	Франция	0,178	0,171	0,167	0,161	0,155	0,147	0,137	0,131
5	Германия	0,167	0,154	0,155	0,154	0,149	0,146	0,134	0,133
6	Великобритания	0,218	0,195	0,187	0,176	0,168	0,159	0,150	0,132
7	МИР в целом	-	-	-	-	-	-	-	0,191

Примечание: \* - по данным [2] Международного энергетического агентства. Валовой национальный продукт выражен в текущих ценах.

Показатель энергоёмкости валового национального продукта пригоден для сопоставления эффективности использования энергоресурсов разных стран. Что же касается сопоставления энергоэффективности объектов внутри страны, то энергоёмкость ВНП непригодна, так как ВНП статистически вычисляется только для страны в целом. Для оценки эффективности использования энергоресурсов на уровне региона, муниципального образования или предприятия может быть использована энергоёмкость производства валовой добавленной стоимости.

Валовая добавленная стоимость Томской области за ряд лет характеризуется следующими значениями (см. рис. 1). Здесь же приведены характеристики потребления энергоресурсов и энергоёмкости ВДС.

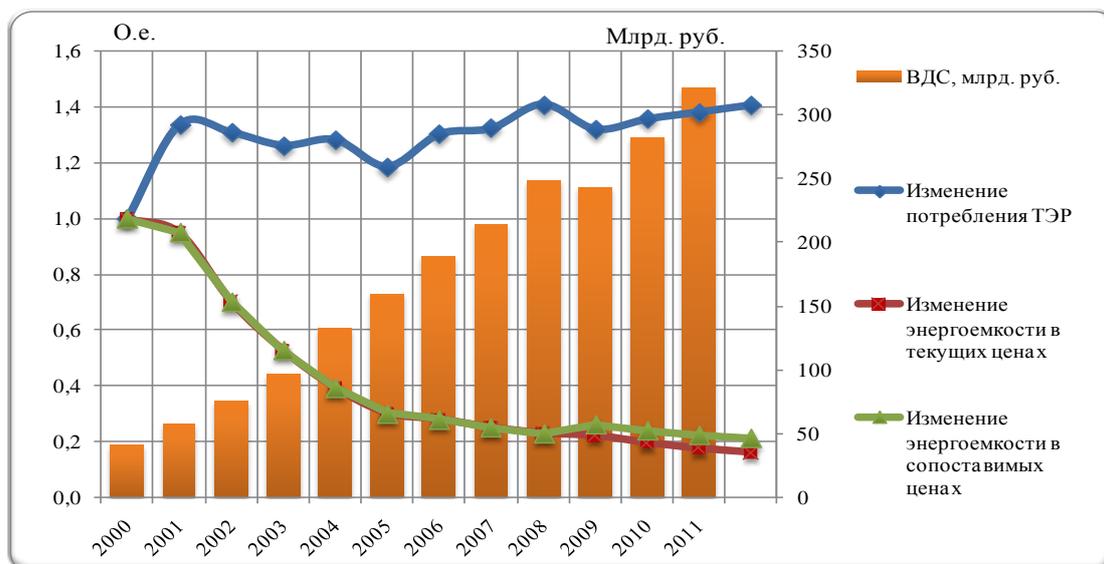


Рис. 1. Сопоставление динамики создания ВДС (млрд. руб., потребления топливно-энергетических ресурсов\*, о.е., энергоёмкости создания ВДС в текущих и сопоставимых условиях\*\*, о.е). \* - дана оценка изменения относительно 2000 года, \*\* - сопоставимые условия, начиная с 2008 года

Числовые характеристики энергоёмкости валового внутреннего продукта в Томской области приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Энергоёмкость ВВП Томской области

Годы	ВДС*		Потребление ТЭР, тыс. т у.т.	Энергоёмкость ВДС	
	всего, млрд. руб.	на душу населения, тыс. руб./чел.		г у.т./руб.	% к предыдущему году
2000	40,5	38,5	7293,3	179,9	-
2001	57,0	54,3	9751,0	170,9	95,0
2002	75,5	72,2	9554,5	126,5	74,0
2003	97,1	93,3	9212,9	94,9	75,0
2004	132,4	127,7	9359,8	70,7	74,5
2005	159,6	154,3	8663,7	54,3	76,8
2006	188,8	182,8	9507,3	50,4	92,8
2007	214,5	207,2	9656,9	45,0	89,4
2008	248,9	239,8	10287,1	41,3	91,8
2009	242,5	232,5	9637,6	39,7	96,2
2010	281,7	269,8	9900	35,15	88,43
2011	320,7	305,7	10082	31,44	89,45
2012	355	337,1	10265	28,92	91,97

\*Примечание. По данным сайта Федеральной службы государственной статистики <http://gks.ru> и данным территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Томской области [3, 4].

Преимущество ВДС по сравнению с ВВП (ВРП) для оценки энергоэффективности состоит, прежде всего, в том, что ВДС начисляется в ценах производителя, а ВРП – в конечных рыночных ценах. Это дает основание предположить более тесную взаимосвязь и взаимозависимость ВДС и энергопотребления.

Энергоёмкости отраслевых комплексов в Томской области в 2009 году различаются в широких пределах (рис. 2).

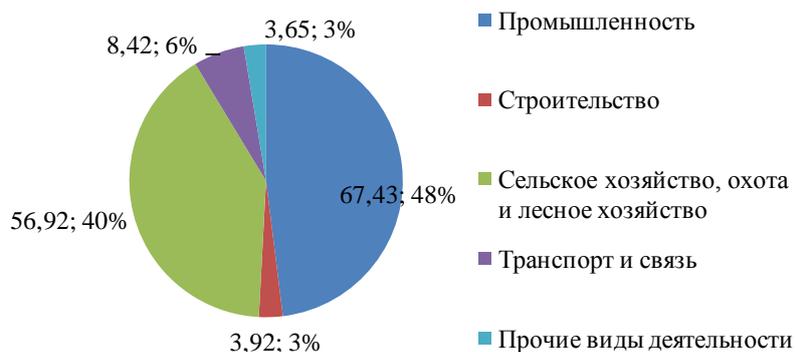


Рис. 2. Энергоёмкость производства в некоторых отраслевых комплексах Томской области, 2009г., г у.т./руб.

Энергоёмкости производства 1 руб. ВДС, 1 руб. заработной платы и расход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на 1 работника по видам экономической деятельности в 2009 году представлены в табл. 3.

Наибольшая энергоёмкость ВДС (216,4 г у.т./р.) и расход ТЭР на 1 работника (119,8 т у.т.) наблюдаются при производстве и распределении электрической энергии, газа и воды (доля создаваемой ВДС 2,3%), наименьшая энергоёмкость производства ВДС (1,3 г у.т./р.) и расхода ТЭР на 1 работника (0,4 т у.т.) отмечена в организациях оптовой и розничной торговли (доля

создаваемой ВДС 5,5%). Энергоемкость производства ВДС добывающими отраслями промышленности, которые создают 51% валовой добавленной стоимости равна 13,43 г у.т./р. (4 место).

Таблица 3 - Удельные показатели потребления ТЭР по видам экономической деятельности, 2009г.  
В Томской области

	С\х, охота и л\х	Добыча полезных ископаемых	Обрабатывающие производства	Пр-во ЭЭ, газа, воды	Строительство	Оптовая и розничная торговля	Транспорт, связь	Прочие ВЭД*
Энергоемкость ВДС, г у.т./р.	13	17,2	124,7	216,4	6,8	1,3	11	83
Энергоемкость заработной платы, кг у.т./1 руб.	0,417	1,716	3,151	1,498	0,01	0,032	0,295	0,958
Расход ТЭР на одно рабочее место, т у.т./чел.	3,8	89,4	52,3	119,8	2,1	0,4	7,4	11,1

Анализ индикаторов энергетической эффективности, приведенный выше показывает, что все они не обладают важным в данном случае свойством – свойством универсальности и применение любого из них по отдельности не дает существенных преимуществ. Поэтому необходимо искать такой показатель энергетической эффективности, который вобрал бы в себя и производственное потребление энергоресурсов и потребление, направленное на цели жизнеобеспечения. В связи с этим предлагается рассмотреть комплексный показатель, который составлен из энергоемкости производства  $E_{\partial}$  и энергоемкости жизнеобеспечения  $E_{\kappa}$  – универсальный критерий энергоэффективности (УПЭ):

$$\text{УПЭ} = E_{\partial} + E_{\kappa} = \frac{W_{\partial}}{\text{ВДС}} + \frac{W_{\kappa}}{k \cdot N} = \frac{W_{\partial} \cdot k \cdot N + W_{\kappa} \cdot \text{ВДС}}{\text{ВДС} \cdot k \cdot N},$$

где  $k$ , руб./чел. – удельная стоимость потребительской корзины,  $N$  – численность населения,  $W_{\partial}$ , тыс. т у.т. – потребление ТЭР на создание ВДС,  $W_{\kappa}$ , тыс. т у.т. – потребление ТЭР на жизнеобеспечение, учитывая, что  $W_{\partial} + W_{\kappa} = W$  – общее потребление ТЭР, и  $W_{\kappa} = \alpha W$ ,  $W_{\partial} + W_{\kappa} = W$  получим:

$$\text{УПЭ} = \frac{(1-\alpha) \cdot W \cdot k \cdot N + \alpha W \cdot \text{ВДС}}{\text{ВДС} \cdot k \cdot N} = \frac{W}{\text{ВДС} \cdot k \cdot N} \cdot (k \cdot N + \alpha(\text{ВДС} - k \cdot N)),$$

где  $\alpha$  – доля энергоресурсов, потребляемая для жизнеобеспечения человека, от суммарного потребления ТЭР.

Таблица 4 - Сопоставление критериев эффективности объектов

Наименование	ВДС, млн. руб.	Энергоемкость ВДС, кг у.т./руб.	Численность населения, тыс. чел.	Потребление ТЭР на человека, кг у.т./чел.	$k$ , руб./чел.	Критерий УПЭ, кг у.т./руб.
Красноярский край	605119	0,063	2890	1480	9015,3	1,476
Кемеровская область	471124	0,053	2822,7	1549	7057,8	1,268
Томская область	198834	0,042	1046,7	1701	8641,3	0,930
г. Томск	76111	0,043	545,7	1338	8641,3	0,698
Томский район	5574	0,028	66,8	55,4	8641,3	0,267

Кожевниковский район	2334	0,008	22,3	272	8641,3	0,099
Асиновский район	1533	0,009	36,4	217	8641,3	0,049

Сопоставление универсального показателя энергетической эффективности, произведенное для некоторых территориальных образований Томской области, а также рассчитанное для Кемеровской области и Красноярского края, представлено в таблице 4.

Как показывают данные, представленные в табл. 4, универсальный показатель энергоэффективности может быть определен для любого объекта, потребляющего энергоресурсы, что позволяет сравнивать эти объекты, судить об эффективности программ энергосбережения и выстроить сквозную систему оценки энергоэффективности предприятия, муниципального образования, города, отрасли и страны в целом.

#### Список литературы:

1. Закон РФ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» №261-ФЗ от 23.11.2009г.
2. Сайт Международного энергетического агентства// <http://iea.org>.
3. Сайт Федеральной службы государственной статистики// <http://gks.ru>.
4. Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Томской области// <http://tmsk.gks.ru>.

#### Оценка объективно-обусловленного спроса на энергоресурсы с учетом потребительской корзины

*Климова Г.Н.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Энергосбережение – свидетельство диссонанса (дисгармонии) в составе, структуре, производительности системы энергообеспечения: производства, поставки и потребления ТЭР.

Выявление объемов и возможностей энергосбережения при разработке долгосрочных целевых программ повышения энергетической эффективности свидетельствует о некомпетентности создателей этой системы, сформировавших избыточные объемы энергопотребления.

В этом случае необходимо искать новые пути или технологии совершенствования систем энергообеспечения по энергоэффективности и уточнять нормативы гармонизации энергопотребления, а не создавать эфемерные программы энергосбережения.

Спрос на топливно-энергетические ресурсы формируется спонтанно от достигнутых объемов потребления, а итоговые нормативы (показатели энергетической эффективности) складываются из того, что получилось.

Объективных признаков для оценки того, сколько нужно топливно-энергетических ресурсов для обеспечения энергетических потребностей территории, на данный момент нет. Оценка идет по тому «сколько получилось». В связи с этим выдвинуто предположение, что оценку энергетических потребностей территории можно с достаточной степенью точности провести, ориентируясь на данные потребительской корзины. В том числе устанавливать нормативы энергопотребления, рассчитывать показатели энергетической эффективности предприятия и территории не на основе сложившихся связей, а по потребительской корзине.

Оценка энергетических потребностей на основе энергетической потребительской корзины способствует созданию объективных рубежей (границ) энергопотребления территории и ограничивает расточительство со стороны промышленно-производственного комплекса.

«Корзина» регулирует энергетическое меню в зависимости от объективных внешних условий.

Площадь территориального образования и территория действия предприятия различаются – возникает идея разработки топливно-энергетического баланса по производственным границам, а не по административным.

Создание модели межотраслевых связей по топливно-энергетическим ресурсам на основе потребительской корзины через:

- статистические взаимосвязи потребления ТЭР и объемов производства продукции видами экономической деятельности;
- взаимосвязи добычи, производства, ввоза, вывоза и конечного потребления ТЭР;
- погодные, климатические, метеорологические, географические и другие особенности регионов и их влияние на спрос ТЭР;
- модели межстатейных и межвидовых связей для оценки суммарного спроса ТЭР;
- статистические взаимосвязи потребления электроэнергии, тепла и топлива;
- взаимосвязи потребления ТЭР по видам экономической деятельности (жилищно-коммунальное хозяйство – население и т.д.);
- временные характеристики взаимосвязей потребления;
- исторические характеристики спроса ТЭР в регионе;
- взаимосвязи и модели региональных, муниципальных и квартальных объектов.

Оценка и доказательство универсальности полученной модели межотраслевых связей в других регионах и стране в целом и устойчивость результатов оценки коэффициентов взаимосвязей во временной ретроспективе.

### **Аналитический обзор показателей для прогнозной модели топливно-энергетического баланса СФО**

*Леонова В.К., Климова Г.Н.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
[gariki@tpu.ru](mailto:gariki@tpu.ru)*

В данной работе авторами проведен анализ статистических и расчетных показателей, оказывающих существенное влияние на энергопотребление территории (на примере Сибирского федерального округа (СФО)).

В качестве значимых показателей рассматриваются: динамика и структура по видам экономической деятельности валового регионального продукта (ВРП), демографические тенденции, социально-экономическая структура и денежные доходы населения, отраслевая структура топливно-энергетического баланса (ТЭБ) и структура ТЭБ по видам топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), удельные потребления ТЭР на душу населения, энерго- и электроемкости производства ВРП в сопоставимых и текущих ценах.

Энергосбережение и энергоэффективность являются наиболее актуальными вопросами в сегодняшней повестке дня во всем Мире. Должное внимание уделяется им и в России. Так принятие в 2008 году закона президента №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности экономики страны», в 2009 году Федерального закона №261 «Об энергосбережении...» послужило стимулом для проведения массовых энергетических обследований потребителей и разработке долгосрочных целевых программ (ДЦП) повышения энергетической эффективности территории [1].

Основой для расчета фактических и прогнозных индикаторов ДЦП служит единый (сводный) топливно-энергетический баланс (ТЭБ) территории, составляемый по данным официальной статистической отчетности, либо получаемых путем прямых запросов на предприятия.

Планирование развития территории предполагает разработку различных программ: социально-экономических, повышения энергетической эффективности, комплексных программ развития, ДЦП и т.д. Для оценки перспективного развития топливно-экономического комплекса необходима взаимная увязка всех вышеперечисленных программ. Этим связующим звеном и является сводный ТЭБ территории.

Площадь СФО составляет 30% территории Российской Федерации, численность населения достигает 20,8 млн. человек (14,3%). Климат резко континентальный: средняя температура января от -15 до -35°С, июля от +15 до +22°С[2].

СФО располагает своей богатой топливно-энергетической и сырьевой базой, обеспечивая не только свои потребности в нефти и газе, угле и прочих ТЭР, но и является важным поставщиком энергетических ресурсов в другие регионы. Красноречивым примером природного и сырьевого богатства СФО служит заявление некоторых представителей запада о том, что Сибирь должна стать такой же «общей» территорией, как и Антарктида[3].

В официальной статистике топливно-энергетического баланса СФО нет, но есть статистика о факторах, влияющих на энергопотребление территории. Рассмотрим влияние динамики производства и структуры ВРП на потребление топливно-энергетических ресурсов [4].

В текущих ценах объем производства ВРП на территории СФО за анализируемый период увеличился в 6 раз. В сопоставимых ценах, приведенных к уровню цен базового 2000г., рост производства ВРП составил 1,3 раза. Это объясняется темпами инфляции и говорит о том, что фактически экономика региона развивается гораздо медленнее (рис. 1 а, б, в).

Отраслевая структура ВРП за этот же период изменилась незначительно: увеличилась доля видов экономической деятельности, занимающихся добычей полезных ископаемых, торговлей и различными транспортными перевозками, уменьшилась доля отраслей обрабатывающей промышленности. Такие перемены влекут за собой рост энергоемкости производства единицы валового регионального продукта

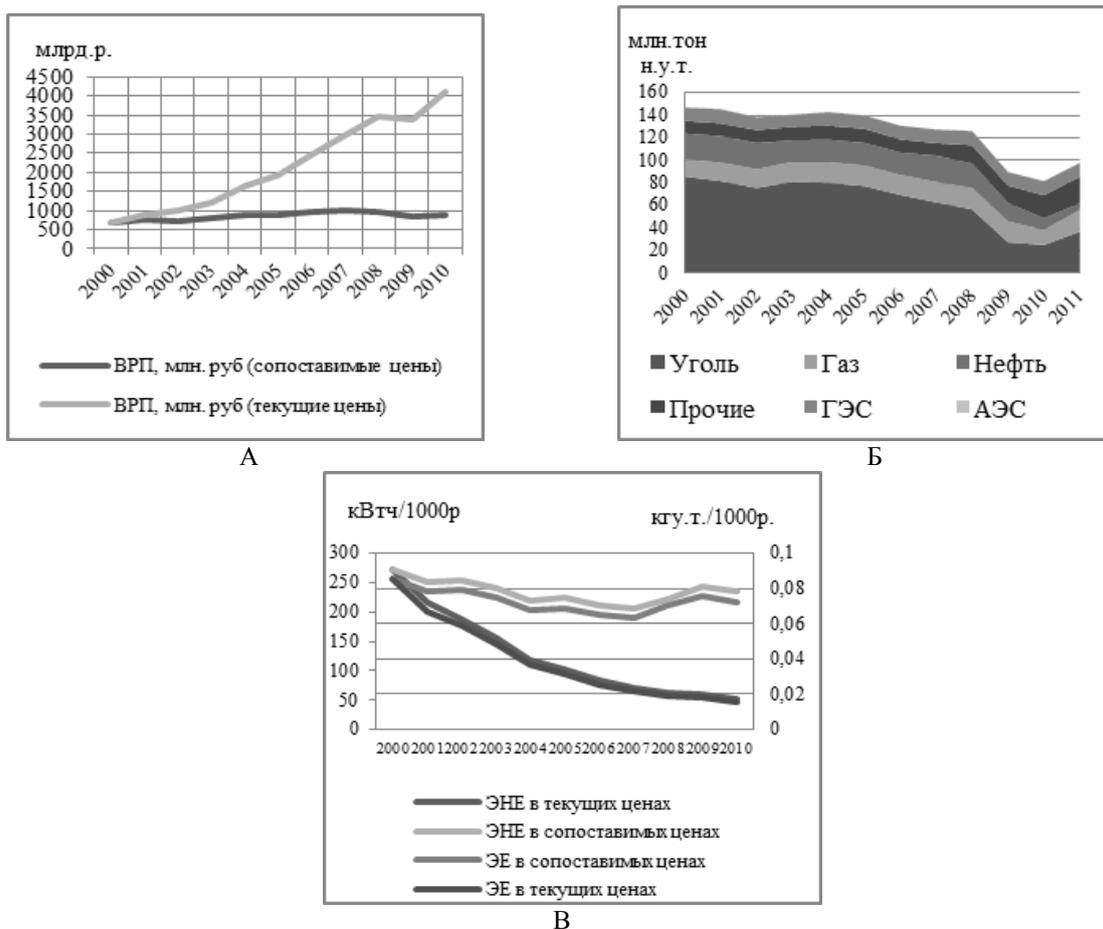


Рис 1. Динамики: А) – ВРП, млн.р в сопоставимых и текущих ценах, Б) - потребление ТЭР, млн.тонн.у.т., В) - электроемкость производства ВРП, кВтч/1000.р.,-энергоемкость производства ВРП, тонн.у.т./1000.р, в сопоставимых и текущих ценах.

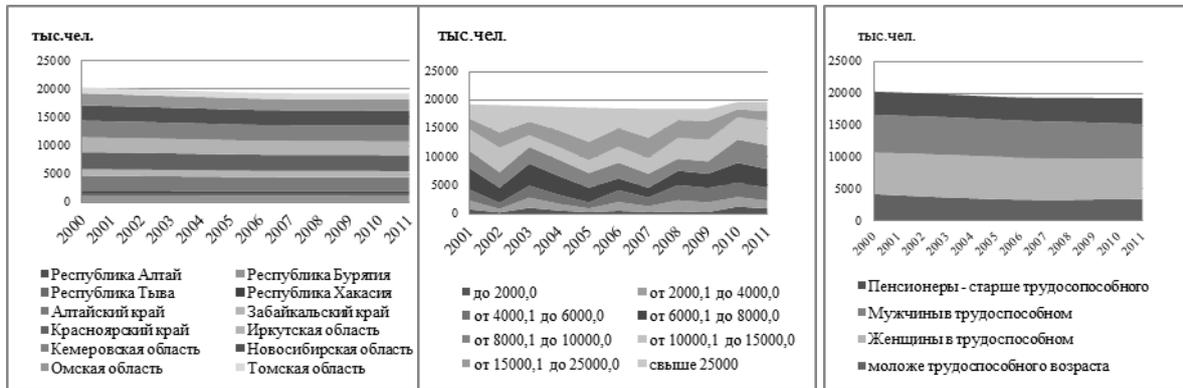
Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) любой территории является основой его экономического развития и энергетической безопасности. ТЭБ отражает динамику развития ТЭК. В структуре потребления ТЭБ СФО преобладает доля угля, которая снижается к 2011г., топливом для выработки электрической и тепловой энергии служат также природный газ и нефтепродукты (рис.1 б).

Привычно считать, что с ростом ВРП электроемкость стремительно падает (что и наблюдается в текущих ценах), но по данным расчета в сопоставимых условиях мы видим реальный рост энерго- и электроемкости ВРП, что говорит о малом влиянии энергоэффективности и энергосбережения в регионе (рис.1 в). Объяснить этот факт можно географическим положением,

климатическими условиями, устаревшими технологиями, изношенным электротехническим оборудованием, менталитетом граждан.

Все виды экономической деятельности можно разделить на две группы: создающие средства производства и создающие товары народного потребления, т.е. конечным потребителем всегда будет являться население.

В связи с этим интерес представляют демографические тенденции, социально-экономическая структура и уровень доходов населения.



А)

Б)

В)

Рис. 2. Динамика населения: А) По численности, тыс.чел., Б) По уровню доходов, тыс.чел, В) По возрастным группам, тыс.чел.

Как видно из рис. 2а, численность населения в регионе за последние годы заметно снизилась. Незначительный прирост наблюдается в Красноярском крае, Кемеровской, Иркутской областях.

Рост потребления электрической энергии и топливно-энергетических ресурсов населением связан не только с демографическими тенденциями, но и с увеличением уровня доходов населения, с изменением социальной структуры (рис. 2б). От роста доходов сильно зависит обеспеченность населения бытовыми энергопотребляющими приборами (нагреватели, стиральные машины и т.д.).

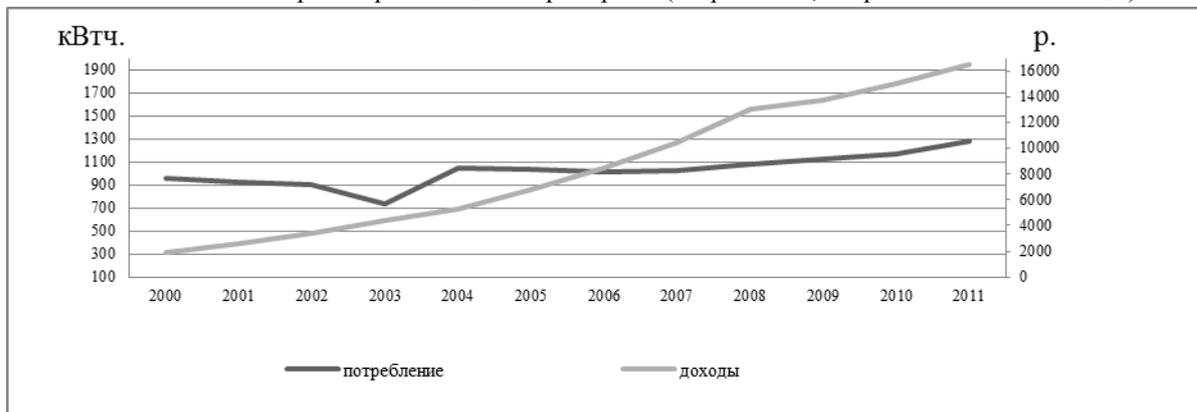


Рис. 3. Денежные доходы на душу населения (р.) и электропотребление на 1 чел. (кВтч.) по СФО с 2000-2011 гг.

На фоне роста доходов населения отмечается сокращение доли населения трудоспособного возраста (рис. 2в).

Представленная на рис. 3 зависимость свидетельствует о том, что рост доходов с 2000-2011 гг. несомненно, сыграл большую роль в формировании спроса на электроэнергию в быту, но не предполагает ее эффективного использования.

Интерес к энергосбережению со стороны населения может появиться только при значительном увеличении тарифов, но сдерживающим фактором здесь всегда будет минимальный размер оплаты труда.

Формирование программ энергосбережения в современных условиях основывается на полном (сводном) топливно-энергетическом балансе. Эта необходимость вытекает из принципа, высказанного еще академиком Л.А. Мелентьевым [5]: «объективная тенденция постоянного усиления технического и экономического единства энергетического хозяйства и его внутренних взаимодействий требует адекватного единого, уравновешенного и пропорционального управления эксплуатацией, ремонтным обслуживанием и развитием».

Топливо-энергетический баланс представляет собой сопоставление объемов производимых, потребляемых и теряемых энергоресурсов в том или ином технологическом объекте. Несмотря на сложности поиска, сбора, анализа и представления компонентов ТЭБ балансовый метод изучения энергетической эффективности остается единственным методом, обеспечивающим всю полноту охвата энергетического хозяйства и достаточную глубину анализа.

В данной работе дана оценка факторов, по мнению авторов, оказывающих наибольшее влияние на формирование объемов потребительской части топливно-энергетического баланса территории.

#### Список литературы:

1. Башмаков И.А. Практика формирования энергетического баланса в России. [http://www.cenef.ru/art\\_11212\\_119\\_node2.html](http://www.cenef.ru/art_11212_119_node2.html)
2. Дата обращения 06.12.2009г.
3. <http://aepszfo.ru/> Электронный ресурс: дата обращения 10.10.13г.
4. <http://www.sibfo.ru/> Электронный ресурс: дата обращения 25.05.13г.
5. <http://www.cdu.ru/> Электронный ресурс: дата обращения 07.09.13г.
6. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. – 2-е изд. – М.: ВШ, 1982. – 319с.
7. <http://www.cisstat.com/> Электронный ресурс: дата обращения 25.09.13г.

#### О возможных мероприятиях энергосбережения в образовательных учреждениях

*Костоуова Е.В., Матвиевский А.М.*

*ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск  
kost-elen@yandex.ru*

Организации бюджетной сферы являются крупными потребителями энергетических ресурсов. Расходы бюджетов всех уровней на их содержание составляют значительную часть всех бюджетных расходов. Поэтому одной из приоритетных задач в области энергосбережения является проведение мероприятий, обеспечивающих снижение величины бюджетных средств, направляемых на данные цели.

Первым шагом в направлении энергосбережения является энергетическое обследование потребителя, которое позволяет провести анализ эффективности использования энергетических ресурсов и воды, определить потенциальные возможности их экономии и разработать перечень необходимых энергосберегающих мероприятий, направленных на совершенствование систем энерго- и ресурсопотребления.

Результаты энергетических обследований проводимых в большинстве учебных заведений показывают, что основными потребляемыми энергоресурсами являются тепловая и электрическая энергия, причем доля тепловой энергии в общем потреблении составляет порядка 55 – 70%, а электрической энергии доходит до 35%, в связи с этим задача экономии тепловой энергии является наиболее приоритетной.

В рамках исследовательской работы студентов проведено энергетическое обследование одного из зданий студенческих общежития Сибирского федерального университета, целью которого являлась разработка рекомендаций по энерго- и ресурсосбережению. Основные характеристики здания представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики здания

Характеристика	Значение (тип)
Наружный объем здания, м <sup>3</sup>	30217 (+0,4 м <sup>3</sup> объем подвального помещения)
Общая отапливаемая площадь, м <sup>2</sup>	6805
Этажность строения	9
Высота здания, м	28

Год постройки	1978
Основной материал стен	Кирпич строительный (250x120x65)
Тип системы отопления	Однотрубная с верхней разводкой
Вид отопительных приборов	Чугунный секционный радиатор М-140
Подземная этажность	Подвал
Остекление	Двойное (деревянный оконный переплет)

В работе проведено обследование ограждающих конструкций здания, выполнен их теплотехнический расчет, определены общие потери тепла по всем помещениям здания.

Результаты обследования и расчеты позволили разработать перечень возможных энергосберегающих мероприятий энергоресурсов, рекомендованных к внедрению для рассматриваемого объекта, и произвести возможную оценку их экономии. Перечень мероприятий представлен в таблице 2.

При реализации предлагаемых мероприятий, в первую очередь, необходимо обращать внимание на внедрение краткосрочных (со сроком окупаемости до 1 лет) и среднесрочных (со сроком окупаемости до 3÷5 лет) энергосберегающих проектов, которые обеспечивают достижение наибольшего эффекта при минимальных затратах с сохранением комфортности в помещениях, что чрезвычайно важно, на наш взгляд, для образовательных учреждений.

Таблица 2. Перечень мероприятий энергосбережения

Мероприятие	Возможная экономия, %
<b>Общие мероприятия</b>	
Дополнительная теплоизоляция наружных стен, перекрытий 9-го этажа и пола 1-го этажа, удовлетворяющая нормам тепловой защиты здания	5÷15 (от общих тепловых потерь)
<b>Система отопления</b>	
Оборудование здания приборами учета тепловой энергии	до 30 (от плановых нагрузок)
Автоматизация системы отопления путем установки индивидуального теплового пункта	20÷30 (от общего потребления тепловой энергии)
Установка термостатических регуляторов на приборы отопления	5÷7 (от общего потребления тепловой энергии)
Установка отражающих экранов за отопительными приборами	2÷3 (от общего энергопотребления)
Снижение потерь тепла с инфильтрацией воздуха путем уплотнения оконных и дверных проемов	10÷20 (от тепловых потерь через окна)
Установка на окна теплового экрана	40÷45 (от тепловых потерь через окна)
Замена окон и балконных дверей на окна и двери с повышенными теплозащитными характеристиками (тройное остекление), либо реконструкция существующих окон и балконных дверей с применением технологии утепления и ремонта	35÷40 (по сравнению с существующими окнами с двойным остеклением) до 30
Замена существующих входных дверей (наружных) на двери с теплоотражающей конструкцией	1÷3
Восстановление теплоизоляции трубопроводов систем отопления и ГВС в здании	7÷9 (от общего потребления тепла)
Замена отопительных приборов	5÷10 (от общего потребления тепла)
<b>Система горячего водоснабжения</b>	
Снижение потребления за счет оптимизации расходов и регулирования температуры	10÷20 (от общего потребления горячей воды)
Замена поворотных смесителей на рычажные и клавишные	5÷7
<b>Система водоснабжения</b>	
Ревизия фурнитуры сливных бачков, установка двухрычажных смывных бачков	30÷40

С целью возможной замены отопительных приборов более эффективными, надежными и эргономичными выполнен обзор имеющихся на отечественном рынке современных приборов, пригодных для использования в системе отопления рассматриваемого жилого здания. В качестве отопительных приборов рассматривались следующие типы:

- Чугунный секционный радиатор, модель «МС-140»;
- Алюминиевый секционный радиатор, модель «Calidor Super»;
- Биметаллический секционный радиатор, модель «РБС-500».

Проведен тепловой расчет отопительных приборов, в результате которого определены необходимые площади внешней нагревательной поверхности, и минимально допустимое число секций отопительного прибора для каждого помещения общежития. Для здания общежития в целом, определены суммарные необходимые площади наружной поверхности рассматриваемых типов отопительных приборов. Составлены сметы затрат (по трем вариантам) для замены существующих нагревательных приборов с учетом реализации проекта в 2014 году.

Для проведения сравнительного анализа отопительных приборов выделены наиболее значимые критерии (теплотехнические, эксплуатационные, экономические и др).

По результатам проведенных расчетов и сравнительного анализа в рассматриваемом здании к установке рекомендованы биметаллические радиаторы модели «РБС-500».

В случае реализации рассматриваемых мероприятий возможно существенно сократить общее потребление тепловой энергии образовательным учреждением, и необходимость развития работ в этом направлении не подвергается сомнению.

#### **К вопросу о правовых аспектах применения повышающих коэффициентов к тарифам за потребление реактивной мощности**

**Кузнецов А.В., Аргентова И.В.\***

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования (ФГБОУ ВПО)*

*Ульяновский государственный технический университет, Россия, Ульяновск.*

*\*ОАО «Ульяновскэнерго», Россия, Ульяновск.*

[argentum926@yandex.ru](mailto:argentum926@yandex.ru)

Величина снижения потерь электрической энергии, как известно, зависит от многих факторов. Одним из них является компенсация реактивной мощности (КРМ). Привлечение потребителей к участию в КРМ с помощью повышающих коэффициентов к тарифу в настоящее время сталкивается с правовыми барьерами [1]. Несмотря на высокий уровень технического совершенства компенсирующих устройств (КУ), и на утвержденный нормативно-правовыми актами механизм воздействия на потребителя, интереса к данной проблеме нет ни со стороны сетевых организаций (ЭСО), ни со стороны потребителя. Потребитель рассматривает данную ситуацию как снижение издержек на передачу электрической энергии (потерь) в сетях ЭСО, а не снижение своих затрат. В свою очередь ЭСО не спешит использовать предоставленный ей механизм воздействия и стимулировать потребителя на повышение эффективности КРМ, т.к. старается все возможные убытки включить в тариф на передачу. Потери электрической энергии в электроэнергетической системе не снижаются.

В статье [1] говорится, что появление приказа ФСТ №219-э/6 от 31.08.2010г. «Об утверждении методических указаний по расчету повышающих (понижающих) коэффициентов к тарифам на услуги по передаче электроэнергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности для энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон по договорам об оказании услуг по передаче электрической энергии по единой национальной (общероссийской) электрической сети (договорам энергоснабжения)» дает возможность применять на практике повышающие коэффициенты или стимулирующие надбавки к тарифу и вынуждать потребителей, участвовать в режиме регулирования реактивной мощности путем установки и эксплуатации КУ. Однако этот тариф является регулируемым. Он включает в себя затраты на содержание электрических сетей ЭСО, а также стоимость электроэнергии потерянной в электрической сети при ее передаче в соответствии с нормативом технологических потерь электроэнергии (НТПЭ) рассчитанным по [2].

В соответствии с [2] рассчитываются все потери и связанные с передачей реактивной мощности тоже. То есть в тариф на передачу включается составляющая обусловленная передачей потребителям реактивной мощности. Таким образом, в объем оплачиваемых потребителем потерь электрической энергии входит и объем, который согласно приказу должен оплачиваться при применении повышающего коэффициента к тарифу на передачу. При установлении регулируемых цен (тарифов) не допускается повторный учет одних и тех же расходов по указанным видам деятельности [3]. Для устранения правового несоответствия, необходимо, чтобы доходы от использования установленного тарифа на передачу не включали в себя оплату потерь, связанных с передачей сверхпределных значений реактивной мощности. Эти доходы должны быть получены ЭСО от использования повышающего коэффициента.

В действующей методике расчёта НТПЭ для расчета потерь, при формировании регулируемого тарифа на передачу, наряду с другими параметрами используются фактические значения передаваемой реактивной мощности. Это значит что, в случаях, когда фактические значения реактивной мощности превышают установленные предельные значения, потери, рассчитанные по методике расчёта НТПЭ включают в себя потери связанные с передачей сверхпределных значений реактивной мощности. Для того, чтобы в утверждаемый тариф эти потери не были включены, необходимо использовать при расчетах не фактические значения реактивной мощности, а установленные предельные значения реактивной мощности. Тогда оплата потерь связанных с передачей реактивной мощности до предельных значений будет включена в тариф, а оплата потерь, связанных с передачей сверхпределных значений будет производиться за счет повышающего коэффициента. Правовое несоответствие будет устранено.

Предложения по изменению методики расчета НТПЭ применительно к расчёту регулируемого тарифа опубликованы в [1]. Суть изменений методики расчёта НТПЭ сводится к корректировке формул для расчета нагрузочных потерь. Предлагается использовать коэффициент приведения потерь для ветвей схемы сети, в которых фактический  $tg\varphi$  больше предельного. Авторы показывают, что потери в ветви снизятся при этом в  $=K_1$  раз. Указанное соотношение является коэффициентом приведения потерь при фактическом значении реактивной мощности к её значению.

Однако авторы не учли, что изменение потерь в сложной сети происходит не только в ветвях, где, изменение происходит и в других ветвях схемы. Эти ветви не являются ответвлениями к потребителю, а являются элементами магистральной или радиальной схемы питания. В такой схеме часть потребителей имеют.

Предложенные в [1] выражения для расчета потерь применимы только для частного случая, когда у всех потребителей. В общем случае это не так. Таким образом, для того чтобы выражение расчета потерь было бы приемлемо для общего случая необходимо выделить:

Ветви, представляющие собой ответвления к потребителю, в которых, их число в сети равно  $n_1$ .

Ветви, представляющие собой ответвления к потребителю, в которых, их число в сети равно  $n_2$ .

Ветви магистральной и (или) радиальной схемы питания нескольких нагрузок, не являющиеся ответвлениями к потребителям, в этих ветвях может быть их число в сети равно  $n_3$ .

Общее количество или суммарное число ветвей в сети  $n$  ( $n = n_1 + n_2 + n_3$ ). При этом сумма ( $n_1 + n_2$ ) представляет собой число потребителей.

При использовании соответствующих коэффициентов потери электроэнергии не будут включать в себя потери связанные с передачей сверхпределных значений реактивной мощности. Стоимость этих потерь не будет включена в регулируемый тариф. Тогда с правовой точки зрения не будет противозаконным взимать плату за услугу по передаче сверхпределных значений реактивной мощности с потребителей в форме повышающего коэффициента.

Применение существующих методических указаний по расчету повышающих (понижающих) коэффициентов к тарифам на услуги по передаче электроэнергии в зависимости от соотношения потребления активной и реактивной мощности ограничивается правовыми барьерами из-за несовершенства действующей методики расчёта нормативных технологических потерь. Предложенные изменения методики расчёта нормативных технологических потерь сетевой организации с использованием коэффициентов приведения потерь  $K_1, K_2$  исключают противоречия с действующим законодательством. Следовательно, использование повышающих коэффициентов к тарифу на передачу на практике будет оказывать стимулирующее воздействие на потребителей в части участия в регулировании режима реактивной мощности.

## Список литературы:

1. Кузнецов А.В. Аргентова И.В. Правовые аспекты применения повышающих коэффициентов к тарифам за потребление реактивной энергии.// Промышленная энергетика – 2013. – №3 – С.17 – 20.
2. Инструкция по организации в Министерстве энергетики РФ работы по расчёту и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при её передаче по электрическим сетям. Приказ № 326 Минэнерго РФ от 30.12.2008г. (<http://consultant.ru>).
3. О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике (вместе с «Основами ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике», «Правилами государственного регулирования (пересмотра, применения цен (тарифов) в электроэнергетике). [Постановление Правительства РФ](#) от 29 декабря 2011 г. № 1178. (<http://consultant.ru>).

## Определение параметров энергопотребления и качества электроэнергии предприятия

*Ле Ван Туан**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
visaosang89@gmail.com*

Чтобы определить, сколько энергии использовал каждый потребитель, ее требуется учесть, для чего используются соответствующие приборы учета - счетчики электрической энергии. Внедрение новейших технологий учета энергоресурсов, в том числе автоматизированных, позволяет повысить точность и объективность учета электро-энергии, а также произвести оценку качества электрической энергии и коэффициента мощности предприятия.



Рис. 1. Прибор EDL175XR.

Задачей исследования являлось определение реальных параметров энергопотребления электрических вводов карамельного цеха кондитерской фабрики «Красная звезда», а также оценка качества поставляемой электроэнергии и  $\cos \varphi$  цеха. Обследование нагрузок выполнено в период с 1.03.11 (12 час. 16 мин.) по 2.03.11 (15 час. 22 мин.) Для измерения параметров режима использован анализатор количества и качества электрической энергии типа EDL 175XR производства фирмы «SATEC». Приборы этой серии соответствуют требованиям российских и международных стандартов. Данный прибор включен в Государственный реестр средств измерения РФ и имеет соответствующий сертификат. Учет потребленной цехом электроэнергии осуществляется счетчиком электрической энергии типа СЕ 303. Подключение прибора осуществлялось по схеме, приведенной на рис. 2.

Прибор EDL175XR израильской фирмы SATEC является переносным, многофункциональным, трёхфазным измерителем и анализатором качества энергии переменного тока [1,2]. Этот прибор предназначен для прямого измерения напряжений до 660 В и токов до 3000А. Данный прибор позволяет осуществлять трехфазные измерения напряжения, тока, частоты, мощности и  $\cos \varphi$ , осуществляет интегрирование мощности и энергии, а также оценивает несинусоидальность (в том числе по отдельным гармоникам до 40-й), т.е. может использоваться как анализатор качества и как трехфазный счетчик активной, реактивной и полной энергии. [4]

Все настройки прибора производятся непосредственно через панель дисплея либо через порты связи с помощью программы PAS. Эта программа устанавливается на компьютере пользователя и обеспечивает множество полезных функций: дистанционное управление прибором, накопление и обработку получаемых данных и др.

Для определения реальных параметров энергопотребления электрических вводов цеха были сняты следующие параметры энергопитания, которые фиксировались с частотой выборки 1 раз в минуту: линейные и фазные напряжения; токи по фазам; ток в нулевом проводе;  $\cos \varphi$  по фазам; активная и реактивная мощности, потребляемые по фазам; полная активная и реактивная мощность; частота сети.

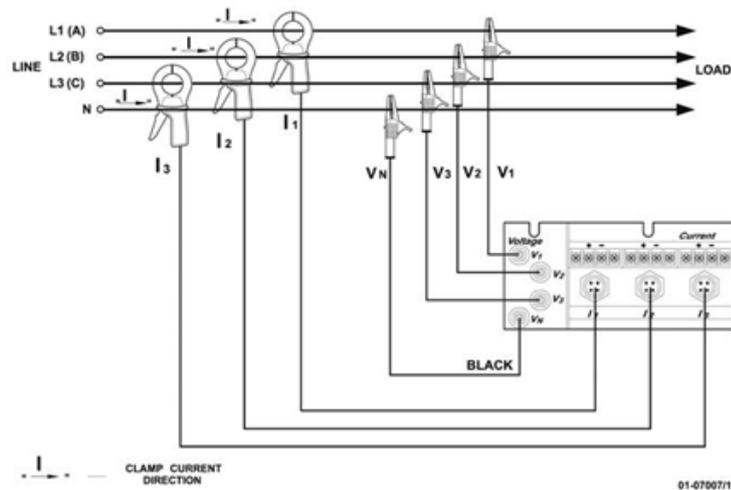


Рис. 2. Четырех-проводное соединение звездой.

Для проверки правильности работы счетчика электрической энергии параллельно с ними подключался контрольный прибор. Затем проводилось сравнение показаний счетчика электрической энергии и контрольного прибора. С помощью программы PAS были определены минимальные, максимальные и средние действующие значения измеренных величин. Можно отметить, что резких изменений нагрузки, т.е. частых включений и отключений нагрузок с большой мощностью в карамельном цехе нет. Активная мощность изменяется в пределах 44-50 кВт, реактивная – от 60 до 68 кВар. Такие соотношения активной и реактивной мощности дали основания, для вывода о том, что коэффициент мощности данного цеха очень низок и явно не соответствует стандарту.

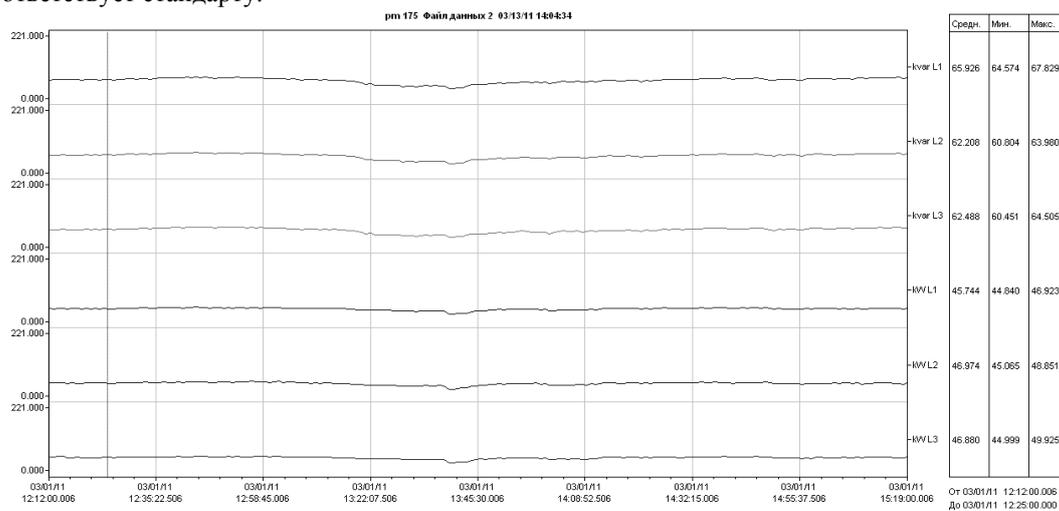


Рис. 3. Графики реактивной и активной мощности по фазам (время томское).

Для анализа качества электрической энергии в программе PAS были рассчитаны значения отклонения напряжения в режиме наибольших и наименьших нагрузок, а также установившееся отклонение за сутки. Также рассчитан коэффициент искажения синусоидальности напряжения (THD); коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности; коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения; размах изменения напряжения; длительность провала напряжения. Все рассчитанные величины (в процентах) соответствуют требованиям ГОСТ 13109-97 [3]. Так, например, нормально допустимое значение THD для напряжений до 380 В – 8%, максимальный THD по прибору – 2,4 %, т.е. качество поставляемого напряжения удовлетворительное.

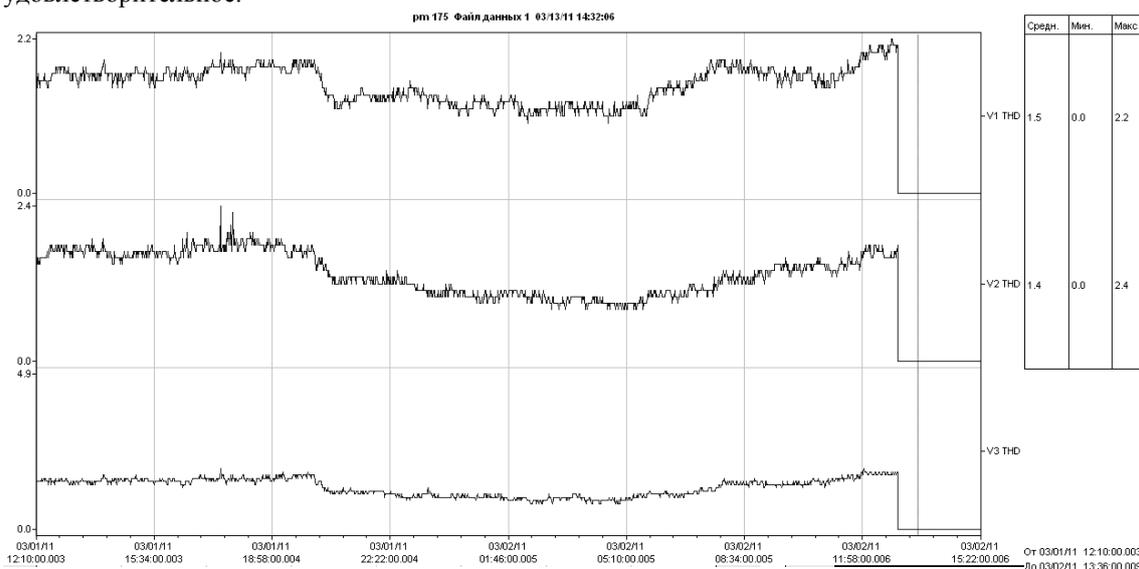


Рис. 4. Графики THD для фазных напряжений.

Проведенные измерения показали правильность работы приборов коммерческого учета электроэнергии. По снятым данным можно сделать вывод, что реактивная нагрузка на вводе карамельного цеха имеет индуктивный характер и величина  $\cos \varphi$  ввода = 0,5-0,8. Мощность потребления электрической энергии  $P_{ср} = 46$  кВт. Величина не скомпенсированной реактивной мощности ввода примерно 60 кВар. Качество электрической энергии удовлетворяет требованиям ГОСТ. Для повышения коэффициента мощности можно рекомендовать установку в электрощитовой на вводе карамельного цеха конденсаторной батареи до 60 кВар, а также установку автоматических регуляторов степени компенсации реактивной мощности с целью снижения потерь активной энергии и разгрузки оборудования от реактивных токов.

#### Список литературы:

1. <http://www.hte.com.ua/news/24.html>
2. <http://www.energometrika.ru/catalog/511/>
3. ГОСТ 13109-97 “Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”.
4. Гаврилин А.Н., Косяков С.А. и др. Введение в энергосбережение. Томск: Издательский дом «Курсив», 2001г. 217 с.

УДК 620.9-049.5:332.1

#### Оценка состояния производственного комплекса региона с использованием дискриминантного анализа

*Мыльниченко С.М.*

*Черкасский государственный технологический университет, Украина, г. Черкассы*  
[mylsergej@yandex.ru](mailto:mylsergej@yandex.ru)

**Вступление.** Развитие энергетики оказывает решающее влияние на состояние экономики в государстве и уровень жизни населения. Главной целью обеспечения энергетической

безопасности является достижение состояния защищенности граждан, общества и государства от обусловленных внутренними и внешними факторами угроз дефицита в обеспечении их обоснованных потребностей в энергии экономически доступными топливно-энергетическими ресурсами приемлемого качества в нормальных условиях и при чрезвычайных обстоятельствах [1].

**Анализ последних источников исследований и публикаций.** Энергетическая безопасность – это понятие, которое можно рассматривать на разных уровнях: глобальном, межгосударственном, национальном, региональном, местном.

Современный уровень теоретической разработанности проблем и сущности энергетической безопасности обнаруживает определенные пробелы и фрагментарность описания отдельных ее аспектов, в частности, такой важной сферы как построение системы управления энергетической безопасностью для региональных образований с учетом их особенностей и специфики объектов управления.

На основе многолетних исследований [2, 3] систематизированы основные возможные угрозы энергетической безопасности. Вся совокупность угроз энергетической безопасности представлена в виде пяти групп: экономические, социально-политические, техногенные, природные, управленческо-правовые.

Мониторинг энергетической безопасности региона целесообразно осуществлять на основе процедуры постоянного отслеживания значений индикаторов-показателей. Вместе с тем мониторинг показателей-индикаторов не единственный инструмент оценки состояния энергетической безопасности. Не менее важно их качественное описание, тем более что не все угрозы могут быть достаточно полно раскрыты количественно [4].

В качестве индикаторов могут выступать как первичные показатели состояния или функционирования объекта, так и синтетические, созданные (рассчитанные) на основе нескольких первичных показателей. Система индикаторов для анализа может быть различной в зависимости от цели исследования и выбранного объекта исследования, однако принципы исследования не меняются.

**Целью** статьи является повышение адекватности оценки состояния производственного комплекса региона для обеспечения его энергетической безопасности.

**Основные материалы исследования.** Дискриминантный анализ как метод многомерной классификации выполняет разделение объектов на группы при наличии первоначальных представлений о характере группы. Эти первоначальные представления формализуются как выборка из общей совокупности объектов, причем каждая выборка относится к одному строго определенному классу (группе) объектов. Выборки считаются многомерными: каждый объект характеризуется комплексом  $m$  показателей  $X_i$ ; [5]. Задача дискриминантного анализа сводится к тому, чтобы определить правило, по которому все другие объекты множества будут отнесены к одному из классов. Выходные выборки, определяющие их принадлежность к тому или иному классу, называются обучающими выборками. Отнесение объектов к какому-либо из классов проводится на основе дискриминантной функции.

Таблица 1. Индикаторы для анализа энергетической безопасности региона

Блок надежности (технологический блок)	X1	Степень износа основных средств
	X2	Часть доминирующего вида топлива в суммарном количестве ПТЭР*
Блок использования (блок потребления)	X3	Использование ПТЭР* на душу населения
	X4	Использование тепловой энергии на душу населения
	X5	Использование электрической энергии на душу населения
Блок производства	X6	Отпуск тепловой энергии генерирующими источниками на душу населения
	X7	Отпуск электроэнергии, производимой на базе использования топлива, на душу населения
Экологический блок	X8	Выбросы загрязняющих веществ на душу населения
	X9	Удельные выбросы загрязняющих веществ
	X10	Плотность выбросов загрязняющих веществ
	X11	Удельные капитальные инвестиции и текущие расходы на охрану окружающей среды

ПТЭР\* – первичные топливно-энергетические ресурсы

Для каждого объекта совокупности определяется то значение дискриминантной функции, которое является критерием для отнесения района в тот или иной класс. В качестве дискриминантной чаще всего берется линейная функция

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_mX_m,$$

где  $X_1, X_2, \dots, X_m$  – значения признаков у данного объекта;  $C_1, C_2, \dots, C_m$  – дискриминант множители.

С помощью дискриминантных множителей выполняем переход от  $m$  - мерного пространства исходных показателей к одномерному пространству.

В таблице 1 приведен состав важнейших индикаторов энергетической безопасности исследуемого региона, определенные экспертным путем [6].

По методике, изложенной в [7] с помощью кластерного анализа 20 районов и 6 городов областного значения Черкасской области за статистическими данными 2010 года были разбиты на 4 кластера. Состав кластеров приведен в табл. 2.

**Таблица 2.** Состав кластеров Черкасской области

Номер кластера	Количество объектов	Состав кластера
1	3	г. Черкассы, Христиновский р-н, Каневский р-н
2	4	г. Ватутино, г. Умань, г. Золотоноша, г. Канев
3	11	г. Смела, Звенигородский р-н, Городищенский р-н, Уманский р-н, Драбовский р-н, Монастырищенский р-н, Шполянский р-н, Корсунь-Шевченковский р-н, Жашковский р-н, Каменский р-н, Тальновский р-н
4	8	Золотоношский р-н, Катеринопольский р-н, Маньковский р-н, Черкасский р-н, Чигиринский р-н, Лысянский р-н, Чернобаевский р-н, Смелянский р-н

Все расчеты дискриминантного анализа выполнены с помощью пакета STATISTICA 6.1 StarSoft. Для кластеров, приведенных в таблице 2, за статистическими данными 2010 года получено показатель Wilks' Lambda (значение лямбды Уилкса) 0,0008882 и значение F – критерия 10,77158, по которым можно сделать вывод, что данная классификация корректна.

Построенный график рассеяния канонических значений для канонических корней помог определить влияние, которое вносит каждая дискриминационная функция в распределение между группами (рис. 1).

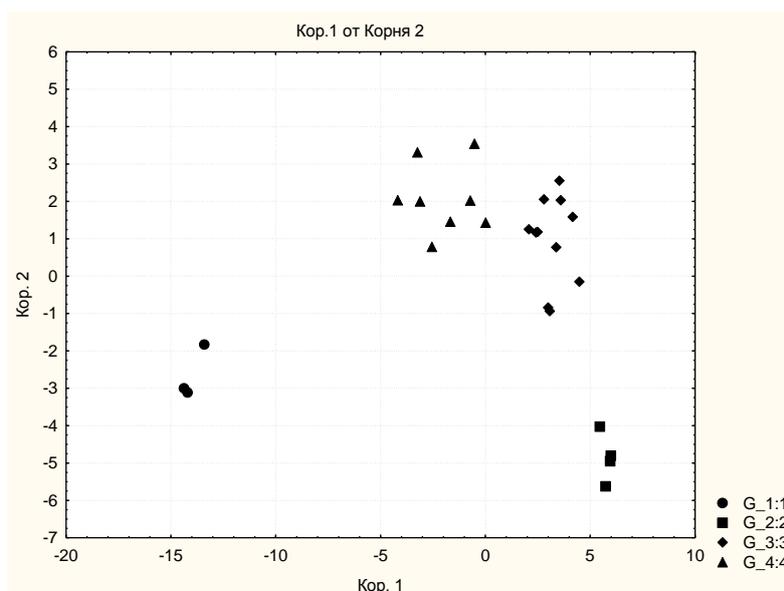


Рис. 1. График рассеяния канонических значений для канонических корней

Расстояние Махаланобиса является мерой расстояния, которую используют в многомерном пространстве (табл. 3). Расстояние Махаланобиса определяется как расстояние от

наблюдаемой точки до центра тяжести в многомерном пространстве, определяемом коррелированными (неортогональными) независимыми переменными. Эта мера позволяет, в частности, определить является ли данное наблюдение выбросом по отношению к остальным значениям независимых переменных.

Таблица 3. Квадраты расстояния Махаланобиса дискриминантного анализа

Районы и города областного значения	Наблюдения	G_1:1	G_2:2	G_3:3	G_4:4
г. Черкассы	G_1:1	14,5498	423,0725	332,9546	199,5357
г. Ватутино	G_2:2	389,4709	8,6408	40,1496	101,8007
г. Золотоноша	G_2:2	424,0076	15,0459	64,8191	127,7084
г. Канев	G_2:2	425,1309	13,4691	63,7902	124,2114
г. Смела	G_3:3	306,3982	43,2946	17,7229	55,6280
г. Умань	G_2:2	409,5154	6,0072	62,5948	124,5916
Городищенский р-н	G_3:3	350,1565	48,7201	4,6238	44,5191
Драбовский р-н	G_3:3	316,3335	50,3047	2,6565	47,0729
Жашковский р-н	G_3:3	279,1614	63,9715	7,0369	33,2041
Звенигородский р-н	G_3:3	350,0732	33,4127	5,0290	59,7351
Золотоношский р-н	G_4:4	164,0739	158,0891	60,5533	13,6956
Каменский р-н	G_3:3	299,1494	38,8325	7,9580	54,9109
Каневский р-н	G_1:1	14,4524	427,8898	338,2741	199,5669
Катеринопольский р-н	G_4:4	235,0869	119,8814	36,5898	14,2222
Корсунь-Шевченковский р-н	G_3:3	286,4701	60,4726	3,1870	36,8151
Лысянский р-н	G_4:4	149,4828	128,9305	51,2526	4,1224
Маньковский р-н	G_4:4	225,1375	77,5589	23,8576	8,9261
Монастырищенский р-н	G_3:3	334,9044	59,8565	5,0217	41,3885
Смелянский р-н	G_4:4	132,4709	150,1301	71,0598	7,3279
Тальновский р-н	G_3:3	309,9654	75,0256	6,7028	45,6179
Уманский р-н	G_3:3	342,3204	64,3832	11,8215	35,7686
Христиновский р-н	G_1:1	14,1524	395,9137	296,2363	166,6891
Черкасский р-н	G_4:4	164,5240	110,7186	56,1855	10,2671
Чигиринский р-н	G_4:4	193,9249	103,5342	51,0342	6,1815
Чернобаевский р-н	G_4:4	209,2617	101,7192	27,9605	15,5208
Шполянский р-н	G_3:3	289,6245	54,6699	3,6590	30,8245

На основе полученных выборок можно проводить классификацию тех районов, которые попали в выборки, и любых других районов и городов областного значения, которые необходимо группировать:

Кластер  $1=2,765 \cdot X_1 - 0,984 \cdot X_2 + 79,381 \cdot X_3 + 19,623 \cdot X_4 - 5,638 \cdot X_5 + 5,058 \cdot X_6 - 167,108 \cdot X_7 - 351,674 \cdot X_8 + 2045,861 \cdot X_9 + 246,199 \cdot X_{10} - 51,966 \cdot X_{11} - 353,2$

Кластер  $2=0,669 \cdot X_1 + 0,725 \cdot X_2 + 35,212 \cdot X_3 + 2,979 \cdot X_4 - 19,912 \cdot X_5 + 10,765 \cdot X_6 - 142,158 \cdot X_7 - 246,943 \cdot X_8 + 738,591 \cdot X_9 + 189,068 \cdot X_{10} - 10,766 \cdot X_{11} - 100,882$

Кластер  $3=0,936 \cdot X_1 + 0,573 \cdot X_2 + 32,373 \cdot X_3 - 3,87 \cdot X_4 + 5,817 \cdot X_5 + 8,457 \cdot X_6 - 45,564 \cdot X_7 - 257,012 \cdot X_8 + 774,804 \cdot X_9 - 84,239 \cdot X_{10} - 18,872 \cdot X_{11} - 79,857$

Кластер  $4=1,056 \cdot X_1 + 0,123 \cdot X_2 + 40,663 \cdot X_3 + 0,408 \cdot X_4 + 11,4111 \cdot X_5 + 6,768 \cdot X_6 - 34,153 \cdot X_7 - 329,492 \cdot X_8 + 1229,725 \cdot X_9 - 90,063 \cdot X_{10} - 22,142 \cdot X_{11} - 109,878$

Новый район или город областного значения относится к тому кластеру, для которого классификационное значение максимальное.

**Вывод.** Для классификации состояний производственного комплекса региона рассмотрен и может быть рекомендован дискриминантный анализ, который позволяет построить систему классификации на основе данных обучающей выборки. Большое количество процедур и проверок, используемых в методе, позволяет априори делать заключения о качестве полученной системы классификаций. Суть метода заключается в максимизации разницы между классами при одновременной минимизации внутригрупповых различий на основе данных обучающей выборки.

Такой подход позволил провести классификацию районов и городов Черкасской области на кластеры по уровню энергетической безопасности производственного комплекса.

#### Список литературы:

1. Литвак В.В., Силич В.А., Силич М.П., Яворский М.И. Концепция энергетической безопасности субъектов Федерации // Энергосбережение по-томски. Сборник статей, докладов и выступлений. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001. – С. 93–111.
2. Энергетическая безопасность России / Бушуев В. В., Воропай Н. И. и др. – Новосибирск: Наука, Сиб. издат. фирма РАН, 1998. – 302с.
3. Воропай Н.И., Сендеров С.М. Энергетическая безопасность: сущность, основные проблемы, методы и результаты исследований. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» – М., 2011. – 91 с.
4. Экономическая безопасность России: Общий курс: Учеб. / Под ред. В. К. Сенчагова. – М.: Дело, 2005. – 896 с.
5. Глинский В.В., Ионин В.Г. Статистический анализ: Учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФАР-М; Новосибирск: Сибирское соглашение, 2002. – 241 с.
6. Розен В.П., Мильніченко С.М., Ткаченко В.Ф. Методика індикативного аналізу стану енергетичної безпеки регіону // Вісник ЧДТУ. – ЧДТУ, 2013. – № 1. – 50-54с.
7. Розен В. П., Мильніченко С.М. Кластерний аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів на прикладі Черкаської області // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 19. – С. 128 – 137.

#### Практическое применение базы энергосберегающих мероприятий

*Бухмиров В.В., Костерин А.Ю., Найденко В.В., Пророкова М.В.*

*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,  
Россия, г. Иваново  
[naydenko.vera@yandex.ru](mailto:naydenko.vera@yandex.ru)*

Решение вопроса рационального использования энергетических ресурсов в промышленности, сельском хозяйстве и ЖКХ занимает важное место в экономике Российской Федерации. Документом, регулирующим отношения в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности, является Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» от 23 ноября 2009 г. [1], цель которого - создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения экономической эффективности. Согласно требованиям Федерального закона [1] организациям, перечисленным в статье 11, необходимо провести энергетическое обследование.

Заключительным и наиболее важным этапом энергоаудита является разработка комплекса энергосберегающих мероприятий (технологий) для обследуемого объекта. Внедрение энергосберегающих мероприятий позволяет уменьшить потребление топливно-энергетических ресурсов (далее ТЭР) организацией и соответственно финансовые затраты на их потребление.

В настоящее время разработано значительное количество энергосберегающих мероприятий при производстве, передаче и потреблении ТЭР. Для систематизации рекомендаций по повышению энергетической эффективности в Ивановском государственном энергетическом университете создана электронная база энергосберегающих мероприятий (далее БЭСМ). [2]. Электронная база разработана на платформе «Microsoft Excel» и в настоящее время включает в себя более 300 методов и способов повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на объектах различного назначения.

Таблица 1. Классификация мероприятий по видам ресурсов для экономии

Вид ресурса			Экономия топлива
Экономия тепловой энергии	Экономия электрической энергии	Экономия воды	
При производстве	При производстве	При водозаборе	При производстве электрической энергии
При транспортировке	При транспортировке	При транспортировке	При производстве тепловой энергии
При потреблении	При потреблении	При потреблении	

Для удобства выбора мероприятия в БЭСМ предложена классификация по виду ресурса, экономии которого необходимо произвести и по этапам «жизни» энергии (производство,

транспортировка, потребление) [3]. Классификация энергосберегающих мероприятий представлена в таблице 1.

Для увеличения функциональности БЭСМ предложена градация энергосберегающих мероприятий по величине вложения денежных средств на внедрение мероприятия и по срокам его окупаемости. В связи с этим выделено три группы мероприятий в области повышения энергоэффективности [4]:

- организационные и малозатратные со сроком окупаемости до 1-2 лет;
- средnezатратные со сроком окупаемости от 2-х до 5 лет;
- крупнозатратные (долгосрочные) со сроком окупаемости более 5 лет.

Для увеличения эффективности проведения энергоаудита предлагается использовать БЭСМ для реализации комплексного подхода к выбору энергосберегающих решений, который возможен, потому что база содержит кроме перечня мероприятий их описание и возможность выполнения оценочного расчета показателей экономической эффективности. Перейдя на персональную страницу мероприятия можно рассчитать два основных показателя энергоэффективности:

- простой срок окупаемости:

$$T = \frac{K}{\Pi} \text{ (лет)},$$

где  $K$  – капитальные затраты на реализацию мероприятия, руб.;  $\Pi$  – среднегодовая величина поступления денежных средств, полученных от реализации проекта, руб./год;

- чистый дисконтированный доход (ЧДД), показывающий абсолютную величину прибыли, приведенную к началу реализации проекта:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T_{ж}} \left( \frac{\Pi_t}{(1+R)^t} \right) - K \text{ (руб.)},$$

где  $R$  – норма дисконта;  $T_{ж}$  – время жизни проекта, лет.

Условиями экономической целесообразности предлагаемого к внедрению мероприятия являются положительная величина чистого дисконтированного дохода ( $\text{ЧДД} > 0$ ) и срок окупаемости, не превышающий предварительно заданной величины (например, в энергетике рекомендуется максимальный срок окупаемости 7 лет [5]).

Таким образом, БЭСМ позволяет быстро и качественно выбрать необходимые энергосберегающие мероприятия при производстве, передаче и потреблении тепловой и электрической энергии и воды для объектов различного назначения, а также оценить их эффективность. База энергосберегающих мероприятий находится в развитии и регулярно дополняется новыми энергосберегающими технологиями и энергоэффективными решениями.

#### Список литературы:

1. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА и ЭНЕРГЕТИКА: Девятнадцатая Междунар. науч. – техн. конф. студентов и аспирантов: Тез. докл. В 4 т. Т.3. М.: Издательский дом МЭИ, 2013
3. Бухмиров В.В. Классификация методик проведения энергетического обследования / В.В. Бухмиров, В.В. Банников // Вестник энергоэффективности. – 2012. - № 1.
4. Стандарты и правила Некоммерческого Партнерства – Саморегулируемой Организации «Гильдия Энергоаудиторов. Техническая часть. Т.1. Московская область, 2012.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция, исправленная и дополненная), утв. Минэкономки РФ, Минфином РФ и Госстроем РФ от 21 июня 1999 г. N ВК 477.

#### Роль системы энергосбережения на предприятии

*Несветайло М.В.*

*Омский государственный технический университет, Россия, г. Омск*

[nesvet\\_22@mail.ru](mailto:nesvet_22@mail.ru)

Энергетическая безопасность (согласно Европейской экономической комиссии ООН) – состояние общества, которое позволяет при наличии угроз внешнего и внутреннего характера и влияния дестабилизирующих факторов экономического, социально-политического, природного и

техногенного происхождения поддерживать необходимый уровень национальной безопасности страны, устраняя и компенсируя негативное влияние этих факторов [5]. Энергобезопасность включает в себя политическую, экономическую, техногенную энергобезопасность.

В период экономического кризиса в России значительно снизился объем потребления электроэнергии (ЭЭ), процесс обновления мощностей практически остановился. Российские энергетические компании отставали по технологическим показателям от компаний развитых стран. Общая ситуация в отрасли характеризовалась следующими показателями [3]:

1. Отсутствовали стимулы к повышению эффективности, рациональному планированию режимов производства и потребления электроэнергии, энергосбережению, снижению производственных затрат.

2. В отдельных регионах происходили перебои энергоснабжения, наблюдался энергетический кризис, существовала высокая вероятность крупных аварий.

3. Отсутствовала платежная дисциплина, были распространены неплатежи.

4. Предприятия отрасли были информационно и финансово "непрозрачными", что привело к невозможности достоверно определить необходимые ресурсы для поддержания и развития предприятий.

5. Низкая рентабельность энергетического сектора, необходимость инвестиций.

ЭЭ считается эффективным и экологически чистым энергоносителем, в связи с чем, можно говорить о том, что ее потребление в будущем будет непрерывно расти. Таким образом, появилась необходимость в создании стимулов для повышения энергоэффективности предприятий, обеспечения надежного и бесперебойного энергоснабжения потребителей. Необходима организация системы энергосбережения на предприятии.

Считается, что энергосбережение – один из важных факторов, способствующих повышению уровня энергобезопасности. Согласно Федеральному закону №261-ФЗ «Об энергосбережении» [2] под энергосбережением понимается реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов (ЭР) при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг).

Постоянное удорожание ЭР заставляет всерьез задуматься о жестком контроле использования, что требует внедрения эффективных средств учета, способствующих снижению затрат на ЭЭ, разработки энергосберегающей политики и мероприятий по энергосбережению. В настоящее время отсутствуют современные автоматизированные системы контроля и учета отпуска и реализации энергоресурсов (ЭР); отсутствует мониторинг отпуска, распределения и потребления ЭР в режиме реального времени. Использование автоматизированных систем управления позволяет осуществлять точный контроль в реальном времени за потреблением ЭР, повышая достоверность учета, оптимизируя затраты на ЭР[1].

Для энергосбережения характерны нормирование и учет энергопотребления. Целью нормирования является установление норм потребления, исключающих излишний расход для улучшения использования ЭР и основных фондов энергохозяйства, снижения доли энергозатрат в себестоимости продукции. Должен быть соблюден баланс экономических интересов ресурсоснабжающих организаций и интересов потребителей.

Существуют следующие группы решений в энергосбережении предприятий [4]:

1. Повышение эффективности операционного управления режимами энергообеспечения и энергопотребления предприятия. Достигается путем развития системы планирования энергобалансов, разработки прогрессивных нормативов, развития систем приборного автоматизированного учета, мотивации энергосбережения.

2. Поиск, формирование и реализация инженерно-технических и организационных мероприятий энергосбережения. Осуществляется при проведении энергетических обследований и энергоаудитов, улучшений операционной деятельности.

На основе энергетических целей и задач разрабатываются программы энергосбережения, включая мероприятия, сроки, ответственных и ресурсы. В общем случае, при разработке программы энергосбережения следует придерживаться следующего алгоритма:

- ранжирование и классификация мероприятий;
- определение последовательности реализации мероприятий;
- определение сроков, ответственных должностных лиц, требуемых результатов выполнения мероприятий;

- уточнение и дополнение инвестиционных расчетов – в случае, если мероприятие носит инвестиционный характер;

- разработка механизмов управления и контроля реализации программы энергосбережения;

- проработка вопросов источников инвестиций (внутренних и внешних) - в случае, если мероприятие носит инвестиционный характер;

- подготовка инвестиционных обоснований для банков-инвесторов согласно установленным ими требованиям - в случае, если мероприятие носит инвестиционный характер.

Грамотная оценка потенциала энергосбережения с последующей реализацией позволяет осуществить перевод экономики на энергосберегающий путь развития, решить многие экологические проблемы. Более широкое использование экологически чистых возобновляемых источников энергии, усовершенствование процесса преобразования топлива в ЭЭ способствуют повышению уровня энергобезопасности.

Энергетической эффективностью называется отношение или другая количественная взаимосвязь между полученным результатом, относящимся к выполнению работы, услуге, товарам или энергии, и поступившей на вход энергией.

Потенциал энергосбережения, энергоэффективности и снижения выбросов парниковых газов касается, прежде всего, зданий и промышленного сектора:

- Здания и сооружения (34%)
- Промышленность (20%)
- Электротовары (13%)
- Освещение (10%)
- Транспорт (23%)

Основные требования к энергоэффективности зданий определены СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Технологии, использованные при строительстве энергоэффективных домов, соответствуют Перечню требований к энергетической эффективности зданий, строений, сооружений и позволяют значительно снизить энергопотребление. В [1] рассматриваются мероприятия, обеспечивающие минимизацию удельных потерь тепла и энергии при строительстве жилья, а также установка систем, обеспечивающих автономную генерацию ресурсов. К таковым можно отнести: применение энергоэффективных окон, датчиков движения, энергосберегающих ламп; утепление наружных стен, чердачных перекрытий и подвалов; установку солнечного коллектора, солнечных батарей; систем, позволяющих производить электрическую и тепловую энергии путем применения когенерационных установок. Таким образом, можно достичь экономии тепла до 40%, ЭЭ – до 50% в части расходов на общедомовые нужды.

Общий принцип создания благоприятных условий для энергосбережения заключается в поддержке таких энергоэффективных проектов, предельные расходы которых не превышают предельных расходов на прирост предложения ЭР.

В России в настоящее время на освещение расходуется от 12 до 21% (по разным источникам) всей ЭЭ, причем на лампы накаливания – 42%, на флуоресцентные лампы – 41% всех используемых источников света.

Федеральный закон №261 [2] запрещает лампы накаливания (ЛН) с 1.01.2011 г. мощностью 100 Вт, с 1.01.2013 – 75 Вт, с 1.01.2014 – 25 Вт. Согласно подсчетам в Минэкономразвития отказ от ЛН обойдется России минимум в 100 миллиардов рублей.

Предложены альтернативные источники освещения:

- ЛН стандартной формы E27 (60 Вт, жизненный цикл – 2000 час, световой поток 710 люмен, стоимость – 0,8 евро/шт);

- Галогенная лампа (OsramEco) формы E27/14 (42 Вт аналогично 55 Вт, 1000/1500 час, 670/580 люмен, 1,5/3 евро/шт);

- Компактная люминесцентная (MegamanLiliput MM30812-3) (8 Вт, 400 люмен, 10000 час, 5 евро/шт);

- Светодиодная лампа (SamsungClassic A) формы E27 (10 Вт, 30000 час, 550 люмен, 23 евро/шт);

- Флуоресцентные трубки нового поколения (X-Bright 230 V LEDlamp (LED Tube) T8i) (10 Вт, неограниченный срок службы, 1100 люмен, 50 евро/шт).

Также следует обратить внимание на внедрение эффективных электродвигателей, т.к. электропривод потребляет 50% ЭЭ. В России доля высокоэффективных двигателей не превышает

3%, «запасная» мощность переоценена, электромоторы эксплуатируются более 20 лет, капитальные ремонты происходят 3-5 раз с последующей потерей мощности и снижением КПД.

По опыту стран СНГ [5] можно говорить о том, что энергосберегающие мероприятия способствуют экономии финансовых средств, требуемых для функционирования топливно-энергетического сектора и расширения его производственной, генерирующей и сетевой базы, закупок топливно-энергетических ресурсов за рубежом, а также предотвращения и (или) ликвидации связанных с этим сектором негативных экологических последствий. Несомненно, требуются инвестиционные затраты на проведение энергосберегающих мероприятий, но именно они в процессе реализации уменьшают инвестиции в развитие системы энергообеспечения страны.

Должны быть созданы такие условия, в которых поставщик обеспечивал бы бесперебойное и надежное питание энергией потребителя по стабильным и доступным ценам. Проблемы низкой энергоэффективности и высокой энергоемкости могут быть решены благодаря успешной реализации системы управления энергоэффективностью и энергосбережением. Причем, для реализации этой системы не столько необходимы высокие затраты, сколько целенаправленная и технически грамотная совместная работа местной власти, ресурсоснабжающих организаций и потребителей.

Следует отметить, что особенное финансирование и поддержку со стороны государства необходимо оказать тем предприятиям, на которых мероприятия по энергосбережению ведутся активно, где уже наблюдается значительное уменьшение потребления ЭР.

#### Список литературы:

1. Кожарин Ю.В., Абдулхакимов Р.К. Полученный опыт и результаты – отправная точка к новым горизонтам//Информационный электронный журнал по энергосбережению Координационного совета Президиума Генерального совета Всероссийской политической партии «Единая Россия» по вопросам энергосбережения и энергетической эффективности «Энергосвет». – 2013. - №5.
2. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". – М.: 2009.
3. Шматко С. Особенности переходной экономики//Российский исторический иллюстрированный журнал «Родина». – 2011. - №12.
4. Энергосбережение и энергоэффективность. Основные понятия. [Электронный ресурс]. – URL: <http://academipo.ru/energoberezhenie-energoeffektivnost-osnovy/> (дата обращения: 23.11.2013).
5. Энергоэффективность и энергетическая безопасность в Содружестве Независимых Государств. Энергетический выпуск ЕЭК №17 – Нью-Йорк и Женева, 2001.

#### Обоснование концепции образцовой системы теплоснабжения для повышения энергоэффективности действующих систем

*Николаев Ю.Е., Дубинин А.Б., Вдовенко И. А., Зябкин В.И.*

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,*

*Россия, г. Саратов*

*[mazddaf@mail.ru](mailto:mazddaf@mail.ru)*

Энергосбережение является стратегически важным направлением развития экономики, обеспечивающим национальную безопасность России. Емким потребителем тепловой энергии является жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ), использующим более 20% энергоресурсов и имеющее высокий потенциал энергосбережения (25-30%). В настоящее время в ЖКХ сложилась негативная ситуация: высокий износ основного и вспомогательного оборудования, задолженность перед кредитными организациями, низкая энергетическая эффективность существующих систем теплоснабжения, недостаточное использование энергосберегающих технологий, невысокое качество жилищно-коммунальных услуг.

В качестве основной меры по энергосбережению рассматривается модернизация схем теплоснабжения, предусматривающей внедрение энергосберегающего оборудования и прогрессивных технологий во всех звеньях теплового хозяйства [1]. Для количественной оценки потенциала энергосбережения существующей системы теплоснабжения предлагается введение концепции образцовой системы, под которой понимается реальная система с прогрессивным оборудованием и наиболее выгоднейшей на данный момент времени технологической схемой,

рациональными режимами эксплуатации, обеспечивающая эффективное теплоснабжение с минимальными энергетическими затратами. Аналогичная терминология использована при разработке образцовых циклов теплоэнергетических установок (ТЭУ) [2], где под образцовыми понимаются такие теоретические циклы, приближением к конфигурации которых в реальных условиях достигается максимальный энергетический эффект. Следовательно, основное отличие образцовых систем теплоснабжения заключается в достижении наилучших показателей энергоэффективности в конкретных условиях при использовании передовых технологий на данный момент времени. Образцовая система теплоснабжения должна разрабатываться для каждой действующей системы, учитывающая структуру теплопотребления, наличие потенциала первичных, вторичных и возобновляемых энергетических ресурсов, особенностей планировочных решений городской территории и расположение потребителей, климатические факторы, требований по надежности теплообеспечения. На основе образцовой системы теплоснабжения можно не только оценить потенциал энергосбережения, но разработать программы поэтапного внедрения передового оборудования и технологий в коммунальном хозяйстве с учетом их экономического обоснования.

Наиболее совершенными источниками теплоты являются блочно-модульные автоматизированные котельные на природном газе с водоподготовительными установками. КПД таких котельных находится в пределах 93-95%, а с учетом использования глубокого охлаждения продуктов сгорания до 98%. Себестоимость производства теплоты на таких котельных при использовании природного газа сегодня находится на уровне 700-800 руб./Гкал. Дальнейшее повышение энергетической и экономической эффективности возможно за счет комбинированного производства электрической и тепловой энергии на базе газопоршневых (ГПУ) и газотурбинных (ГТУ) установок. Коэффициент полезного использования энергии топлива на таких ТЭЦ достигает 85-90%, а себестоимость тепловой энергии при этом снижается на 30-40%.

Для транспорта тепловой энергии наилучшие показатели имеют теплопроводы повышенной заводской готовности с изоляцией из пенополиуретана и пенополимеров с коэффициентом теплопроводности 0,03 - 0,035 Вт/м К, имеющие срок службы до 30 лет и нормированные величины теплопотерь [3]. В качестве тепловых узлов потребителей целесообразно рассмотреть блочных автоматизированных пунктов, обеспечивающих коммунально-бытовые нагрузки зданий. Потребители теплоты (здания) должны иметь нормативные тепловые потери через ограждающие конструкции, соответствующие действующим СНиП, а также быть оснащенными системами автоматического регулирования нагрузки отопления и горячего водоснабжения[4].

В образцовой системе наряду с использованием передового теплоэнергетического оборудования для каждого источника должны быть выбраны оптимальными тепловая мощность и радиус зоны теплоснабжения в соответствии с экономическим критерием с учетом обеспечения требуемого уровня надежности теплоснабжения всех потребителей..

Для разработки образцовой системы теплоснабжения необходимы: 1-топологическая схема размещения существующих потребителей, источника и сетей, 2- существующие и перспективные тепловые нагрузки потребителей, 3-ограничения на возможность расширения существующих и строительства новых источников, 4-ограничения на масштаб вредных выбросов источников.

В качестве относительного показателя энергетической эффективности существующей системы теплоснабжения по сравнению с образцовой рекомендуется использовать коэффициент  $\beta$ , представляющий отношение энергетических затрат в существующей и образцовой системах:

$$\beta = \frac{I_{ЭН}^C}{I_{ЭН}^O}, \quad (1)$$

где  $I_{ЭН}$  - энергетические годовые затраты в систему теплоснабжения, руб./год; верхние индексы соответствуют существующей и образцовой системам теплоснабжения.

Коэффициент  $\beta \geq 1$ , тогда потенциал энергосбережения системы теплоснабжения

$$П = \beta - 1. \quad (2)$$

При использовании в качестве источника теплоты котельной представим выражение энергетической составляющей в виде:

$$I_{эн} = c_m \cdot b_k \frac{Q_T}{\eta_{ТС}} + c_э \cdot \varepsilon_n \frac{1}{\eta_{ТС}}, \quad (3)$$

где  $c_m, c_э$  - тарифы на топливо и электрическую энергию, руб./кг у.т., руб./кВт ч;  $b_k$  - удельный расход топлива на отпуск теплоты в котельной, кг у.т./ГДж;  $Q_T$  - количество тепловой энергии, израсходованное потребителем, ГДж/год;  $\eta_{ТС}$  - КПД тепловой сети;  $\varepsilon_n$  - удельный расход электроэнергии на перекачку теплоносителя и собственные нужды источника теплоты, кВт ч/ГДж.

При подстановке выражения (3) для существующей и образцовой систем в (1) с учетом преобразований получим:

$$\beta = \frac{(b_k^c + \gamma \cdot \varepsilon_n^c) / \eta_{ТС}^c}{\varepsilon \cdot (b_k^o + \gamma \cdot \varepsilon_n^o) / \eta_{ТС}^o}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon = Q_T^o / Q_T^c$  - коэффициент снижения тепловой нагрузки системы теплоснабжения из-за усиления тепловой защиты зданий и применения сберегающих технологий для горячего водоснабжения;  $\gamma = c_э / c_m$ .

С использованием приведенных выражений выполнены расчеты по определению относительной эффективности существующей системы теплоснабжения тепловой мощностью 5,2 МВт, расположенной в центральном федеральном округе. Потребителями являются 2-5 этажные жилые и общественные здания постройки 50-80 годов прошлого века. Доля нагрузки отопления составляет 0,85; горячего водоснабжения - 0,15. В качестве источника теплоты используется котельная с котлами НР-18, работающих на природном газе и имеющих КПД 0,81. Тепловые сети закрытые, работают по графику 95/70 °С. Протяженность сетей 4120 м со средним диаметром 108 мм. Износ источника и сетей составил около 70%. В образцовой системе теплоснабжения рассмотрена котельная со среднегодовым КПД нетто 0,92, КПД сетей рассчитан с учетом нормативов тепловых потерь. За счет утепления зданий в соответствии с нормами тепловой защиты и установки на горячем водоснабжение водосберегающих приборов снижение тепловой нагрузки составило 28% ( $\varepsilon = 0,72$ ). Стоимость топлива принята 3,5 руб./кг у.т., электроэнергии - 3,8 руб./кВт ч. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица. Характеристика существующей и образцовой систем теплоснабжения

Наименование показателя, единицы измерения	Существующая система с котельной	Образцовая система с котельной
Присоединенная тепловая нагрузка, МВт	4,04	2,91
Количество тепловой энергии, израсходованное потребителем, ГДж/год	35761,7	25745,4
Потери тепловой энергии при транспорте, ГДж/год	3973,5	1073,4
Собственные нужды, ГДж/год	810,9	408,4
Выработка тепловой энергии, ГДж/год	40546,1	27226,2
Расход топлива, млн. кг у. т./год	1,67	1,01
Удельный расход топлива на отпуск теплоты с коллектора источника, кг у. т./ГДж	41,9	37,6
Удельный расход электроэнергии на перекачку теплоносителя и собственные нужды источника, кВт*ч/ГДж	6	4,29
Расход электроэнергии на перекачку, кВт*ч/год	241922	116800,4
Затраты на топливо, млн. руб./ год	5,82	3,57
Затраты на электроэнергию, млн. руб/ год	0,924	0,44
Энергетические годовые ,млн. руб/ год	6,74	4,01
КПД транспорта теплоты, %	90	96
Относительный показатель энергетической эффективности	1,68	1
Потенциал энергосбережения	0,68	1

Из анализа таблицы следует, что в образцовой системе при нормативных тепловых потерях присоединенная нагрузка снизилась на 28%, КПД тепловых сетей вырос на 6%, удельный расход топлива уменьшился на 4,3 кг у.т./ГДж. Показатель энергетической эффективности существующей системы теплоснабжения получился равным 1,68, что означает перерасход энергетических затрат в размере 68% по сравнению с образцовой системой.

**Список литературы:**

1. Николаев Ю.Е., Дубинин А.Б., Вдовенко И.А. Проблемы повышения эффективности систем теплоснабжения малых городов // Энергосбережение в системах тепло-и газоснабжения. Повышение энергетической эффективности. Мат. науч.-практ. конф. СПб. ООО "К-8", 2012г. С.115-118.
2. Андрищенко А.И., Дубинин А.Б. Образцовые циклы теплоэнергетических установок и их оптимизация: учеб. Пособие/Саратов. политехн. ин - т, Саратов, 1988– 68 с..
3. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Введ. 2003-11.01. М.: ФГУП ЦПП, 2003. - 30 с.
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Введ. 2003-10-01. М.: ФГУП ЦПП, 2003. - 23с.
5. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. Введ. 2003-06-24. М.: ФГУП ЦПП, 2003. - 37с.

УДК 621.316.1.017

**Особенности модели на основе коэффициентов распределения для определения параметров энергосберегающих технологий**

*В.С. Павлюков, С.В. Павлюков, С.П. Сусанин*

*ФГБОУ ВПО Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Россия  
E-mail: pws1938@mail.ru*

На основе матрицы коэффициентов распределения получены математические модели определения потерь мощности и энергии. Представлены результаты экспериментальных исследований.

Развитие рыночных отношений в электроэнергетике России между производителями электрической энергии и ее потребителями требуют повышения эффективности мероприятий по снижению уровня потерь энергии, качество которой зависит от точности моделирования процессов в электроэнергетической системе, характеризующейся разнообразным и большим объемом информации о схемных и режимных параметрах.

В настоящее время в большинстве сетевых компаний доминирующим методом для решения задач энергосбережения и управления электрическими режимами сетей разных уровней напряжений является узловой баланс мощностей (токов) [1], но, отметим, и достаточно трудоемкий. Поэтому актуальность исследований более совершенных моделей для различных задач, в том числе и определения потерь электроэнергии, позитивно влияющих на упрощение и уменьшение трудоемкости перечисленных процессов, не утрачивается и в упомянутое время.

Наиболее перспективное направление для разработок как линейных, так и нелинейных моделей поставленной задачи открывает универсальность свойств матрицы  $\mathbf{C} = \mathbf{C}' + j\mathbf{C}''$  коэффициентов распределения [1].

Рассмотрим моделирование режимной информации в виде вектора-функции графиков полных мощностей за некоторый дискретный интервал времени  $T$

$$\mathbf{s}(t) = [\underline{s}_v(t)] = [p_v(t) + jq_v(t)], \quad (v = \overline{1, n} - \text{число независимых узлов в схеме сети}) \quad (1)$$

или в виде узловых токов [2]

$$\mathbf{j}(t) = [\underline{j}_v(t)] = j'_v(t) + jj''_v(t). \quad (2)$$

Представим модель потерь на основе узловых токов в детерминированной форме  $\mathbf{J} = [\underline{j}_v]$  [2], определяющую распределение комплексных токов  $\mathbf{i}_{kv}$  по ветвям  $kv$  схемы электрической сети по выражению

$$\mathbf{i}_{kv} = \mathbf{c}_{kv} \mathbf{j}_v = i'_{kv} + ji''_{kv}, \quad (k = \overline{1, \hat{a}}; \hat{a} - \text{число ветвей в схеме}), \quad (3)$$

где  $i'_{kv} = c'_{kv} j'_v - c''_{kv} j''_v$ ,  $i''_{kv} = c'_{kv} j''_v + c''_{kv} j'_v$  – соответственно действительная и мнимая составляющие вектора токораспределения в схеме электрической сети.

Матричное выражение для токораспределения по ветвям электрической схемы на основе (3) в комплексной форме имеет следующий вид

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}' + j\mathbf{I}'' = \mathbf{C}\mathbf{J}. \quad (4)$$

Современное управление режимами электрических систем и энергосберегающими технологиями требует достоверную и полную узловую и другую информацию. Качественная режимная информация может быть получена при помощи новых способов и комплексов измерения. Но не все узлы системы оснащены дорогостоящей аппаратурой, что приводит к использованию устаревших данных или данных замеров характерных режимов, распространяющихся на большой период времени. В таком случае можно предложить модель для решения указанной задачи с комбинированными параметрами, которую получим с использованием узловых уравнений на базе матрицы  $\mathbf{Y}$  собственных и взаимных проводимостей:

$$\mathbf{Y}\Delta\mathbf{U} = \mathbf{J} - \mathbf{M}diag\mathbf{Z}_{\mathbf{B}}^{-1}\mathbf{E}, \quad (5)$$

где  $\Delta\mathbf{U} = \mathbf{U} - \mathbf{U}_0$  – вектор падений напряжений искомого вектора напряжений  $\mathbf{U}$  относительно вектора базисного напряжения  $\mathbf{U}_0$ ;  $\mathbf{M}$  – матрица соединений ветвей в узлах схемы;  $diag\mathbf{Z}_{\mathbf{B}}^{-1}$  – инвертированная диагональная матрица ветвей схемы;  $\mathbf{E}$  – вектор э.д.с. в ветвях схемы замещения, который может моделировать элементы векторного (продольно-поперечного) воздействия на режим электрической сети.

В зависимости от значимости режимной информации или других факторов, уравнение (5) при условии  $\mathbf{E} = 0$  можно преобразовать к блочному виду

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{\alpha\alpha} & \mathbf{Y}_{\alpha\beta} \\ \mathbf{Y}_{\beta\alpha} & \mathbf{Y}_{\beta\beta} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\mathbf{U}_{\alpha} \\ \Delta\mathbf{U}_{\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{J}_{\alpha} \\ \mathbf{J}_{\beta} \end{bmatrix} \quad (6)$$

и для дальнейших операций рассмотреть (6) в алгебраической форме

$$\begin{cases} \mathbf{Y}_{\alpha\alpha}\Delta\mathbf{U}_{\alpha} + \mathbf{Y}_{\alpha\beta}\Delta\mathbf{U}_{\beta} = \mathbf{J}_{\alpha}, \\ \mathbf{Y}_{\beta\alpha}\Delta\mathbf{U}_{\alpha} + \mathbf{Y}_{\beta\beta}\Delta\mathbf{U}_{\beta} = \mathbf{J}_{\beta}. \end{cases} \quad (7)$$

Допустим, что известны замеры режимных параметров с индексом  $\alpha - \mathbf{J}_{\alpha}$ , с индексом  $\beta$  параметры достоверно неизвестны на момент времени  $t$ . Вместо последних параметров для итерационных процессов численных методов можно использовать приближенные величины в виде номинальных напряжений сети или выбрать из диспетчерских журналов ретроспективные данные, или баз оперативно-информационных комплексов. Алгоритм преобразования системы (7) прост и сводится к тому, чтобы вектор неизвестных параметров  $\mathbf{J}_{\beta}$  переместился в структуру вектора неизвестных системы уравнений (6) или (7). Из второго уравнения системы (7) имеем  $\Delta\mathbf{U}_{\beta} = \mathbf{Y}_{\beta\beta}^{-1}(\mathbf{J}_{\beta} - \mathbf{Y}_{\beta\alpha}\Delta\mathbf{U}_{\alpha})$  и, подставляя в первое уравнение системы, получим  $(\mathbf{Y}_{\alpha\alpha} - \mathbf{Y}_{\alpha\beta}\mathbf{Y}_{\beta\beta}^{-1}\mathbf{Y}_{\beta\alpha})\Delta\mathbf{U}_{\alpha} + \mathbf{Y}_{\alpha\beta}\mathbf{Y}_{\beta\beta}^{-1}\mathbf{J}_{\beta} = \mathbf{J}_{\alpha}$ . Последнее уравнение вместе с преобразованным первым уравнением системы (7) представляют форму уравнений с вектором комбинированных неизвестных переменных

$$\begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{\alpha\alpha} - \mathbf{Y}_{\alpha\beta}\mathbf{Y}_{\beta\beta}^{-1}\mathbf{Y}_{\beta\alpha} & \mathbf{Y}_{\alpha\beta}\mathbf{Y}_{\beta\beta}^{-1} \\ -\mathbf{Y}_{\beta\beta}^{-1}\mathbf{Y}_{\beta\alpha} & \mathbf{Y}_{\beta\beta}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\mathbf{U}_{\alpha} \\ \mathbf{J}_{\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{J}_{\alpha} \\ \Delta\mathbf{U}_{\beta} \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Для практического использования данной модели был осуществлен этап ее исследования на тестовой схеме замещения с пятью узлами и семью ветвями. Целью исследования было установить адекватность полученных решений для вектора комбинированных режимных параметров при изменении исходных данных, но не противоречивых соответствующему уровню напряжений. При использовании классического одношагового итерационного метода без влияния ускоряющих элементов решение для вектора неизвестных (8) было получено на шестой итерации при заданной погрешности  $\varepsilon_s = 0,01$ .

На основе метода наложения векторы-столбцы действительных и мнимых составляющих токов (3), представим следующими формулами

$$\mathbf{I}' = \mathbf{C}'\mathbf{J}' - \mathbf{C}''\mathbf{J}'', \quad (9)$$

$$\mathbf{I}'' = \mathbf{C}'\mathbf{J}'' + \mathbf{C}''\mathbf{J}'. \quad (10)$$

Данный подход определения токораспределения обеспечивает наглядность и адресность составляющих токов в каждой ветви схемы электрической сети от соответствующих регулируемых режимных параметров, переписав (9,10) в раскрытом виде[2].

Потери полной мощности в питающей сети при известном токораспределении (9,10) можно определить из выражения

$$\Delta S = \left( \mathbf{I}^* \right)^T \text{diag}(\mathbf{Z}) \mathbf{I} = \text{Re}(\Delta S) + j \text{Im}(\Delta S) = \pi + j q ,$$

где  $\mathbf{Z} = \mathbf{R} + j\mathbf{X}$  – матрица полных сопротивлений ветвей схемы электрической сети;  $T$  – операция транспонирования;  $\pi$  и  $q$  – потери соответственно активной и реактивной мощностей.

Составляющая потерь активной мощности из выражения (11) имеет вид

$$\begin{aligned} \pi &= \text{Re}(\Delta S) = \text{Re} \left[ \left( \mathbf{I}^* \right)^T \text{diag}(\mathbf{Z}) \mathbf{I} \right] = \\ &= \text{Re} \left[ \left( (\mathbf{I}')^T - j(\mathbf{I}'')^T \right) \text{diag}(\mathbf{R} + j\mathbf{X})(\mathbf{I}' + j\mathbf{I}'') \right] = (\mathbf{I}')^T \mathbf{R} \mathbf{I}' + (\mathbf{I}'')^T \mathbf{R} \mathbf{I}''. \end{aligned}$$

(11)

При использовании модели(1) для режима средних нагрузок, потери электроэнергии в схеме электрической сети, исключая промежуточные выводы, можно определять по выражению

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E} &= \frac{1}{T} \int_0^T \pi(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \begin{bmatrix} \mathbf{P} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{Q} \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix}^T \mathbf{B} \begin{bmatrix} \mathbf{P} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{Q} \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix} dt = \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{P} \\ \mathbf{Q} \end{bmatrix}^T \mathbf{B} \begin{bmatrix} \mathbf{P} \\ \mathbf{Q} \end{bmatrix} \frac{1}{T} \int_0^T \begin{bmatrix} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix} dt. \end{aligned} \quad (12)$$

В выражении (11)  $\mathbf{B}$  представляет матрицу формулы потерь, а множители,

$$\xi_{vj}^p = \frac{1}{T} \int_0^T f_v^p(t) f_j^p(t) dt, \quad \xi_{vj}^q = \frac{1}{T} \int_0^T f_v^q(t) f_j^q(t) dt,$$

определяемые скалярными произведениями относительных графиков, соответственно, активных  $\mathbf{F}^P(t)$  и реактивных  $\mathbf{F}^Q(t)$  мощностей в узлах  $v$  и  $j$  сети, посредством которых учитывается характер изменения узловых нагрузок во времени.

В качестве апробации предложенного подхода были выполнены исследования энергорайона, сложного в эксплуатации из-за энергоемких потребителей и существенно загруженных линий 110 кВ, охватывающего более семидесяти линий и около шестидесяти узлов 110-500 кВ, в связи с вводом новых генерирующих мощностей до 2016 г. В энергорайоне линии не перегружались по длительно-допустимому току нагрева, уровни напряжений узлов находились в допустимых пределах согласно ГОСТа качества (максимальная загрузка линий до 60%; в сети 110 кВ отклонение напряжений менее 10%, в сети 220 кВ до 8,3 и 500 кВ до 4%). Расчеты реальной схемы показывают эффективность применение предложенного подхода для определения энергосберегающих параметров. Использование моделей (11),(12) приводит к более точному определению потерь, примерно на 3-3,5%, по сравнению с традиционным методом[1] при детерминированных режимных параметрах.

Рассмотренная модель (12), обеспечивают независимую от разнородности характера нагрузок узлов сети точность определения потерь мощности и энергии, что является важным фактором для получения правильных решений поставленной выше задачи при управления энергосберегающими режимами электрических сетей.

#### Список литературы:

1. Электрические системы. Электрические сети / В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков и др.; под ред. В.А. Веников и В.А. Строева. – М.: Высшая школа, 1988. – 512 с.

2. Фомин Н.И., Павлюков В.С. Метод определения потерь электроэнергии в питающей сети для задачи комплексной оптимизации схем распределительных электрических сетей // Электробезопасность.– Челябинск: Изд.-во ЮУрГУ, 1999. – №3-4.– С. 3–7.

#### Алгоритм составления плана мероприятий по снижению потерь электроэнергии

*Пейзель В.М., Бондарева К.В.*

*Северо-Кавказский федеральный университет, Россия, г. Ставрополь  
stepas1955@mail.ru*

В электросетевых организациях работа по снижению потерь энергии (ПЭ) начинается с разработки мероприятий по снижению потерь (МСП) в электрических сетях. Результатом является конкретный набор организационных и технических мероприятий, обеспечивающих снижение ПЭ до экономически обоснованного уровня. При этом уже в год внедрения МСП желательно получить от них наибольший экономический эффект, т.е. обеспечить рациональную последовательность выполнения этих мероприятий в течение отчетного периода (месяца, квартала, года). Особенно актуален этот вопрос для МСП, проводимых в электрических сетях 0,4-10 кВ, не требующих, как правило, крупных материальных и финансовых затрат и выполняющихся персоналом самих электросетевых организаций.

Объемы материальных ресурсов, необходимых для проведения МСП, определяются при их расчете. Далее возникает задача рационального использования трудовых ресурсов, которые может выделить организация в течение года на реализацию запланированных мероприятий.

Эту задачу можно сформулировать и решить следующим образом. Необходимо составить календарный план выполнения МСП, характеризующихся трудозатратами на их выполнение  $t_i$  и годовым эффектом  $\mathcal{E}_i$  ( $i=1, \dots, N_M$ ), который обеспечивал бы получение наибольшего суммарного эффекта за период планирования и был удобен с точки зрения его выполнения. В качестве годовых эффектов  $\mathcal{E}_i$  для каждого из  $N_M$  мероприятий может использоваться ожидаемое годовое снижение потерь от внедрения данного МСП, как это регламентировано в [1].

Период планирования разбивается на ряд интервалов  $N_H$  (месяцев или кварталов), причем для каждого интервала задается величина располагаемых трудоресурсов  $T_j$  ( $j=1, \dots, N_H$ ), которые могут быть выделены на проведение МСП. Трудозатраты  $t_i$  для организационных и технических МСП должны использоваться в полном объеме за один интервал периода планирования.

Разработанный годовой план МСП с одной стороны должен удовлетворять требованиям максимальной эффективности, а с другой – равномерности распределения трудозатрат по интервалам. О равномерной напряженности плана можно судить по примерному равенству коэффициентов использования трудоресурсов за периоды, которые определяются как отношение необходимых трудозатрат к выделяемым на данный интервал трудоресурсам. Эти требования противоречивы, т.к. максимального эффекта от МСП можно добиться, внедрив их все в начале планового периода. Однако при этом план получается максимально неравномерным. Таким образом, поставленная задача является оптимизационной, а в силу одновременности ряда МСП – еще и целочисленной. Поэтому для ее решения целесообразно использование методов целочисленного программирования [2].

Введем следующие обозначения:

$x_{ij}$  – переменная, принимающая в общем случае значения в интервале от нуля до 1, а для МСП, требующих одновременного выполнения, – дискретные значения 0 или 1 в зависимости от

того, выполняется мероприятие  $i$  в интервале  $j$  или нет, причем  $\sum_{j=1}^{N_H} x_{ij} = 1$ ;

$\tau_j$  – относительная продолжительность получения эффекта от мероприятия в течение периода планирования, которая для кварталов, например, может быть задана значениями 0,875; 0,625; 0,375; 0,125.

Тогда требованию максимальной эффективности плана МСП соответствует целевая функция

$$F_{\mathcal{E}}(x) = \sum_{j=1}^{N_H} \sum_{i=1}^{N_M} \mathcal{E}_i \tau_j x_{ij} \rightarrow \max \quad (1)$$

с наложенными ограничениями

$$\sum_{i=1}^{N_M} x_{ij} t_i \leq T_j, \quad j = 1, \dots, N_H. \quad (2)$$

Вместе с тем, величины располагаемых трудоресурсов по интервалам  $T_j$  обычно известны ориентировочно, поэтому для учета возможности их незначительного превышения имеет смысл в правой части выражения (2) ввести коэффициент возможного превышения трудозатрат над трудоресурсами  $k_{Hj} \geq 1$ , а для учета «ущерба» от этого превышения – ввести в (1) функцию штрафа вида

$$\varphi_{uj} = \max \left[ 0, Y_j (T_{3j} - T_j) \right], \quad (3)$$

где  $T_{3j} = \sum_{i=1}^{N_M} x_{ij} t_i$  – суммарные трудозатраты за  $j$ -й период.

Значения коэффициентов  $k_{Hj}$  и удельного «ущерба» от превышения трудоресурсов  $Y_j$  могут задаваться отдельно для каждого интервала, исходя из технико-экономических показателей работы предприятия. Величина  $Y_j$  определяет жесткость ограничений на превышение располагаемых трудоресурсов и регламентирует необходимость привлечения дополнительных сил на выполнение МСП.

С учетом функции штрафа (3) целевую функцию (1) и ограничения (2) можно переписать в виде

$$F_{\varnothing}(x) = \sum_{j=1}^{N_H} \left\{ \tau_j \sum_{i=1}^{N_M} \varnothing_i x_{ij} - \max \left[ 0, Y_j (T_{3j} - T_j) \right] \right\} \rightarrow \max \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{N_M} x_{ij} t_i \leq k_{Hj} T_j, \quad j = 1, \dots, N_H. \quad (5)$$

Целевая функция  $F_{\varnothing}(x)$  является суммой слагаемых по интервалам, т.е.

$$F_{\varnothing}(x) = \sum_{j=1}^{N_H} F_{\varnothing j}(x).$$

Поэтому задачу (4) – (5) можно разбить на  $N_H$  отдельных подзадач. Однако, учитывая, что  $\tau_j$  уменьшается с увеличением  $j$ , для обеспечения максимального эффекта следует решать эти подзадачи последовательно, начиная с первого интервала.

Задача может быть решена с помощью алгоритма «укладки ранца» целочисленного программирования. При этом последовательность расчета такова.

Для всех МСП определяются показатели  $\beta_i = \varnothing_i t_i$ ,  $i=1, \dots, N_M$ . Мероприятия ранжируются в порядке убывания показателей  $\beta_i$ , т.е.  $\beta_{k-1} \geq \beta_k$ ,  $k=2, \dots, N_M$ . Последовательно, начиная с первого интервала ( $j=1$ ), ранжированным переменным по порядку присваиваются максимально возможные значения  $x_{kj}$  до тех пор, пока не нарушится условие (5). При этом когда наступает момент

$$T_j \leq \sum_{i=1}^{N_M} x_{ij} t_i \leq k_{Hj} T_j$$

присвоение переменным  $x_{kj}$  максимальных значений осуществляется путем последовательного перебора всех МСП с  $x_{kj} < 1$  и проверки на постоянное возрастание текущего значения функции  $F_{\varnothing j}(x)$ . Осуществляется переход к следующему интервалу  $j+1$ , и процедура

расчета повторяется, но в рассмотрении участвуют только те МСП, для которых  $\sum_{j=1}^{N_H} x_{kj} < 1$ .

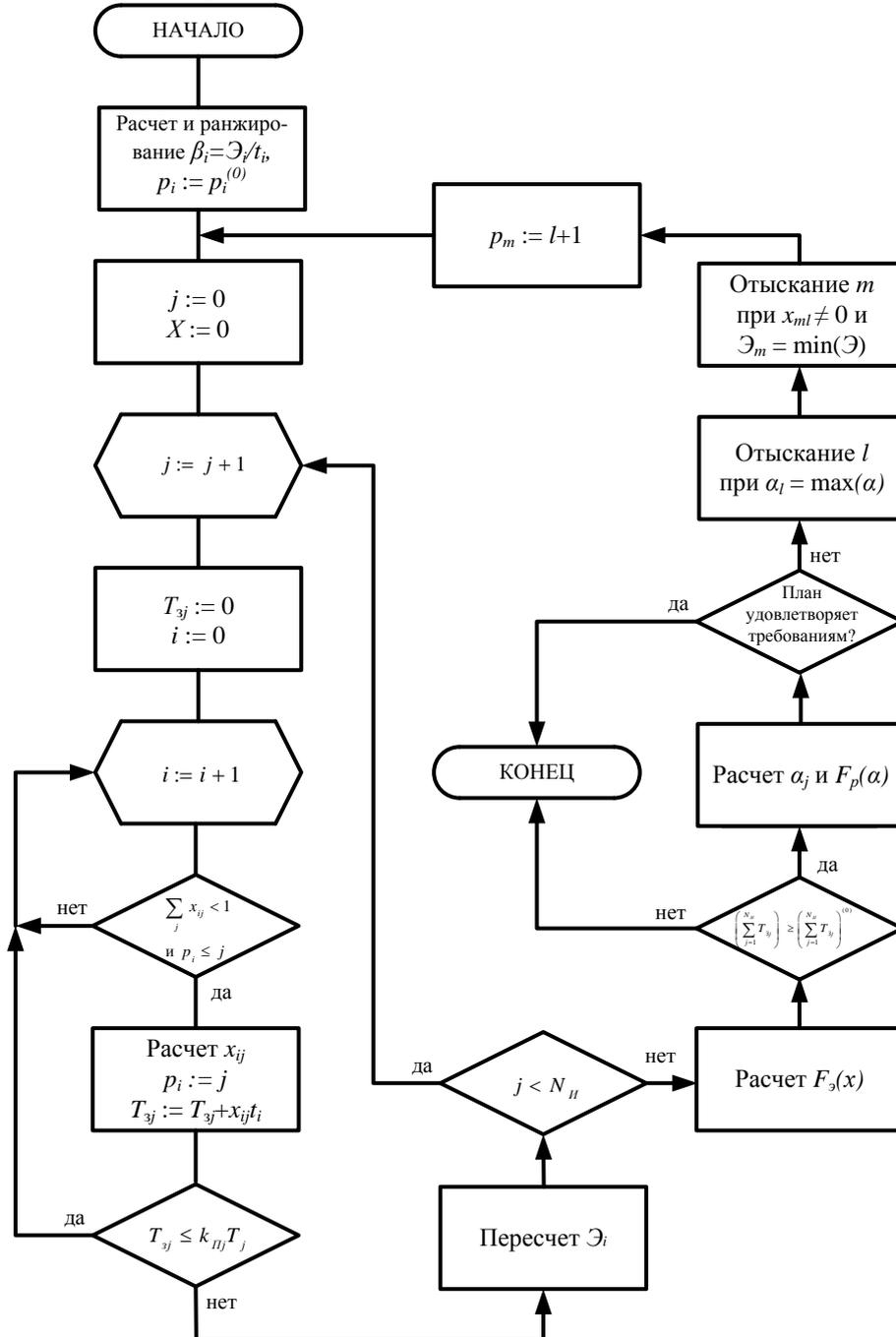
Задача решается последовательно для всех интервалов и определяется эффективный план МСП на плановый период. Однако очевидно, что этот план будет наименее равномерным. Например, в случае превышения выделяемых на период трудоресурсов над суммарными необходимыми трудозатратами на выполнение МСП первые интервалы будут более загруженными, чем последующие. План может оказаться и не самым эффективным за счет сравнительно высоких величин «ущербов» для первых интервалов.

Требование равномерной загруженности плана может быть достигнуто путем решения задачи минимизации суммы квадратов отклонений коэффициентов использования трудоресурсов от среднего:

$$F_p(\alpha) = \sum_{j=1}^{N_{II}} (\alpha_j - \bar{\alpha})^2 = \sum_{j=1}^{N_{II}} \alpha_j^2 - \frac{1}{N_{II}} \left( \sum_{j=1}^{N_{II}} \alpha_j \right)^2 \rightarrow \min \quad (6)$$

во внешнем по отношению к описанному алгоритму цикле. Здесь  $\alpha_j = T_{3j} / T_j$  – коэффициент использования трудоресурсов в  $j$ -м интервале.

Для решения задачи (6) предлагается следующий алгоритм направленного выравнивания первоначального неравномерного плана.



Рисунок– Блок-схема алгоритма рационального планирования МСП

Каждому мероприятию ставится в соответствие признак  $p_i$  ( $i=1, \dots, N_M$ ), значение которого равно номеру интервала, начиная с которого это МСП может включаться в план. В частности,

задавая этим признакам начальные значения  $p_i^{(0)}$ , можно учесть тот факт, что обеспечение МСП материалами и оборудованием осуществляется постепенно в течение года или само мероприятие носит сезонный характер. В общем случае  $p_i \geq 1$ .

После расчета первоначального плана выбирается интервал  $l$ , для которого коэффициент использования трудовых ресурсов  $\alpha_l$  имеет наибольшее значение. В этом интервале отыскивается мероприятие  $m$ , имеющее  $x_{ml} \neq 0$  и наименьшее значение эффекта  $\mathcal{E}_m$ . Для этого МСП значение признака  $p_i$  устанавливается равным  $l+1$ . Снова решается задача (4)-(5) с учетом новых значений  $p_i$ , т.е. каждое мероприятие включается в план, только начиная с интервала  $j = p_i$ .

По формуле (6) рассчитывается значение целевой функции  $F_p(\alpha)$  и если оно меньше предыдущего, то полученный на текущей итерации годовой план МСП запоминается. Затем расчет повторяется, начиная с выявления интервала с максимальным  $\alpha_l$ .

Таким образом, задача составления годового плана МСП в такой постановке сводится к минимизации функции (6) с учетом максимизации функции (4) на каждой итерации.

В качестве критерия окончания итерационного расчета можно использовать условие нарушения на какой-либо  $n$ -ой итерации соотношения

$$\left( \sum_{j=1}^{N_j} T_{zj} \right)^{(n)} \geq \left( \sum_{j=1}^{N_j} T_{zj} \right)^{(0)}. \quad (7)$$

Условие (7) указывает на тот факт, что количество МСП, включенных в выровненный план, не должно быть меньше, чем в первоначальном плане. Расчет может быть закончен также в случае достижения определенной степени выравнивания плана, удовлетворяющей расчетчика. На рисунке приведена блок-схема описанного алгоритма.

#### Список литературы:

1. Положение об организации в Министерстве промышленности и энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям / Утверждено приказом Минпромэнерго России от 4 октября 2005г. № 267.- 61 с.
2. Исследование операций. В 2-х томах. Т.1 Методологические основы и математические методы / Под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби // М.: Мир, 1981.- 712 с.

#### Перспективные направления реализации ресурсосберегающего управления технологическим процессом движения поездов

*Петуров В.И., Ташлыкова В.И., Шубин Д.А.*

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта, Россия г. Чита*

*Peturov\_vi@rambler.ru*

История развития цивилизации с технической точки зрения – это история создания, накопления и развития технологий, а любая технология подразумевает под собой использование энергии в той или иной форме.

Одним из основных приоритетов успешного функционирования любого производственно-технологического процесса и всей экономики в целом является эффективное использование топливно - энергетических ресурсов (ТЭР), и, в частности ресурсо- и энергосбережение. Ресурсо- и энергосбережение – это те проблемы, которые необходимо решать в любом государстве, независимо от уровня благосостояния.

Не является исключением в этом плане и такая область экономики как транспорт, в том числе железнодорожный.

В настоящее время большинство отечественных железных дорог переведено на электровозную тягу. Электрификация участков железных дорог продолжается согласно планов ОАО "РЖД". Электрифицированными железными дорогами выполняется более 90 % всего объема перевозок, при этом данный вид транспорта является крупным энергоемким потребителем и, как следствие, требует больших затрат электроэнергии, иных ТЭР. Доля потребления электрической энергии железными дорогами в России составляет 8% [1].

Расходы на тягу поездов и прочие нужды от общих эксплуатационных расходов составляют 12 %. Из затрат на топливно - энергетические ресурсы 77 % приходится на тягу поездов и 23 % на прочие нужды. В тарифах на перевозку грузов затраты на энергию составляют 10 %. Рост стоимости электроэнергии увеличит энергетическую составляющую затрат.

Значительное потребление электроэнергии железными дорогами и увеличение энергетической составляющей затрат позволяет считать энергосбережение на железнодорожном транспорте приоритетным направлением уменьшения эксплуатационных затрат.

Наибольший объем электропотребления (75...80)% осуществляется электроподвижным составом. Поэтому основные направления экономии электрической энергии связаны с техническим состоянием электровоза, уровнем его эксплуатации и организацией движения поездов. Электропотребление на тягу поездов определяется всей системой эксплуатации железной дороги.

Энергосбережение на железнодорожном транспорте выделилось в самостоятельное направление со следующими основными задачами:

- совершенствование методов анализа энергоемкости железнодорожного транспорта.
- обоснование наиболее целесообразных с экономической точки зрения путей сокращения энергозатрат;

Одним из перспективных направлений реализации энерго- и ресурсосберегающих мероприятий и, как следствие, повышения экономической эффективности эксплуатационной деятельности железнодорожного транспорта является принятие управляющих решений на основе оперативного мониторинга резервов провозной способности сети железных дорог [2]. Это позволит повысить эффективность перевозочного процесса в условиях конкуренции перевозчиков, наличия частных вагонных парков и других обстоятельств. При этом следует учитывать необходимость формирования оптимального энергоэффективного расписания движения поездов и оценку "стоимости нитки" графика, как технологического ресурса.

В рамках реализации направления по созданию и внедрению ресурсосберегающих технологий на Южно-Уральской железной дороге состоялся эксперимент по организации движения грузовых поездов по энергооптимальным "ниткам" графика [3]. Результаты эксперимента подтвердили высокую эффективность технологии организации движения грузовых поездов по энергосберегающим "ниткам" графика. Экономическая оценка результатов эксперимента показала, что за счет снижения расхода электроэнергии экономический эффект составил 22,8 млн. руб. Общий экономический эффект за счет снижения эксплуатационных расходов – 37,6 млн. руб.

Успешная реализация проекта системы построения прогнозных энергосберегающих графиков движения поездов позволит приступить к созданию сетевой модели движения поездов на наиболее грузонапряженных участках железных дорог.

#### Список литературы:

1. Молин Н.И. Лекции по дисциплине «Энергосбережение на железнодорожном транспорте». – Иркутск, ИрГУПС, 2003.
2. Виноградов С.А., Кирякин В.Ю., Анфиногенов А.Ю. Прогнозные энергосберегающие графики движения поездов. // Железнодорожный транспорт. - № 8, 2011. – С. 22 – 25.
3. Попов В.А. Организация вождения поездов по энергооптимальному графику: итоги эксперимента // Железнодорожный транспорт. - № 8, 2011. – С. 26 – 32.

#### Сравнительный анализ и оценка эффективности электропотребления на технологических участках меднорудного карьера

*Пичуев А.В., Петров А.А., Овсянников Н.Б.*

*Московский государственный горный университет, Россия, Москва*

[allexstone@mail.ru](mailto:allexstone@mail.ru)

В основу анализа электропотребления технологических участков РОР «ЭРДЭНЭТ» были положены плановые и фактические данные по объемам добываемого полезного ископаемого и ежемесячному расходе электроэнергии по основному карьеру, включающему в себя: участок буровой, участок экскавации участка дороги и отвалов, завод ВВ, УЦРГО, УЦРЭ; по центральному участку, ДСУ и в целом по РОР.

Предварительный анализ показал, что плановые и фактические показатели расхода электроэнергии подчиняются нормальному закону распределения.

Для определения энергетических характеристик технологических комплексов и установок использовался корреляционно-регрессионный метод.

Зависимости месячного расхода электроэнергии по РОР и на основных технологических участках от месячной производительности приведены на рис.1÷4.

Анализ зависимостей технологического и удельного расходов электроэнергии по РОР (рис.1) показал, что выход на плановые показатели обеспечивается только при производительности  $Q \geq 1450$  тыс.м<sup>3</sup>/мес., а оптимальными являются при производительности  $Q \geq 1550$  тыс.м<sup>3</sup>/мес. По основному карьере в плановые показатели (рис.2) заложено заведомое увеличение технологического расхода электроэнергии, при этом выход на его оптимальный уровень возможен только при уровне месячной производительности  $Q \geq 1575$  тыс.м<sup>3</sup>.

Устойчивые показатели технологического расхода электроэнергии приходятся на  $Q = 1450 \div 1550$  тыс.м<sup>3</sup>. При снижении производительности фактический технологический расход электроэнергии по основному карьере возрастает. В целом удельный расход электроэнергии по основному карьере оказывается незначительно больше плановых показателей, приближаясь к оптимальному значению при месячной производительности  $Q = 1500$  тыс.м<sup>3</sup>.

По участку экскавации в плановые показатели (рис.3) заложено увеличение технологического расхода электроэнергии, при этом выход на оптимальный уровень возможен только при месячной производительности  $Q \geq 1525$  тыс.м<sup>3</sup>. Устойчивые показатели технологического расхода электроэнергии приходятся на  $Q = 1475 \div 1525$  тыс.м<sup>3</sup>/мес. По показателям удельного расхода электроэнергии на участке экскавации за контрольный период на плановые показатели выйти не удалось.

На участке бурения устойчивый уровень соответствия плановых и фактических показателей технологического и удельного расходов электроэнергии достигается при месячной производительности  $= 27,5 \div 28,5$  тыс.п.м. При этом в случае снижения производительности технологический и удельный расход электроэнергии возрастает.

В результате статистического анализа режимов энергопотребления в целом по РОР и на технологических участках было установлено следующее.

Общий расход электроэнергии на РОР состоит из нескольких частей:

– расход на основной технологический процесс. Данный расход в определенной мере зависит от простоев оборудования, т.е. если экскаватор не грузит или буровой станок не бурит, а двигатель генератора и вспомогательное оборудование при этом потребляют электроэнергию, т.е. расход электроэнергии имеется, а производство стоит. Для объективной оценки в любой период времени как экономично работала каждая единица техники (сколько машино-часов отработано, сколько отгружено руды (породы) или пробурено метров и сколько при этом затрачено электроэнергии) необходимо, чтобы велся индивидуальный учет расхода электроэнергии по каждому экскаватору или станку;

– расход на собственные нужды (освещение, отопление, вспомогательное оборудование, механические мастерские, столовая и т.д.). Данный расход электроэнергии носит сезонный характер и зависит от температуры окружающей среды, количества осадков, освещенности и др.;

– потери электроэнергии в линиях электропередачи. Данный расход электроэнергии обусловлен значительной удаленностью от ближайшего источника электроэнергии Гусиноозерской ГРЭС (407 км).

В связи с этим установлено, что при снижении объемов производства доля расхода электроэнергии на собственные нужды и потери в линии электропередачи по отношению к общему расходу на основной технологический процесс растут и, как следствие, растет удельный расход. При увеличении объемов производства данный показатель улучшается.

Рудник открытых работ ведет горные работы в смещенной зоне первичных и вторичных руд со значительным колебанием содержания руды, что влечет за собой более тщательный подход к шихтовке руды, подаваемой на обогатительную фабрику. Так по объемным показателям достаточно было бы трех экскаваторов для подачи руды на ОФ, но для снижения колебания по содержанию необходимо держать четыре – пять экскаваторов с неполной загрузкой, что приводит к повышенному расходу электроэнергии.

При составлении плана удельного расхода электроэнергии невозможно учесть такие факторы, как качество забоя, проходка съезда, перекидка горной массы, климатические условия (суровая зима) и т.д. Поэтому не удается выходить на плановый показатель в зимний период ведения работ.

Плановые показатели технологического и удельного расхода рассчитываются в ноябре-декабре, дифференцируются по месяцам и кварталам на основании плана производства комбината и результатам геологоразведочных работ. При этом всегда имеет место расхождение ожидаемого и фактического качества руды, что приводит к изменению плановой разработки рудного тела, т.е. добыча ведется с других участков.

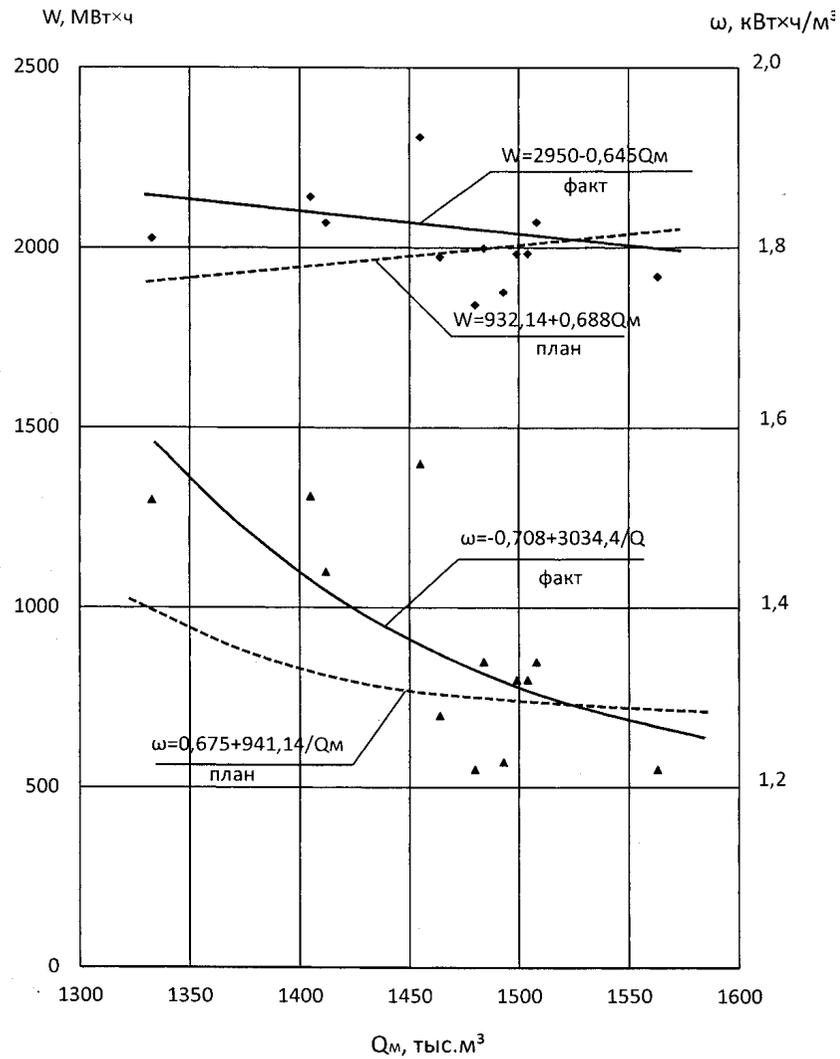


Рис.1. Зависимости технологического и удельного расхода электроэнергии от месячной производительности по PDP

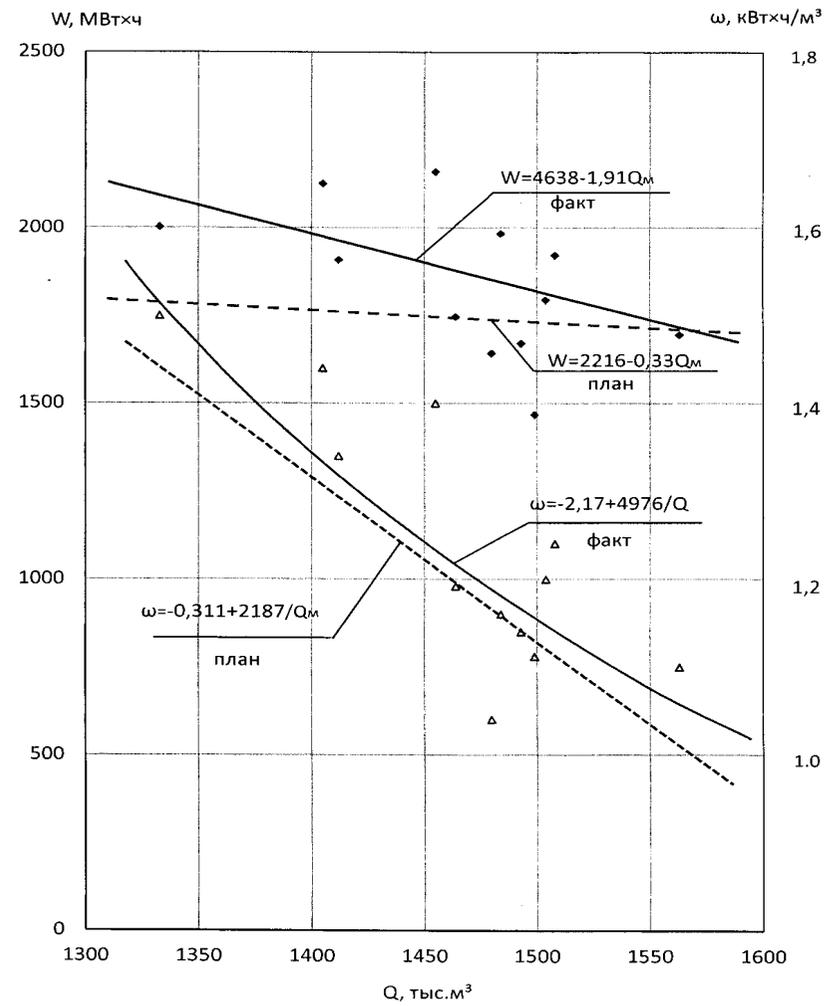


Рис.2. Зависимости технологического и удельного расхода электроэнергии по основному карьере

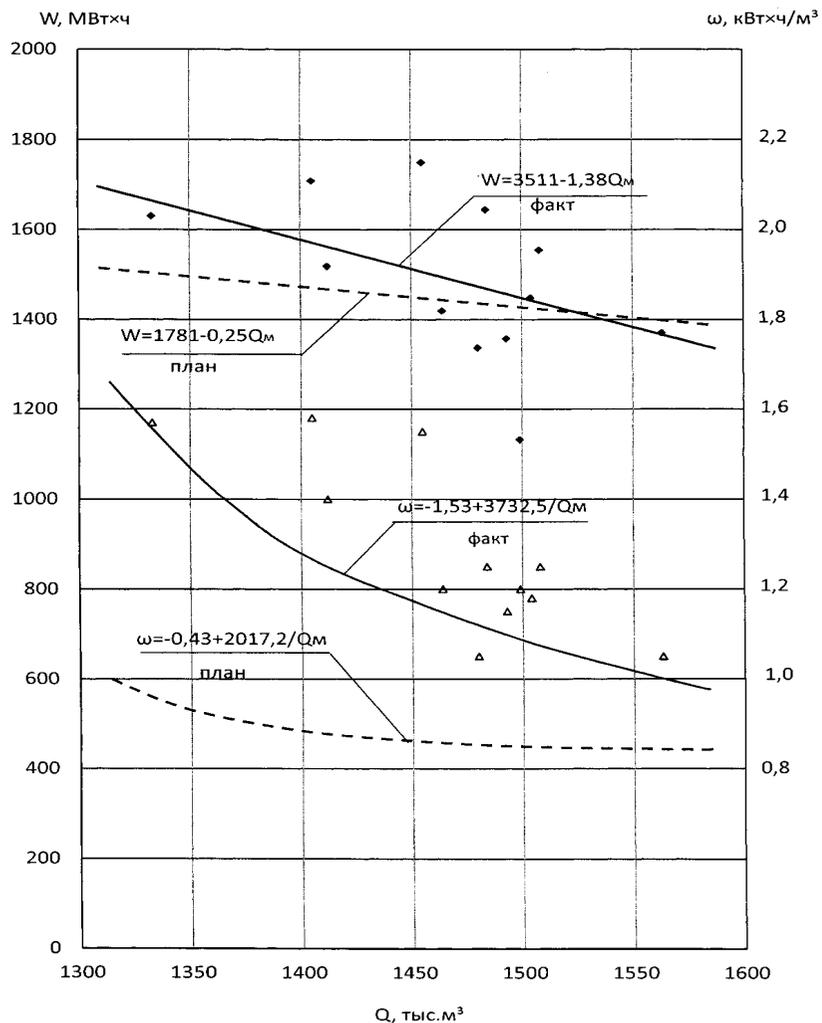


Рис.3. Зависимость расхода электроэнергии по участку экскавации от производительности по горной массе

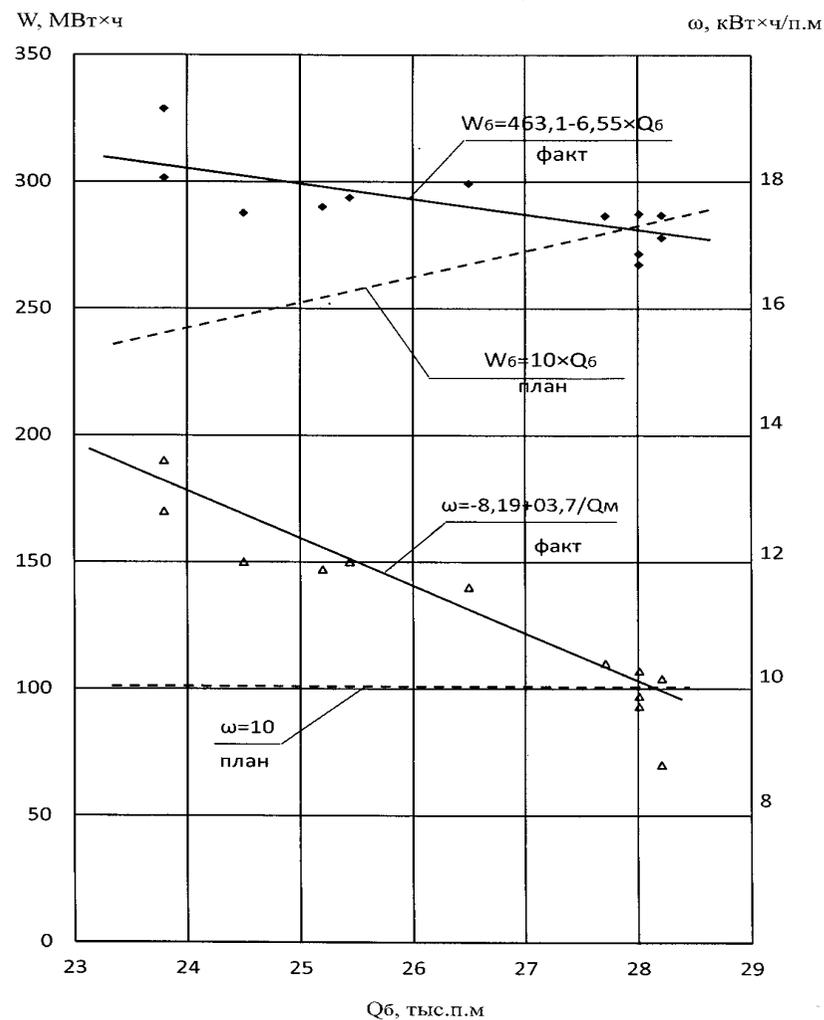


Рис.4. Зависимости технологического и удельного расхода электроэнергии по буровому участку от производительности по бурению

Постоянно ведется сверхплановое шихтование руды, что обуславливает дополнительный расход электроэнергии. Удельный расход электроэнергии и как следствие общий расход энергии (денежные затраты) утверждаются советом совместного предприятия и не подлежат изменению (корректировки) в течение года. Все это обуславливает расхождение показателей сезонного планирования экономической службой рудника, ПТО и ОГЭ и результатов фактического производства.

В конце года количественный общий расход электроэнергии растет в связи с выполнением дополнительного задания сверх плана, в то время, как затраты на его выполнение не планируются и принимаются как факт получения дополнительной продукции (медного концентрата).

Полученные в результате анализа энергетические характеристики могут быть использованы при планировании и прогнозировании электропотребления по технологическим участкам и обосновании норм расхода электроэнергии.

### Анализ динамики электропотребления на технологических участках меднорудного карьера

*Пичуев А.В., Петров А.А., Овсянников Н.Б.*

*Московский государственный горный университет, Россия, Москва*

[allexstone@mail.ru](mailto:allexstone@mail.ru)

Месторождение медно-молибденовых руд Эрдэнэтийн-Овоо расположено в Монголии, в 400 км к северо-западу от г. Улан-Батор, на территории Булганского аймака, и представляет собой штокерв, который в плане имеет размер 2,5÷1,3 км.

Горно-обогатительный комбинат "Эрдэнэт" является объектом монголо-российского сотрудничества, осуществляемого в рамках совместного предприятия. Он включает в себя рудник открытых работ, обогатительную фабрику, тепловую станцию, ремонтно-механический завод с литейным производством, другие объекты вспомогательного назначения. К ГОКу подведена ЛЭП от Гусиноозёрской ГРЭС (407 км).

Объектом исследования являлись плановые и фактические данные электропотребления технологических участков в зависимости от объемов добываемого полезного ископаемого. Одним из аспектов энергетического обследования являлся анализ динамики электропотребления по отдельным участкам и в целом по РОР с целью оценки характера изменения основных показателей электропотребления и установления соответствующих зависимостей.

Исследования выполнялись методами статистической обработки данных с использованием спектрального анализа и представления временных зависимостей в виде рядов Фурье.

Уравнения динамики изменения месячной производительности по общему объему добываемой руды и соответствующему расходу электроэнергии по основному карьеру, включающем в себя участок буровой, участок экскавации участок дороги и отвалов, завод взрывчатых ВВ, УЦРГО, УЦРЭ, центральный добычной участок, дорожно-строительное управление и в целом по РОР, приведены в табл.1. Также указаны коэффициент корреляции и величина среднеквадратического отклонения расчетных и фактических параметров.

Динамика изменения технологического расхода электроэнергии по участку экскавации и по буровому участку представлена соответственно на рис.1 и рис.2.

Анализ динамики плановых показателей производительности показывает ее достаточную стабильность в течение года ( $^3/\text{мес.}$ ) с незначительным снижением в период с середины октября по конец февраля ( $^3$  - декабрь). Наибольшая интенсивность работ приходится на период с марта по сентябрь ( $^3$  - июнь). Фактический рост электропотребления в указанные периоды по отношению к плановым показателям оказываются значительно выше:  $^3/\text{мес.}$ ,  $^3$ ,  $Q_{\text{мэкс.фэкт.}} = 1563 \text{ тыс. м}^3$ . При этом следует отметить, что выйти на оптимальный уровень по удельному расходу электроэнергии, соответствующему фактической месячной производительности  $Q_{\text{опт.}} = 1550 \text{ тыс. м}^3$ , удалось только 1 раз - в июле. В целом динамика производительности имеет выраженный сезонный характер, с тенденцией снижения в осеннее-зимний период с небольшим ростом декабре, обусловленным сверхплановой добычей.

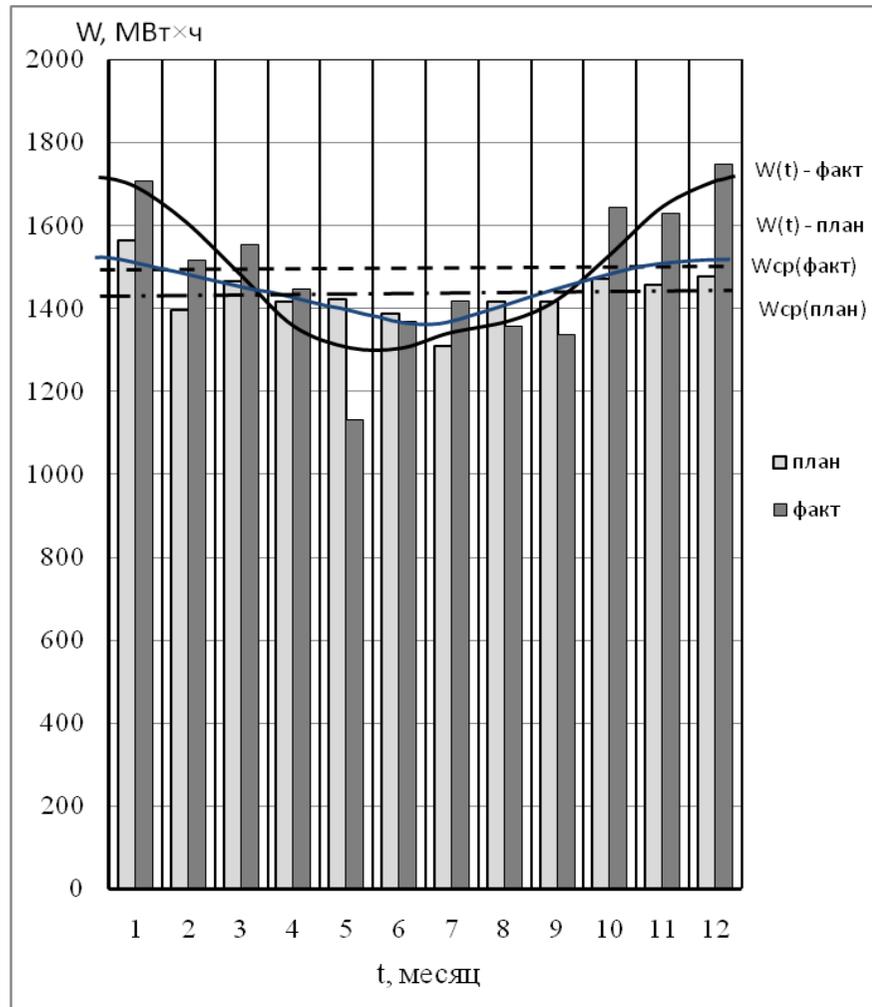


Рис.1. Динамика изменения технологического расхода электроэнергии по участку экскавации

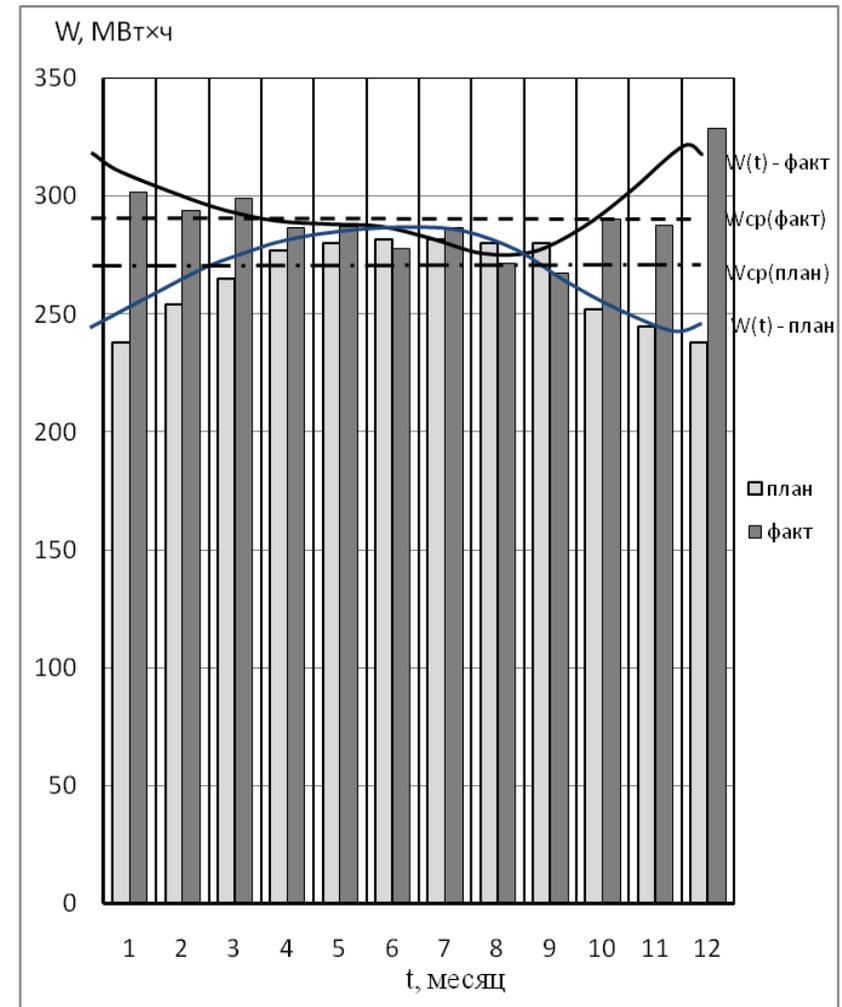


Рис.2. Динамика изменения технологического расхода электроэнергии по буровому участку

Таблица 1

Динамика изменения расхода электроэнергии и производительности участков по РОР в 2012 г.

Показатель		Уравнение	<i>R</i>	<i>σ</i>
Производительность по горной массе, тыс.м <sup>3</sup>	план	$Q = 1375 - 69,56\cos t + 42,25\sin t - 28,75\cos 2t + 29,59\sin 2t$	0,92	26,72
	факт	$Q = 1466,7 - 48,62\cos t + 33,59\sin t - 11,25\cos 2t + 6,21\sin 2t$	0,75	38,14
Расход электроэнергии по РОР, МВт×ч	план	$W = 1878 - 19,17\cos t + 52,72\sin t - 12,83\cos 2t + 37,54\sin 2t$	0,82	34,21
	факт	$W = 2016,1 + 134,37\cos t + 7,97\sin t + 43,25\cos 2t - 54,46\sin 2t$	0,9	51,77
Расход электроэнергии по основному карьеру, МВт×ч	план	$W = 1756,6 + 59\cos t - 9,1\sin t - 12,59\cos 2t - 3,32\sin 2t$	0,75	37,92
	факт	$W = 1843,75 + 231,47\cos t - 86,9\sin t + 49\cos 2t - 26\sin 2t$	0,9	87,7
Расход электроэнергии по участку экскавации, МВт×ч	план	$W = 1432,4 + 60,4\cos t - 15,9\sin t - 9,1\cos 2t - 7,07\sin 2t$	0,76	38,7
	факт	$W = 1488,75 + 185,8\cos t - 91,3\sin t + 34,3\cos 2t - 16,7\sin 2t$	0,87	85,5
Расход электроэнергии по буровому участку, МВт×ч	план	$W = 264,5 - 21,54\cos t + 8,6\sin t - 2,8\cos 2t + 4,96\sin 2t$	0,98	3,02
	факт	$W = 289,8 + 15,78\cos t + 1,72\sin t + 4,5\cos 2t - 7,26\sin 2t$	0,84	8,2

Анализ динамики технологического расхода электроэнергии в целом по РОР показывает, что в период с февраля по сентябрь плановые и фактические показатели практически совпадают, а в зимний период имеется значительное расхождение, что обусловлено сокращением объемов добычи (на 12,6%) и повышенным электропотреблением в отопительный период (на 22,1% выше плановых показателей).

Наиболее выражена сезонность в динамике электропотребления участка экскавации и на буровом участке (рис.1 и рис.2). Если в период с апреля по сентябрь плановые и фактические показатели электропотребления практически совпадают, то с октября по март эти расхождения значительны и достигают максимума в декабре-январе (15,5% - по экскавации; 27,5% - по бурению).

В общем балансе электропотребления на долю участка экскавации приходится 81% , на долю участка буровой – 16%, на прочие – 3%.

Сравнительный анализ динамики плановых и фактических показателей электропотребления по центральному участку показал, их фактическое совпадение, за исключением мая и декабря, когда участок был загружен с превышением на 120% (фактически в период с октября по февраль участок законсервирован).

Динамика изменения технологического расхода электроэнергии по участку дороги и отвалов по плановым и фактическим показателям практически совпадает. При этом сохраняется общая тенденция превышения фактического расхода электроэнергии над плановыми в зимний период времени (на 45% - в январе).

Динамика изменения технологического расхода электроэнергии по заводу ВВ также имеет явно выраженный сезонный характер с превышением фактических показателей в зимний период от 18% до 36%.

Динамика изменения технологического расхода электроэнергии по ДСУ не отражает зависимости между плановыми и фактическими показателями, т.к. первые устанавливаются фиксированными на одном уровне (8000 кВт×ч/мес.), а вторые – в зависимости от объемов текущего строительства и технологических возможностей ДСУ (от 7500 до 35000 кВт×ч/мес.).

Фактические показатели удельного расхода электроэнергии технологических участков, отнесенные к общей производительности карьера РОР за прошедший период составили: на участке экскавации – 1,015кВт×ч/м<sup>3</sup>, на участке буровой – 0,198 кВт×ч/м<sup>3</sup>, в целом по карьеру – 1,257 кВт×ч/м<sup>3</sup>, в целом по РОР – 1,375 кВт×ч/м<sup>3</sup>.

В результате анализа электропотребления на технологических участках и в целом по РОР были получены статистические зависимости в виде динамических рядов, позволяющие выполнить сравнительный анализ плановых и фактических показателей расхода электроэнергии и соответствующей производительности по объемам добываемой руды.

Использование данных зависимостей наглядно показывает сезонный характер энергопотребления, позволяет на стадии планирования учесть данные наблюдений за предшествующие календарные периоды и сбалансировать режимы работы технологических участков на последующие периоды работы, обосновать нормы удельного расхода электроэнергии.

#### **Оптимальная загрузка газотурбинных и газопоршневых агрегатов**

*Обоскалов В.П., Кирпикова И.Л., Померанец Д.И. \**

*Уральский федеральный университет, Россия, г. Екатеринбург*

*\*ОАО «ЕЭСК», Россия, г. Екатеринбург*

[upo1704@mail.ru](mailto:upo1704@mail.ru)

Экономическая эффективность устройств распределенной генерации, к числу которых в первую очередь относятся газотурбинные и газопоршневые установки (в дальнейшем обобщенно называемые как газодвигательные установки – ГДУ), зависит от стратегии его загрузки. Здесь возможны различные сценарии: работа ГДУ в пиковой зоне графика цены на рынке электроэнергии (ЦГ), в базе с непрерывной генерацией тепловой и электрической энергии, по переменному графику, согласованном с суточным графиком цены, в качестве резервного источника питания и др. В любом случае стратегия загрузки ГДУ в течение суток и в зависимости от сезонности является значимым фактором при технико-экономическом обосновании их сооружения.

Качественное решение о пропорциональности дохода и коэффициента корреляции  $k(\varpi, P)$  между ценой и мощностью

1

$$\begin{aligned} D &= \bar{\varpi}\bar{P} + \text{Cov}(\varpi, P) = \bar{\varpi}\bar{P} + \sigma_{\varpi}\sigma_P k(\varpi, P) = \vartheta\bar{\varpi}\bar{P}, \\ \vartheta &= 1 + \nu_{\varpi}\nu_P k(\varpi, P) \end{aligned} \quad (1)$$

не всегда соответствует максимальному чистому дисконтированному доходу (ЧДД). В выражении (1)  $\bar{\varpi}, \bar{P}, \sigma_{\varpi}, \sigma_P, \nu_{\varpi}, \nu_P$  – математические ожидания, среднеквадратические отклонения коэффициенты вариации соответственно цены и мощности ГДУ;  $\text{Cov}(\varpi, P)$  – корреляционный момент между ценой и мощностью.

Нельзя делать вывод, что максимальный ЧДД соответствует  $k(\varpi, P) = 1$ . Наличие дисперсии  $\sigma_P^2$  генерации при пропорциональном регулировании  $P_t = c \cdot \varpi_t$  приводит к отклонению генерируемой мощности от максимальной и, в результате, к снижению среднегодовой выработки электроэнергии, что в конечном итоге может привести к снижению ЧДД.

Действительно, рассмотрим две стратегии работы ГДУ при производстве только электроэнергии:

работа ГДУ в базе с максимальной загрузкой. При этом корреляционный момент  $\text{Cov}(\varpi, P) = 0$ ;

работа ГДУ по графику рыночной цены  $P_t = c \cdot \varpi_t$ ,  $\sigma_P \neq 0$  При этом  $k(\varpi, P) = 1$ .

При анализе эффективности текущей загрузки РГ основным критерием является максимум суточной прибыли, которую в режиме производства только электроэнергии, с учетом (1) можно записать в виде:

$$\Pi = \sum_{t=1}^{24} \varpi_t P_t - \sum_{t=1}^{24} B(P_t) = \vartheta \cdot \bar{\varpi} \cdot W - \sum_{t=1}^{24} B(P_t). \quad (2)$$

Здесь  $B(P)$  – характеристика затрат на производство электроэнергии (расходная характеристика), где превалирует топливная составляющая. При линейности  $B(P) = cP$ , где  $c$  – себестоимость производства электроэнергии топливные затраты также можно представить через математическое ожидание мощности, в результате чего ((2) преобразуется к виду

$$\Pi = (\vartheta \cdot \bar{\varpi} - c)W.$$

В первом случае (работа с максимальной нагрузкой) коэффициент корреляции между ценой электроэнергии и нагрузкой генератора равен нулю. Отсюда, согласно (1)  $\vartheta = 1$  и суточная прибыль

$$\Pi_1 = 24(\bar{\varpi} - c)P_{\max}^{\Gamma} \quad (3)$$

Данное соотношение математически доказывает почти тривиальный вывод – в силу аддитивности функции прибыли, при неучете пусковых характеристик, для выполнения условия  $\Pi_t > 0$  необходимо отключать ГДУ на интервалах где рыночная цена электроэнергии ниже себестоимости ее производства на ГДУ. Выражение ((3) было получено при условии неизменности нагрузки на суточном интервале. Однако оно справедливо для интервала любой длительности, в том числе и часового. Отсюда сделанный вывод имеет обобщающий характер.

Во втором варианте (работа генератора с переменной нагрузкой) наибольший экономический эффект имеет место при коэффициенте корреляции между ценой электроэнергии и мощностью генератора равном единице (мощность ГДУ пропорциональна цене). В этом случае

$$\Pi_2 = \left[ (1 + \nu_{\varpi}\nu_P) \bar{\varpi} - c \right] W. \quad (4)$$

Принимая во внимание инженерное правило двух сигм (правило, приемлемое для определения расчетных нагрузок в системе электроснабжения, приближенно можно считать

$$\bar{P} \approx P_{\max} - 2\sigma_P = P_{\max} - 2\nu_P \bar{P}.$$

Отсюда

$$\bar{P} = \frac{P_{\max}}{1 + 2\nu_P},$$

а выражение (4) можно записать в виде

$$\Pi_2 = 24 \left[ \bar{c} - c + \nu_{\text{ц}} \nu_P \bar{c} \right] \frac{P_{\max}}{1 + 2\nu_P}.$$

Повариантная разница прибыли

$$\Pi_1 - \Pi_2 = 24 P_{\max} \left[ \bar{c} - c - \left( \bar{c} - \beta_{\text{ц}}^T + \nu_{\text{ц}} \nu_P \bar{c} \right) \frac{1}{1 + 2\nu_P} \right].$$

Эта разность положительна, если

$$\left( \bar{c} - \beta_{\text{ц}}^T \right) (1 + 2\nu_P) - \left( \bar{c} - \beta_{\text{ц}}^T + \nu_{\text{ц}} \nu_P \bar{c} \right) > 0.$$

Простые математические преобразования приводят к условию:  $\Pi_1 - \Pi_2 > 0$  при

$$\sigma_{\text{ц}} < 2(\bar{c} - c).$$

Таким образом, на интервалах, где цена электроэнергии выше себестоимости ее производства на ГДУ, при относительно малом колебании суточной цены оптимальной стратегией является работа ГДУ в базе, с максимальной загрузкой, в то время, как при достаточно большой дисперсии цены – работа ГДУ по графику цены (мощность ГДУ пропорциональна цене).

Пусть  $\text{ц} = 1,5 \text{ р/кВтч}$ ;  $\text{с} = 1,2 \text{ р/кВтч}$ . Здесь работа ГДУ в базе выгодна, если  $\sigma_{\text{ц}} < 0,6 \text{ р/кВтч}$  или если рыночная цена электроэнергии колеблется в пределах  $(0,3 - 2,7) \text{ р/кВтч}$ . Однако, если цена топлива увеличивается на 20%  $\text{с} = 1,44 \text{ р/кВтч}$  диапазон экономичности работы ГДУ в базе сокращается до  $(1,33 - 1,62) \text{ р/кВтч}$ , согласно критерию  $\Pi_1 - \Pi_2 > 0$  необходимо  $\sigma_{\text{ц}} < 0,06$ . Реальное суточное колебание цены значительно больше, и становится выгодным режим загрузки, пропорциональной цене.

Выше показано, что при определенных условиях работа ГДУ с постоянной (максимальной) генерацией более выгодна, нежели работа с пропорциональной загрузкой. Возникает вопрос об оптимальности максимальной нагрузки. Возможно, что работа с постоянной нагрузкой, отличной от максимальной, более эффективна, нежели работа с максимальной загрузкой.

При фиксированной и функционально неизменной на часовом интервале нагрузке ГДУ суточная прибыль:

$$\Pi = \sum_{t=1}^{24} \Pi_t = \sum_{t=1}^{24} \left[ \text{ц}_t P_t - \text{ц}_T B(P_t) \right] = \sum_{t=1}^{24} \left[ \text{ц}_t - \text{ц}_T b(P_t) \right] P_t, \quad (5)$$

где  $B(P_t)$ ,  $b(P_t) = B(P_t)/P_t$  – соответственно часовой и удельный расход топлива, соответствующий мощности  $P_t$ .

При отсутствии интегральных ограничений в силу аддитивности (5)  $\max(\Pi) = \sum_{t=1}^{24} \max(\Pi_t)$ .

Отсюда оптимальным режимом работы ГДУ является работа с мощностью, в каждый момент времени, удовлетворяющей условию минимального удельного расхода топлива

$$\max \left[ \text{ц}_t^S - \text{ц}_T b(P_t^F) \right] = \text{ц}_t^S - \min \left\{ \text{ц}_T b(P_t^F) \right\}.$$

Нелинейность характеристики затрат

Известно, что расходная характеристика энергоагрегата близка к квадратичной

$$B(P) = aP^2 + bP + c.$$

Отсюда характеристика удельного расхода топлива имеет гиперболический характер

$$b(P) = B(P)/P = aP + b + c/P.$$

Однако наличие линейной составляющей приводит к тому, что  $b(P)$  имеет локальный минимум, соответствующий условию

$$\frac{d}{dP}b(P) = a - c/P^2 = 0.$$

Этому условию удовлетворяет мощность.

Можно показать, что данной мощности соответствует максимальный КПД установки. Действительно, КПД, выраженный через энергетическую характеристику топлива

$$\eta = W / \beta[B(P)t] = \frac{P}{\beta B(P)} = \frac{1}{\beta b(P)}, \quad (6)$$

где  $\beta$  – энергетический коэффициент топлива (для натурального газа  $\beta = 10,8$  кВтч/м<sup>3</sup>).

Согласно ((6) минимальному удельному расходу (условие **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) соответствует максимальный КПД, что и требовалось показать.

В свою очередь, КПД установки, является функцией от мощности ГДУ. При этом согласно техническим характеристикам ГПУ и ГТУ максимальный КПД соответствует максимальной мощности. Отсюда если рыночная цена электроэнергии выше себестоимости ее производства на ГДУ, то оптимальным режимом работы является работа с максимальной мощностью. Следует отметить, что в силу достаточно большой пологости удельных затрат вблизи точки минимума, небольшое отклонение мощности ГДУ от оптимальной практически не влияет на экономичность режима.

Как было сказано выше, если рыночная цена электроэнергии ниже себестоимости ее производства на ГДУ, то ГДУ должен быть отключен. В результате формируется экономический диапазон () мощности генератора, где минимальная (по критерию экономичности) нагрузка определяется из условия

$$\alpha_T b(P_{\min}) = \alpha, \quad (7)$$

а – условием максимальности КПД.

Режим когенерации

Энергоснабжение от когенерационной установки позволяет снизить ежегодные расходы на электро- и теплоснабжение по сравнению с централизованным энергоснабжением примерно на \$100 за каждый кВт номинальной электрической мощности когенерационной электростанции, в том случае, когда когенерационная установка работает в базовом режиме генерации энергии (при 100% нагрузке круглогодично). Это возможно, когда когенерационная установка питает нагрузку в непрерывном цикле работы, или если она работает параллельно с сетью, с возможностью выдачи энергии в сеть без ограничения.

Тепловая мощность ГДУ, как правило, пропорциональна электрической, . Поскольку электрическая мощность является первичной по отношению к тепловой, то удельные затраты определяются электрической мощностью и основным вывод об экономичности максимальной нагрузки распространяется и на режим когенерации. Некоторая специфика относится к зоне минимальной (по критерию экономичности) нагрузки.

Условие **Ошибка! Источник ссылки не найден.** для режима когенерации принимает вид

$$\Pi = \sum_{t=1}^{24} \Pi_t = \sum_{t=1}^{24} \left[ \alpha_t^{ЭЭ} P_t^{ЭЭ} + \alpha_t^{ТЭ} P_t^{ТЭ} - \alpha_T B(P_t^{ЭЭ}) \right] = \sum_{t=1}^{24} \left[ (\alpha_t^{ЭЭ} + \alpha_t^{ТЭ} \mu) P_t^{ЭЭ} - \alpha_T B(P_t^{ЭЭ}) \right]$$

Отсюда условием экономической необходимости отключения ГДУ является

$$(\alpha_t^{ЭЭ} + \alpha_t^{ТЭ} \mu) \geq \alpha_T b(P_t^{ЭЭ})$$

или

$$b(P_t^{ЭЭ}) \leq \frac{C_t^{ЭЭ} + C_t^{ТЭ} \mu}{C_T}$$

Нетрудно видеть, что экономический диапазон мощности генератора в режиме когенерации расширяется по сравнению с диапазоном, определяемым (7). Это объясняется снижением удельных затрат в режиме когенерации.

Вывод. Математически доказано, что основным режимом работы газотурбинных и газопоршневых установок является режим максимальных нагрузок при условии, что себестоимость производства энергии ниже ее рыночной цены.

#### Список литературы:

1. Обоскалов В.П., Померанц Д.И. Оценка эффективности сооружения распределённой генерации с учетом динамики цен на энергоносители //Промышленная энергетика, 2013. №9. С.2-7.

### Проблемы обеспечения надёжность электроснабжения города Душанбе и пути его решения Рахимов Ф.М., Касобов Л.С.

Таджикский Технический Университет имени академика М.С. Осими  
[loiknstu@mail.ru](mailto:loiknstu@mail.ru)

Для питания потребителей, расположенных на территории городов, создаются системы электрических сетей, которые по сравнению с электрическими сетями энергетических систем имеют свои характерные особенности. Сети образуют специфические системы электроснабжения городов. Различают электро-снабжающие сети напряжением 35 – 110 кВ и выше и распределительные сети напряжением 0,4 и 6-10 кВ.

До недавнего времени проблема надежности ограничивалась вопросами обеспечения передачи потребителю количества электрической энергии в рассматриваемый промежуток времени. С этой целью изучались закономерности появления различных нарушений в системе электроснабжения, на основе которых имеется возможность получить показатели надежности [2].

В настоящее время электро-снабжающую сеть города Душанбе составляет сети 35 – 110 кВ и распределительные сети 0,4 и 6-10кВ. Данные ЛЭП городские электрические сети г. Душанбе приведем в табл. 1 [1].

Таблица 1. Данные ЛЭП городские электрические сети г. Душанбе

Класс напряжений, кВ	Протяженность, км		
	Всего ЛЭП	Из них	
		ВЛ	КЛ
110	27	27	--
35	28,831	15	13,831
6 - 10	1006,575	241,936	764,639
0,4	1610,087	904,603	705,484
Итого:	2672,493	1188,539	1483,954

**Внешнее электроснабжения.** Основными питающими линиями электрической системы города являются ВЛЭП – 110кВ которые соединяют электрической сети города с энергетической системой из трех узловых подстанции («Новая» -220/110/10кВ, «Орджоникидзеабд-2» 220/110/35/6кВ и «Джангал» 220/110/35/6кВ) и все линии представляют собой разомкнутую кольцо. Такая схема электроснабжения естественно не может полностью обеспечивать надежность электроснабжения города. Также от этих подстанции питаются и другие города и близ лежащие районы. Подстанции в нормальных режимах имеют некоторую загрузку, что при отключении одного трансформатора другая не может обеспечивать аварийную или режимную перегрузку.

**Внутреннее электроснабжение.** Согласно законам надежности для обеспечения надежности и резервирования генерирующей мощности при нарушении внешней сети электроснабжения, требуется строительство генерирующих мощностей непосредственно вблизи центра нагрузки, которая могла бы обеспечивать максимума нагрузки при аварии. В городе существует Душанбинская ТЭЦ мощностью 220 МВт (110/35/6кВ) которая составляет примерно 41,1 % мощности максимум нагрузки (рис. 1) или 21,1% от установленной мощности всех

подстанций города. Но в связи с нехваткой топливных ресурсов последние годы не вырабатывается электрическая энергия и его роль в энергообеспечении города незначительно.

По состоянию на 2012 года электроснабжение города Душанбе осуществляется через 32 понизительной подстанции 110/35/10/6кВ общей установленной мощности 1041,3 МВА. Годовая потребляемая электроэнергия города составила по итогам 2012 года 2663,6 млн. кВт/час [1]. Но анализы показывают, что это количество потребленной электроэнергии может быть на 15-18% больше, если не многочисленные перебои в электроснабжении потребителей. Эти перебои связаны с тем, что последние годы город бурно развивается и ввод питающих подстанции осуществляется с опозданием. Другая причина в том, что как выше было сказано в городе практически не функционируют другие источники энергообеспечения (всего 10-15% население города обеспечивается теплом).

Из суточного графика электропотребления города видно, что между зимним и летним графиком разница мощности составляет 42,4 – 48,1% (рис. 1).

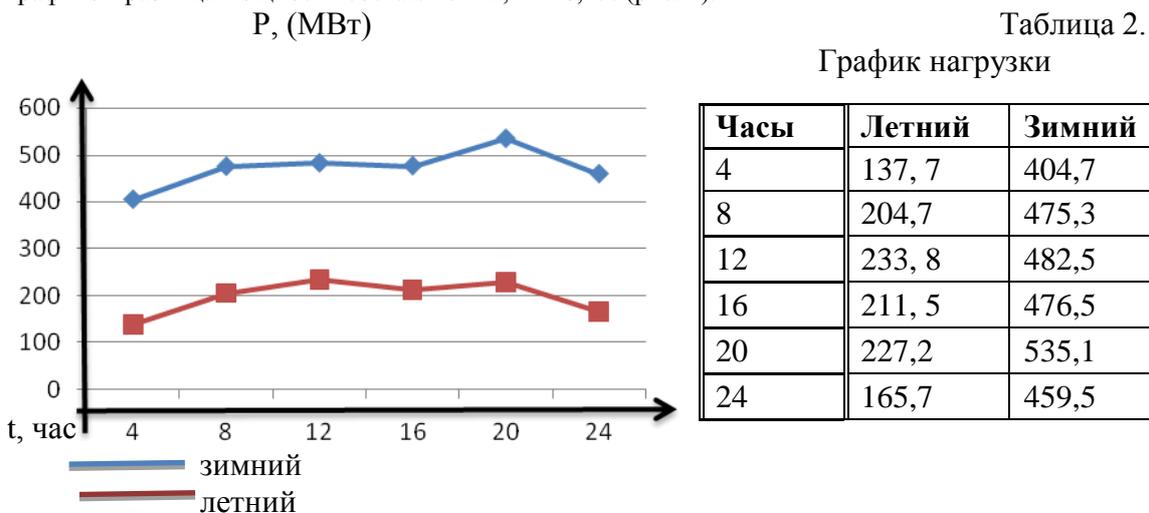


Рис. 1. Суточный график нагрузки потребления города Душанбе.

Максимальная мощность в зимнем периоде на графике нагрузки (рис. 1) электропотребления города, составляет 535,1 МВт. Из установленной мощности подстанции города в зимнем максимуме используется лишь более 50%. Но, несмотря на это проблема надёжности электроснабжения города Душанбе является серьёзной и на правительственном уровне рассматривается методы решение этого вопроса.

При анализе данных о режимах работы каждой подстанции в отдельности обнаружилось следующие недостатки в эксплуатации и организации оперативной управления режима нагрузки трансформаторов:

- распределение нагрузки по подстанциям неравномерно в некоторых из них нагрузка превышает норму;
- при аварийных отключениях одного из трансформаторов другой трансформатор не может обеспечивать условию аварийных перегрузок;
- сети в основном проработали свои ресурсы и при незначительных перегрузках или перенапряжениях выходят из строя;
- при летних плановых отключениях, во время профилактических и капитальных ремонтов невозможно по сетям перераспределять переток мощности;
- из-за отсутствия анализа, скоординированного оперативного управления режима, и нехватки достоверной информации часто имеют место использование сетей в перегруженном режиме;

- также отсутствует компенсация емкостных токов (отсутствие дугогасящих реакторов).

**Пути решения.** В итоге можно прийти к такому выводу, что для обеспечения надёжности режима электроснабжения города Душанбе необходимо выполнить следующие:

Создание кольца между узловых подстанций;

В плане по организационно – экономические мероприятия приняты меры по оперативному решению обеспечения живучести, безопасности и восстанавливаемости системы. Требования по надёжности должны носить не рекомендательный, а обязательный, предписывающий характер;

Проектирование схем электроснабжения города, которое должно выполняться с выявлением очередности развития на срок не менее 10 лет с учетом генеральных планов развития городов, которые выполняются на перспективу 25—30 лет;

Проектирование систем электроснабжения городов с резервированием (с учетом внешнего и внутреннего электроснабжения) в размере не менее 10% от максимальной нагрузки, предусмотренной имеющимися планами перспективного развития городского хозяйства. При этом следует предусматривать достаточную пропускную способность электрических сетей всех уровней с учетом необходимого резервирования;

Разработку и реализацию в пределах своей компетенции планов по предотвращению и ликвидации нарушений электроснабжения города;

Пересмотреть правила взаимоотношений ЦДС ОАХК «Барки Точик» с ОДС ОАО «ШБш.Душанбе»;

Внедрение цифровых регистров параметров режима и технологии системы мониторинга запасов устойчивости и технологии SCADA;

В области обеспечения высокой эффективности профессиональной деятельности необходимы:

- разработка и внедрение эффективной методики подбора и подготовки кадров;
- создание собственных систем профессиональной подготовки, переподготовки, поддержания и повышения квалификации персонала;
- разработка методического и правового обеспечения системы подготовки и аттестации персонала;
- совершенствование и внедрение программных средств обучения и тестирования знаний;
- обучение специалистов на основе применения тренажеров

#### Список литературы:

1. Годовой технический отчет за 2012 год ОАО «ШБш.Д». Душанбе -2013г. 121с.
2. В.А. Козлов, «Электроснабжение городов», Л. Энергия. 1977. 277с.
3. К.К. Волчков, В.А. Козлов, Эксплуатация сооружений городской электросети. Л., Энергия – 1969, 328стр.Правила технической эксплуатации электрических станции и сетей (ПТЭ, издание 14 -1989 г.).
4. Статьи журнала «Электроэнергия. Передача и распределение» ЭЭПР №1, 2011 Сети России.
5. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. — Утв. приказом Минэнерго РФ от 20.05.03. №187.

#### Взаимовлияние режимов электрической сети Таджикистана с введением проекта CASA-1000

*Худжасаидов Дж.Х., Рахимов Дж.Б., Султонов Ш.М., Ахъёев Дж.С.*

*ТТУ им. акад. М.С. Осими*

*loiknstu@mail.ru*

Развитие энергетики является приоритетной задачей государства. Таджикистан относится к числу государств, в которых есть много внутренних и внешних причин, делающих эту проблему чрезвычайно важной и актуальной для настоящего и будущего развития энергосистемы сопредельных государств.

В электроэнергетических системах (ЭЭС), объединенных на параллельную работу межсистемных связей, наблюдается взаимовлияние их режимов. Из-за неоднородности электрических сетей ЭЭС взаимовлияние режимов негативно отражается на перетоках мощностей между соседними системами (взаимные внешние перетоки), на перетоках между электрическими сетями различного напряжения рассматриваемой системы (взаимные собственные перетоки), а также на сквозных (транзитных) перетоках мощности электрических сетей (транзитные перетоки). Одним из последствий взаимовлияния режимов электрических сетей ЭЭС есть дополнительные потери электроэнергии.

Сегодня технологические расходы электроэнергии во время ее транспортировки и распределения в сетях Таджикистана вследствие различных объективных и субъективных причин возросли и в несколько раз превышают аналогичные показатели западных стран.

Существенную экономию энергоресурсов в процессе эксплуатации ЭЭС можно обеспечить за счет внедрения энергосберегающих мероприятий и оптимального управления их нормальными режимами. Одним из условий обеспечения эффективности мер по уменьшению

потерь электроэнергии является их структурирование по причинам, которые обуславливают их сверхнормативные значения, и по принадлежности их отдельным субъектам хозяйствования. Для решения этой задачи необходимы соответствующие методы выделения составляющих потерь мощности в электрических сетях энергосистем, в том числе вызванных взаимными и транзитными потоками.

Повышение адекватности анализа дополнительных потерь от взаимных и транзитных потоков мощности и создания эффективной системы управления ими, позволит воспользоваться имеющимися регулируемыми устройствами (РУ) для компенсации негативных проявлений взаимовлияния режимов электрических сетей ЭЭС. Обеспечит повышения качества их эксплуатации.

Производство электрической энергии концентрируется преимущественно на крупных электростанциях, работающих совместно (параллельно). Центры потребления электрической энергии (промышленные предприятия, города, сельские районы и т. п.) удалены от ее источников на десятки, сотни и тысячи километров и распределены на значительной территории. В связи с несовпадением центров производства и потребления энергии необходимы электрическая передача и распределение энергии (транспорт электроэнергии) от станций к электропотребителям. Эти функции в сложной цепи «электрическая станция — потребитель» возлагаются на развитые электрические сети и линии электропередачи, которые с устройствами автоматического регулирования, управления и резервирования образуют систему передачи и распределения электрической энергии. Задача такой системы централизованного электроснабжения состоит в том, чтобы донести выработанную на станциях электроэнергию до потребителей.

В данное время энергосистема Таджикистана в осенне-зимний период работает автономно от других энергосистем, а в весенне-летний период параллельно работает с энергосистемой Киргизии по ЛЭП 220кВ Канибадам – Агуль-Таш, и с энергосистемой по ЛЭП 220кВ Афганистана Колхозобод – Геран. По ЛЭП 220кВ Канибадам – Агуль-Таш энергосистема Таджикистана получает в среднем электроэнергию в количестве  $S_n=90+j40$  МВА, а по ЛЭП 220кВ Афганистана Колхозобод – Геран передает мощность  $S_n=80+j40$  МВА.

С реализацией проекта CASA – 1000 транзит через энергосистему увеличится что приведет к увеличению потерь.

На рис.1 представлена схема энергосистемы Таджикистана сетей 220 – 500 кВ (штрихпунктирными линиями показаны сооружаемые линии по проекту CASA-1000).

Энергосистема Таджикистана делится на три энергосистемы Северную, Южную и Центральную. Основная генерация электроэнергии производится в Центральной и Южной энергосистемах, а в Северной энергосистеме имеются много промышленных предприятий, суммарная мощность нагрузки в ней составляет  $S_n=(625+j285)$  МВА, а генерация  $S_g=(120+j285)$  МВА. Транзит мощности в Северную энергосистему составляет  $S_t=(505+j2354)$  МВА, транзит большой реактивной мощности приводит к большим потерям напряжения и мощности.

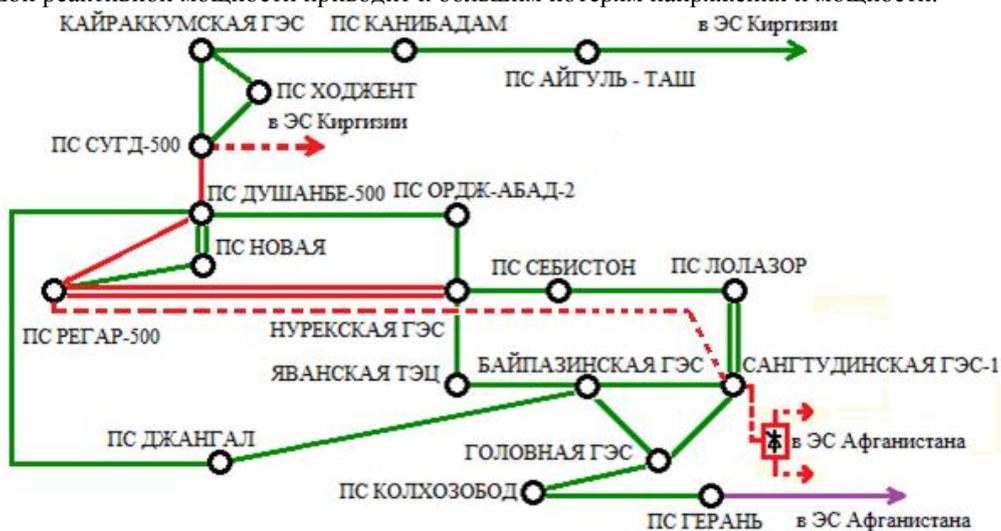


Рис.1 Схема энергосистемы Таджикистана

В данное время транзит электроэнергии из Центральной энергосистемы в Северную производится по линиям 500 кВ ПС Душанбе – ПС Сугд. В свою очередь из-за отсутствия средств компенсации реактивной мощности на предприятиях расположенных в Северной энергосистеме транзит реактивной мощности ложится на линии Нурекская ГЭС – ПС Регар – ПС Душанбе – ПС Сугд, что вызывает дополнительные потери мощности в них  $\Delta S_{\text{п}} = 42,7$  МВА, потери в линиях 220 кВ Северной энергосистемы составляют  $\Delta S_{\text{п}} = 3,6$  МВА.

С реализацией проекта CASA – 1000 транзит через энергосистему увеличится, что приведёт к увеличению потерь. Транзит электроэнергии из энергосистемы Киргизии в энергосистему Таджикистана по линии 500 кВ ПС Шуроб – ПС Сугд составит 1000 МВА, а по линии постоянного тока от ПС Санктуда ГЭС-1 составит 1300 МВт.

Существующий проект CASA – 1000 включает в себя строительство только одной линии 500кВ ПС Регар - Сангтудинская ГЭС-1 для внутреннего перетока мощности, протекаемая мощность по ней будет составлять 721МВт, а оставшиеся 279 МВт ляжет на уже существующие линии 220 кВ. В связи с этим линии 220 кВ Нурекская ГЭС – ПС Себистон (292,5МВА) и ПС Себистон – ПС Лолазор (276,9) будут перегружены что вызовет увеличение потерь в них и они составят в сумме 29,3МВА, а также снизит надёжность и устойчивость системы.

Ввод Рогунской ГЭС приведет к ещё большим транзитам мощности как внутри энергосистемы Таджикистана, так и между соседними параллельно работающими с ЭЭС Таджикистана энергосистемами Киргизии и Афганистана.

#### **Вывод**

С реализацией проекта CASA-1000 энергосистема Таджикистана, в частности линии электропередачи 220 кВ Нурек-Себистон и Себистон-Лолазор будут перегружены, что в свою очередь приводит к большим потерям мощности и напряжения. Для эффективной и надёжной работы энергосистемы в первую очередь необходимо строительство дополнительных цепей 220 кВ Нурек-Себистон и Себистон-Лолазор, что является наиболее экономичным решением по сравнению со строительством линий 500 кВ (расчет был выполнен при дипломной работе которая имела исследовательский характер).

### **Инновационные возможности энергосбережения промышленных предприятий на примере ООО «Тобольск-нефтехим»**

*Рочев Е.А., Леонов Е.Н., Иванов И.Г.\**

*ФБГОУ ВПО Тюменский государственный нефтегазовый университет*

*Филиал ТюмГНГУ в г.Тобольске. Россия, г.Тобольск*

*\* ООО «Тобольск-Нефтехим»*

*[rochev-egor@yandex.ru](mailto:rochev-egor@yandex.ru)*

В настоящее время важнейшим условием обеспечения высокого уровня социально-экономического развития Российской Федерации является переход страны на инновационную социально-ориентированную модель развития. Инновации в различных отраслях экономики становятся одним из основных факторов качественного экономического роста и повышения конкурентоспособности страны на мировых рынках.

Распоряжением Правительства РФ от 27.12.2010 г. № 2446-р утверждена государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Её целью является снижение энергоёмкости ВВП РФ на 13,5% за счет реализации мероприятий программы, что в совокупности с другими факторами позволит обеспечить решение задачи по снижению энергоёмкости ВВП на 40% за 2007-2020 годы.

Вышесказанное позволяет сделать вывод об актуальности научной задачи разработки инновационных технологий в области энергосбережения, предполагающих, в том числе, широкое использование возможностей инновационных теплоизоляционных материалов.

Цель исследования заключается в разработке инновационных решений в области энергосбережения на основе использования современных технологий при теплоизоляции.

В 2012 году на промышленной площадке ТНХК была начата установка дополнительных ректификационных колонн. Данные колонны в настоящее время находятся без изоляции, кроме того, колонна устанавливается на основание, поверхность колонны в котором имеет форму полусферы. Именно эта поверхность в настоящее время находится без надлежащей изоляции на всех установленных ректификационных колоннах. Остальная же часть колонны уже подвергнута изоляции. В данной исследовательской работе предполагается возможность установки

изоляционного слоя из инновационных материалов на колонну, включая и её основание, проводится технико-экономический анализ предложенного решения.

Для достижения поставленной цели были проанализированы различные методы тепловой изоляции, а также произведен сравнительный анализ всех изученных методов. В настоящее время традиционной теплоизоляцией является слой минеральной ваты, с облицовочным листом стали. Однако такая конструкция громоздка, имеет сравнительно большие тепловые потери и не долговечна.

Рынок теплоизоляционных материалов может предложить нам современный метод изоляции, называемый «Сверхтонкой изоляцией». Данная теплоизоляция обладает следующими достоинствами: теплосбережение, антикоррозия и гидроизоляция, пожаробезопасность, возможность нанесения на горячие поверхности без остановки технологического процесса до + 150 °С, безопасность, долговечность более 20 лет и многое другое. Из сравнительного анализа традиционной и сверх тонкой изоляции, видно что сверх тонкая изоляция обладает значительным преимуществом.

Нами были изучены следующие марки сверх тонкой изоляции: корунд, изоллат, Mascoat, все они обладают приблизительно одинаковыми свойствами. Однако в каждой из указанных марок есть недостатки, это трудоемкость нанесения ровного слоя изоляции, легко подвергается соскабливанию. Поэтому были рассмотрены и другие методы изоляции, самым эффективным, и подходящим из которых для нас является композиция «Изоллат-Эффект» предложенная компанией ООО «Специальные технологии» г. Екатеринбург.

Основными компонентами данной композиции являются одеяло теплоизоляционное иглопробивное (Керамоволокно) и Изоллат а также для придания конструкции прочности огнеупорная высокотемпературная связка марки СО-40 и малярная сетка, серпянка.

Произведя расчеты тепловых потерь ректификационных колонн можно сделать вывод о значительном сокращении тепловых потерь вследствие применения предложенной композиции по всей поверхности колонны: тепловые потери основания колонны без изоляции 24168,98 Гкал/г, тогда как при внедрении изоляции на основе новых материалов - 8167,13 Гкал/г.

Результаты расчетов показали, что тепловые потери при использовании технологии «Изоллат-эффект» могут быть сокращены более чем в три раза. Ожидаемая годовая экономия составит 5, 34 млн.руб., Срок окупаемости проекта 5 месяцев.

Однако данный метод изоляции будет не везде практичен, так как может подвергнуться соскабливанию, а на трубопроводах этот недостаток неприемлем.

При проведении обследования трубопроводов пара на промышленной площадке ООО «Тобольск-Нефтехим» специалистами предприятия выяснено, что на ряде позиций запорной арматуры отсутствует теплоизоляционное покрытие, что ведёт к повышенным потерям тепловой энергии. Поэтому было решено рассмотреть возможные варианты изоляции запорной арматуры трубопроводов пара П13.

Были рассмотрены варианты традиционной изоляции, сверхтонкая изоляция, керамоволокно, и термочехлы. Каждый из рассмотренных материалов по своему уникален и в разы эффективней традиционного метода изоляции минеральной ватой, однако практическое применение каждого отдельно взятого материала ограничено, ввиду разных условий эксплуатации изолируемой поверхности.

Если рассмотреть сверхтонкую изоляцию, то она легко подвергается соскабливанию. Композиция «Изоллат-Эффект» также является одноразовой.

Конструктивные особенности запорной арматуры имеют свои сложности из-за нестандартных форм и габаритов, а также требуют регулярного доступа с целью технического обслуживания и ремонта. Тем самым нуждается в съёмных и многоразовых теплоизоляционных конструкциях. Решение данной проблемы – быстросъёмная тепловая изоляция, примером которой может служить термочехол. Термочехол легко может принять форму любой задвижки. К рассмотрению предлагаются термооболочки ishell. Они многоразовые, отлично держат внутреннее тепло и, согласно данным завода изготовителя не требует специальной обработки изолируемой поверхности.

Расчеты тепловых потерь до и после установки термочехлов показали, что тепловые потери сокращаются на 5 – 20%, однако при таких затратах на изготовление термочехлов данный проект является не самым рентабельным, и сроки окупаемости относительно велики. Поэтому были рассмотрены варианты дополнительного сокращения тепловых потерь, с минимальными затратами.

Как выяснилось, термочехлы не ложатся плотно к изолируемой поверхности, что приводит к увеличенным тепловым потерям и возникновению коррозии. Щели при монтаже термочехлов видны на снимках тепловизора. И, по мнению авторов, именно из-за щелей в термочехлах, резко повышаются тепловые потери.

Поэтому предлагается комбинировать термочехлы, с уже ранее упомянутыми сверхтонкой изоляцией или композицией изоллат-эффект. Результаты расчетов, в которых были учтены затраты на материал и работу, показали, что при нынешней стоимости материалов и тепловой энергии, наиболее выгодно использовать термочехлы, после обработки поверхности сверхтонкой изоляцией.

Таким образом расчеты и экспериментальные образцы показали, что полная замена традиционной изоляции и нанесение современных изоляционных материалов в места, ранее не доступные для традиционной изоляции эффективны.

Однако данное решение не всегда наиболее эффективно, так например предложение по устранению излишних энергозатрат было инициировано в результате мозгового штурма в цехе ДБО-2/3 ООО «Тбольск-Нефтехим» на тему «Снижение потребления энергоресурсов». Предлагается заменить существующие водяные теплоспутники на электрические.

Обогрев теплоспутниками осуществляется по двум схемам, представленным на рисунке 1. Из схем видно, что спутники имеют неэффективную часть, которая служит для транспортировки теплофикационной воды к обогреваемому участку (потребителю).

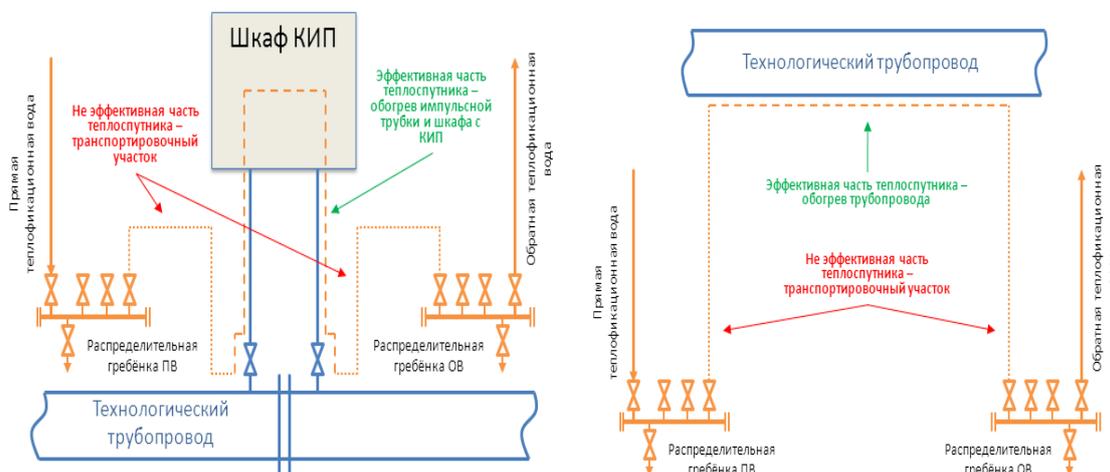


Рис.1. Общая схема обогрева

Во время эксплуатации системы водяных теплоспутников часто возникают утечки, что приводит к образованию наледи на трубопроводах. Для устранения утечек устанавливаются хомуты, где имеется возможность по их установке. Для проведения ремонтных работ на теплоспутниках, необходима подходящая температура окружающей среды. Все эти условия эксплуатации обуславливают актуальность замены водяных теплоспутников на электрические, к преимуществам которых можно отнести обогрев непосредственно критических участков, что исключает неэффективную часть теплоспутника, автоматизированные системы управления позволяют мгновенно менять параметры обогревающего кабеля и установить необходимую температуру в течении нескольких минут, Для потребителей, не требующих компенсации тепловых потерь, во время штатной работы обогрев не требуется, соответственно потребление энергии отсутствует.

Проанализировав рынок продукции выявлено множество компаний, производящих электрообогревательные провода, а также технологий их производства, что в значительной степени меняет их параметры. Предлагается сделать выбор электрических теплоспутников из продукции компании ETIREX-CHROMALOX. В целях экономии средств, и в связи с отсутствием необходимости поддержания температуры выше 10<sup>0</sup>С выбран кабель марки SRL с системой автоматического поддержания температуры.

Ожидаемый экономический эффект 2,76 млн.руб./год. Простой срок окупаемости системы – 2 года и 9 месяцев.

Полный комплекс применения кабельно-нагревательной продукции представлен на рис.2.

Целью данной работы было показать насколько эффективно применение инновационных материалов для энергосбережения в крупных производствах. При относительно небольших затратах, не столь трудоемкой работе, можно достичь значительной экономии энергоресурсов. Большинство российских предприятий построены более 30 лет назад, когда аспект энергосбережения не рассматривался и не брался во внимание в расчетах.

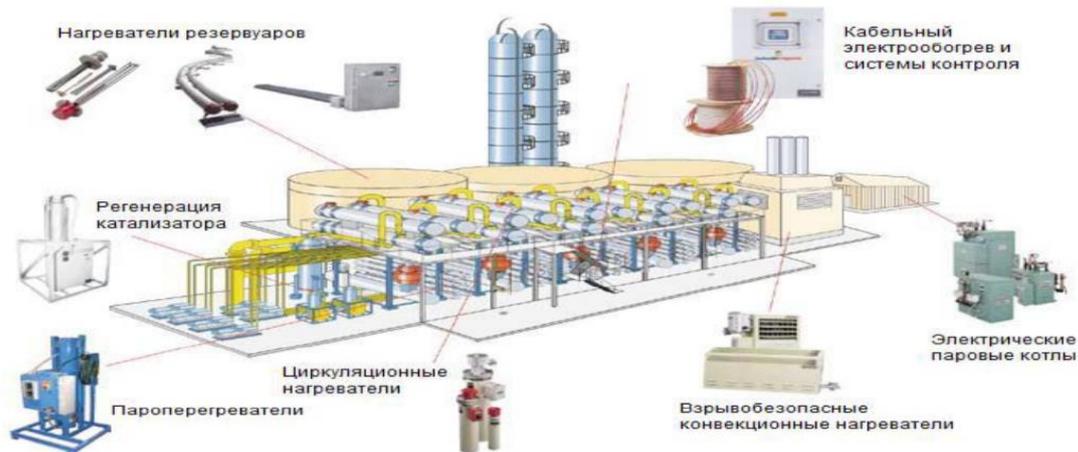


Рис. 2. Полный комплекс применения кабельно-нагревательной продукции для нефтепереработки

Спустя годы сменились не только технологии, но и сами принципы экономического функционирования предприятий, поэтому именно сейчас, как никогда ранее актуально внедрять инновационные технологии во все отрасли промышленности, в любых объемах, поскольку в сумме все эти переходы на инновационные решения дают колоссальный экономический эффект.

#### Список литературы:

1. <http://www.mascoat.com>
2. <http://korund34.com>
3. <http://flagman-company.livejournal.com/2290.html>
4. <http://www.etirex.ru/>
5. Рочев Е.А. Особенности реализации инновационных решений в сфере энергосбережения/ Материалы XLIV Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (15 марта 2013 г., г. Тобольск) – 2013– С. 111-112.
6. Рочев Е.А. Замена водяных теплоспутников на электрические в цехе ДБО2/3 ООО «Тобольск-Нефтехим»/Новые технологии нефтегазовому региону-2013-Том 2-С.251-253.
7. Рочев Е.А. Актуальность внедрения инновационных изоляционных материалов. Новые технологии нефтегазовому региону-2013-Том 2-С.253-254.

#### Стратегические модели внедрения инновационной энергосберегающей технологии

*Русин Г.Л., Клавсуц И.Л.*

*Новосибирский государственный технический университет, Россия, г. Новосибирск*

[rgl@ngs.ru](mailto:rgl@ngs.ru)

В Новосибирске создано научно-производственное предприятие ООО «АВЭК», которое начало производить в промышленных масштабах инновационное устройство регулирования напряжения под торговой маркой NORMEL™, зарегистрированной в ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности». Предприятие выпускает устройство по лицензиям на изобретения, запатентованные в РФ, СНГ, ЕС, США и других странах [1,2,3]. Изобретение является инновационной энергосберегающей технологией, позволяющей управлять потреблением электрической энергии, улучшая её качество в соответствии с требованиями государственных электроэнергетических стандартов Российской Федерации и других стран.

Суть запатентованного метода и технологии состоит в применении вольтодобавочного трансформатора, мощность которого значительно меньше мощности нагрузки. Обмотка низкого (НН) напряжения этого трансформатора включается в фазу сети последовательно с нагрузкой. Обмотка высокого напряжения (ВН) включается в сеть регулирования. Напряжение на нагрузке

равно векторной сумме напряжения сети и ЭДС, индуктированной обмоткой ВН в обмотке НН вольтодобавочного трансформатора. Устройство меняет напряжение на нагрузке, ток и мощность в нагрузке и в сети, переводя их в эффективные с позиции энергосбережения режимы работы. Изобретение ориентировано на применение в трехфазных системах электроснабжения с источником электрической мощности 0,4 кВ.

Существует несколько технических способов регулирования напряжения, например, встречное регулирование, регулирование на подстанциях, регулирование посредством батарей статических конденсаторов и другие. На потребление электроэнергии существенное влияние оказывает её качество по напряжению и частоте, которые регламентируются стандартами. Как известно, частота электрического тока является общесистемным параметром, сравнительно легко контролируется, и поддерживается энергосистемой на нормированном уровне 50 Гц в соответствии с требованием ГОСТ 13109-97. Напряжение является локальным параметром, система контроля его пока несовершенна. Это приводит к тому, что у потребителей норма стандарта напряжения на практике часто не выполняется. Ответственность за это энергосистема не несет ни формальную техническую, ни экономическую. Даже в принятых формах договоров энергоснабжающей организации с потребителями на отпуск электроэнергии параметры качества электроэнергии не принимаются во внимание. Эта ситуация наблюдается практически постоянно на многих предприятиях, что приводит к многочисленным негативным последствиям, к росту потерь электроэнергии. В связи с этим основная концепция производимого устройства заключается в том, что электроэнергия должна передаваться энергоснабжающей организацией потребителю при максимальном нормативном значении напряжения, а использоваться потребителем - при минимальном. Подобное регулирование позволяет обеспечить нормальное функционирование потребителей, при этом потребители не будут использовать «лишнюю» мощность и потери будут минимальными [4].

Портфель заказов предприятия ООО «АВЭК» быстро растет, что свидетельствует о серьезном потенциале отечественного и мирового рынка потребителей устройства. Появились первые отзывы и результаты использования устройства потребителями, которые подвергаются на предприятии тщательному мониторингу [4].

Основные конкурентные преимущества метода и устройства NORMEL™: отсутствие прямых аналогов; стоимость, вес, габариты в 2-5 раз меньше, чем у не прямых аналогов; мощность составляет 5-6% от мощности нагрузки, что на порядок ниже, чем у не прямых аналогов; КПД не менее 99,7%, что значительно лучше, чем у не прямых аналогов. В РФ при соблюдении действующих нормативных документов на качество электроэнергии обеспечиваются все перечисленные конкурентные преимущества. Экономия потребляемой мощности позволяет разгрузить питающие линии, что позволяет дополнительно подключать потребителей.

При выводе инновационной технологии на рынок перед авторами неизбежно возникли стратегические вопросы и задачи. Ниже рассмотрены только две из них.

#### 1. Нейтрализация рисков в портфеле проектов.

Инвестиции в новые товары или рынки предполагают повышенную доходность. Но они также характеризуются повышенным риском. Высокие риски снижают привлекательность таких проектов, вплоть до отказа от них. Ситуацию может поправить формирование портфеля инвестиционных проектов: проекты подбираются таким образом, чтобы их риски, пусть и высокие, были в противофазе и компенсировались в портфеле. Имеющиеся и готовящиеся патенты для устройств NORMEL™ позволяют выводить продукцию одновременно на нескольких рынках (отечественных и зарубежных). Это дает возможность сформировать портфель диверсифицированных проектов на основе специального подбора возможных рынков.

На рис.1 показан простейший случай портфеля из двух проектов, демонстрирующий преимущества портфельного подхода.

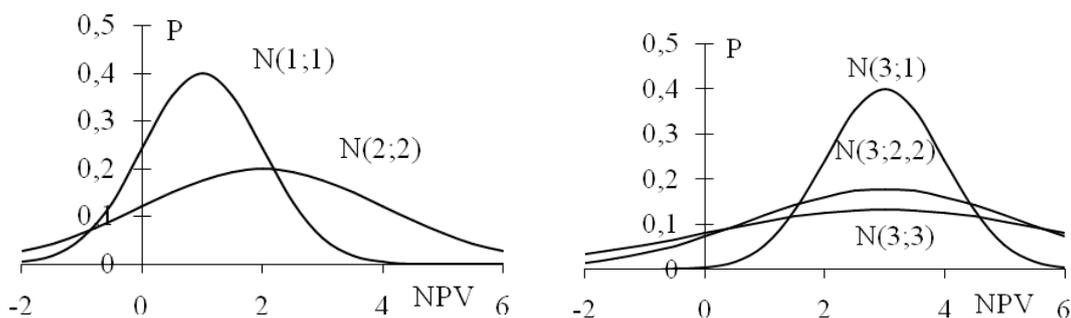


Рис. 1. Риски проектов и портфеля

На левом графике рис.1 показаны распределения чистых текущих стоимостей  $NPV_1$  и  $NPV_2$  проектов портфеля. Тип распределений нормальный  $N(1;1)$  и  $N(2;2)$ , со средними  $m_1 = 1$  и  $m_2 = 2$ , и стандартными отклонениями  $\sigma_1 = 1$  и  $\sigma_2 = 2$  соответственно. Средние и стандартные отклонения чистых текущих стоимостей проектов измеряются в млрд. рублей.

Риск – это вероятность того, что  $NPV$  не превысит нуля. Эта вероятность измеряется площадью под кривой плотности распределения вероятности левее нуля. Риски первого и второго проектов равны примерно 16% (левый график на рис. 1).

В традиционной постановке без формирования портфеля решение задачи сводится к выбору второго проекта. А первый проект отвергается, поскольку он дает чистый дисконтированный доход в два раза меньший при равных рисках.

Портфельный подход дает другое решение. Среднее  $NPV$  портфеля оценивается однозначно:  $m=1+2=3$  млрд. рублей. Но стандартное отклонение  $\sigma$  зависит от коэффициентов парной корреляции  $r_{i,j}$  между  $NPV_1$  и  $NPV_2$ . На правом графике рис. 1 показаны распределения  $NPV$  портфеля:  $N(3;3)$  при  $r_{1,2}=1$ ;  $N(3; 2,2)$  при  $r_{1,2}=0$ ; и  $N(3; 1)$  при  $r_{1,2}=-1$ . Риски этих портфелей составили соответственно 16%, 0,90% и 0,001%. То есть проекты с высокими рисками можно выбрать так, чтобы портфель был практически безрисковым, но одновременно высокодоходным.

Приведенный простой пример носит демонстрационный характер. На практике при формировании портфеля возникает целый ряд серьезных препятствий, которые приходится устранять: получение множества выборочных значений  $NPV$  (в условиях, когда реальное достигнутое значение в принципе может быть исключительно единственным); оценка парных корреляций  $r_{i,j}$  между  $NPV_i$ , когда выборки сложно сопоставить (даже по объему). Здесь приходится разрабатывать специальные решения.

Поскольку рассматриваются инвестиции в новые товары или рынки, то денежные потоки формируются за счет продаж. Важным фактором, определяющим такие денежные потоки, является валютный курс. Поэтому для продукции NORMEL™ актуален анализ валютного риска. В таблице 1 представлена корреляционная матрица валютных курсов для стратегических зон хозяйствования предприятия, рассчитанная на интервале 2000-2013 г.

Таблица 1. - Корреляционная матрица валютных курсов

	AUD	GBP	EURO	Hryvnia	USD	Yen	Yuan
AUD	1						
GBP	0,58	1					
EURO	0,91	0,65	1				
Hryvnia	-0,83	-0,13	-0,77	1			
USD	0,49	0,31	0,41	-0,35	1		
Yen	0,86	0,24	0,71	-0,81	0,72	1	
Yuan	0,94	0,37	0,89	-0,85	0,96	0,89	1

Значимая отрицательная корреляция между курсами евро и украинской гривны (-0,77) дополнительно обосновывает правильность предварительного экспертного решения о привлекательности портфеля именно для этих стратегических зон хозяйствования предприятия.

Риск неблагоприятной динамики валюты в одном регионе будет компенсирован положительными изменениями в другом. В соответствии с рис.1 риск такого портфеля будет существенно меньше рисков независимых проектов. Интересным оказался вариант с австралийским долларом и украинской гривной (-0,83). Несмотря на географические сложности, такой проект не может быть отвергнут без полноценного детального анализа.

## 2. Имитационное моделирование потока продаж

У инновационной технологии отсутствует история. Кроме того она уникальна, то есть статистически невоспроизводима. Это определяет сложность стратегического планирования вывода инновационной технологии на рынок. Поэтому в данной ситуации оправдано применение имитационных моделей. Такие модели используют общесистемные закономерности поведения рынка и могут обходиться без статистических выборок. В работе использованы современные смешанные имитационные модели: системно-динамические и агентные. Подробное описание построения таких моделей приведено авторами, например, в [5]. Результат работы модели имеет вид, представленный на рис.2.

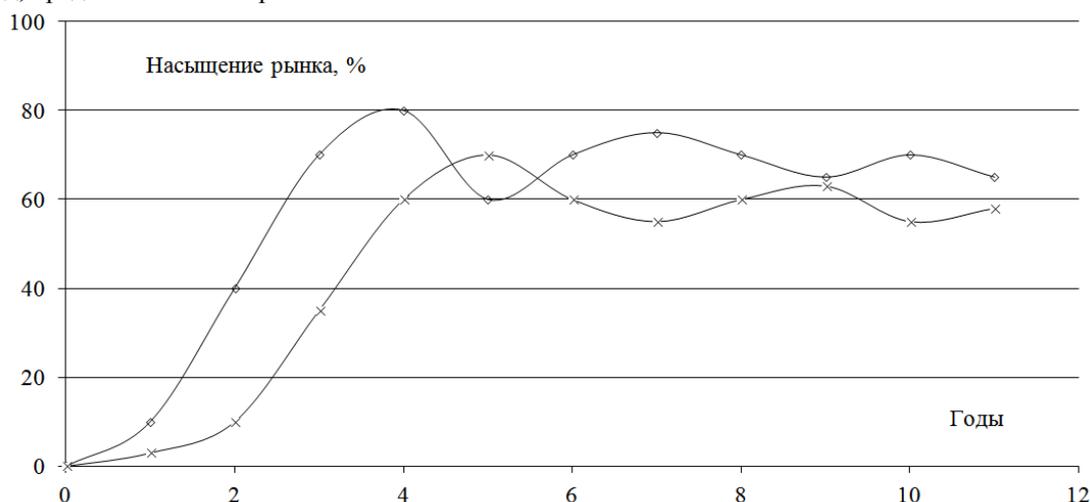


Рис. 2. Вариант насыщения рынков продукцией предприятия

На рис.2 представлен вариант имитации процесса насыщения продукцией предприятия двух рынков. Варьируя характеристики продукции и значения регулируемых параметров рынков можно изменять поведение этих кривых в соответствии с сильными и слабыми сторонами предприятия, его возможностями и угрозами. Кроме того, это дает изобретателю и менеджеру проекта глубокое понимание требуемых характеристик инноваций и происходящих рыночных процессов.

Полученный научно-технический и производственный опыт позволяет сделать следующие выводы. Очень сложно изобрести и разработать инновационное энергетическое устройство, технологию, метод. Но не менее сложно и важно связать потребности рынка с характеристиками устройства, и обеспечить продукцией весь рынок. При этом внешняя среда, включая конкурентов, заставляет действовать быстро, грамотно и эффективно, применяя самые адекватные и продвинутые инструменты и методы менеджмента, в первую очередь, стратегического, лишь часть из которых вынесена здесь на обсуждение.

### Список литературы:

1. L.Z. Feigin, S.V. Levinzon, D.A. Klavuts. «Method and Apparatus for Regulating Voltage», United States Patent № 7.816.894 filing date 06/20/2007 date of publication - October 19.2010.
2. L.Z. Feigin, S.V. Levinson, I.L. Klavuts. «Alternating voltage stabilizer with protection elements», The international application for the invention № PCT/RU2009/000441 (PCT) of 16.09.2008.
3. L.Z. Feigin. «The device of voltage control of electricity-generating equipment», RU patent № 120499 Russian Federation from 23.09.2011.
4. Klavuts I.L., Levinzon S.V., Klavuts D.A. Integration Innovative Method Of Demand Side Management In Smart Grid // 47<sup>th</sup> International Universities' Power Engineering Conference – UPEC 2012, hosted by Brunel University Institute of Power Systems in the School of Engineering and Design at Brunel University, London, UK \ 4th - 7th September 2012.

5. Русин Г.Л., Гаранина М.В., Горевая Е.С. Маркетинг инновационного продукта // Бренд-менеджмент, Москва: Гребенников - 2012 - 3 (64) - С.154-171.

### Распределенная энергетика и энергетическая безопасность

*Сливной В.Н.*

*Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф.Горбачева, Россия, г.Кемерово  
[wiknik@rambler.ru](mailto:wiknik@rambler.ru)*

В сложных условиях современной России повышение энергетической безопасности (ЭнБ) является одной из наиболее приоритетных задач на всех уровнях – от федерального до уровня отдельного предприятия. Участвовавшие в последнее время техногенные аварии и катастрофы, стихийные бедствия, а также угроза терроризма убедили многих специалистов в актуальности развития распределенной энергетике, дополняющей централизованное энергоснабжение. Крупные аварии в США и Европе, когда без электроэнергии оказывались десятки миллионов людей, наглядно показали уязвимость энергосистем, состоящих из крупных электростанций. Поэтому акцент в развитии энергетике смещается в сторону распределенной энергетике.

В США, Великобритании, Германии, Дании и других странах, наряду с созданием новых крупных энергоблоков, повышением их параметров, активно разрабатываются и внедряются малые ТЭЦ, а также мини- и даже микро-ТЭЦ мощностью от 20 кВт до нескольких МВт, обеспечивающие когенерацию, то есть комбинированное производство тепла и электроэнергии (КПТЭ), что дает существенную экономию топлива. Кроме того, при развитии распределенной энергетике не требуется строительство и эксплуатация дорогостоящих ЛЭП и магистральных теплотрасс (соответственно снижаются потери при транспортировке). Система, сочетающая централизованное и децентрализованное энергоснабжение, становится более устойчивой и эффективной, снижаются риски при различных форсмажорных обстоятельствах, повышается энергетическая безопасность, что особенно актуально для России, поскольку износ основных производственных фондов на многих электростанциях страны превышает 50 %. При этом распределенная энергетика должна занимать свою энергетическую нишу и дополнять большую энергетике, образуя гармоничную систему. Кроме этого, децентрализованное КПТЭ на базе мини-ТЭЦ при решении ряда правовых вопросов позволит создать реальный рынок независимых производителей тепла и электроэнергии. Создание мини-ТЭЦ имеет целый ряд преимуществ по сравнению с крупными ТЭЦ: значительно ниже капиталовложения (срок окупаемости около двух лет), меньше сроки монтажа (1-2 года) и т.д.

Как же должна развиваться в целом распределенная энергетика (РЭ) региона, чтобы наиболее эффективно обеспечить его энергетическую безопасность и устойчивое развитие?

Для оптимизации системы, состоящей из множества объектов (в данном случае мини-ТЭЦ) и прогнозирования развития следует рассматривать ее в целом, всю совокупность элементов. Наиболее целесообразно использовать для этого системно-ценологический подход, разработанный проф. Б.И.Кудриным [1]. Им установлено, что в любой технической системе, включающей большое количество объектов, объективно существует определенное соотношение между крупными, средними и мелкими объектами. При этом распределение объектов по какому-либо параметру, характеризующее их разнообразие (Н – распределение), носит гиперболический характер. Отличительной особенностью таких систем, называемых техноценозами (по аналогии с биоценозами) является то, что в них теоретически отсутствует математическое ожидание, а дисперсия практически бесконечна. Энергосистема не является достаточно эффективной и устойчивой, если она состоит из одних гигантов энергетике или, наоборот, из одних мелких станций. Необходимо определенное сочетание источников различной мощности, в соответствии с ценологическим подходом. Наиболее крупные значительные объекты должны составлять 5-10 % от общего числа элементов системы; с уменьшением показателей (габаритов, мощности и т.д.) объекты становятся все более массовыми.

Определив в результате техноценологических исследований параметры распределения, можно делать выводы об оптимальности системы (в данном случае – системы энергоснабжения, рассматриваемой как своеобразный техноценоз – «энергоценоз») и выработать рекомендации – где, какой мощности котельные и мини-ТЭЦ целесообразно располагать, чтобы обеспечить гармонизацию энергетической системы, соответственно наибольший уровень ЭнБ и устойчивое развитие региона. Основным инструментом техноценологического подхода является ранговый анализ [1]. Первый его шаг - это ранжирование объектов по выбранному параметру. При этом

объекты (например, энергоисточники) расставляют в порядке убывания (невозрастания) параметра. Первый ранг ( $r$ ) присваивают объекту, имеющему наибольшее значение параметра. Проведенный таким образом ранговый анализ для теплоснабжающих организаций Кемеровской области показал, что распределение теплоисточников, в частности ОАО «Теплоэнерго» и др., в основном соответствуют указанному распределению.

Следует отметить, что аналогичное  $H$ -распределение характерно не только для техноценозов, но и для других сообществ, в частности для социоценозов. Так, установлено, что распределение населенных пунктов в Кемеровской области по численности населения также имеет вид гиперболы. Очевидно распределение потребителей энергии (как электрической, так и тепловой) соответственно должно иметь аналогичный вид и по отклонению кривой распределения от гиперболности можно судить о несовершенстве данной системы энергоснабжения. Изломы, неровности на этой кривой (избыток или недостаток разнообразия) свидетельствуют о нарушении устойчивости системы. Отсюда следует, что вновь проектируемые, а также реконструируемые источники тепла и электроэнергии должны увязываться с распределением населенных пунктов по числу жителей и с плотностью населения в конкретных районах.

Кроме того, рассматривая указанные  $H$ -распределения источников и потребителей во времени, можно получить структурно-топологическую динамику энергопотребления региона, что позволит сделать качественный прогноз ее тренда, по крайней мере, на среднесрочную перспективу.

В условиях Кемеровской области, насчитывающей около 1300 котельных различной мощности, в ближайшей перспективе наиболее оптимальный и эффективный путь к реализации РЭ – создание мини-ТЭЦ путем надстройки котельных турбогенераторами в модульном исполнении. Их выпуск в достаточно широком ассортименте освоен отечественной промышленностью. Причем на первом этапе наиболее перспективны для реконструкции шахтные котельные с паровыми котлами, работающими на угле собственной добычи. Шахтная мини-ТЭЦ мощностью несколько МВт может обеспечить собственные нужды, а также прилегающий поселок электроэнергией, что повысит их ЭНБ.

В дальнейшем перспективно применение в качестве силовых установок для мини-ТЭЦ газовых турбин, поршневых двигателей, а также Стирлинг-генераторов. В каждом конкретном случае необходим технико-экономический анализ и обоснование выбранного варианта. Далее должны постепенно реконструироваться в мини-ТЭЦ производственные и муниципальные котельные области. Как отмечается в [2], по крайней мере, на 80 котельных в Кемеровской области имеется принципиальная возможность осуществления КППЭ при их реконструкции в мини-ТЭЦ, в результате установленная электрическая мощность составит около 96 МВт. Новые же источники энергоснабжения должны предусматриваться именно для реализации РЭ в режиме КППЭ.

Кроме того, РЭ органично связана с использованием возобновляемых источников энергии, так как они более эффективны при относительно небольшой единичной мощности. Поэтому целесообразно размещать новые мини-ТЭЦ также и в сельской местности с использованием в качестве топлива биогаза, пеллет и другие местные энергоресурсы. То, что могут использоваться различные виды топлива применительно к данной местности, является еще одним преимуществом РЭ.

Необходимо отметить, что наряду с повышением надежности энергоснабжения развитие РЭ имеет важный экономический аспект. Себестоимость электроэнергии при этом существенно меньше, чем отпускная цена на нее у местных энергетиков. Создание сети мини-ТЭЦ различной мощности создаст предпосылки для становления реального конкурентного розничного рынка электроэнергии.

Как раз в этом направлении развивает свою энергетику Дания. В этой небольшой европейской стране отмечается наиболее оптимальное сочетание централизованного и децентрализованного энергоснабжения, причем создание мини-ТЭЦ происходило путем реконструкции котельных. Для анализа РЭ Дании был выполнен ранговый анализ, то есть, проведено ранжирование децентрализованных ТЭЦ по электрической мощности, получено  $H$ -распределение и произведена аппроксимация. Величина рангового коэффициента оказалась равна 0,891 (должно быть около 1,0). Таким образом, можно сделать вывод, что децентрализованное КППЭ в Дании действительно близко к оптимальному и развитие РЭ Кузбасса также целесообразно ориентировать в данном направлении.

В Кемеровской области постепенно идет процесс становления и развития РЭ. Наряду с действующей Анжерской мини-ТЭЦ, разрабатываются проекты и создаются такие источники в

разных районах области, в частности, на шахте им. Кирова, на разрезе «Караканский-Западный» и др. В декабре 2010 и феврале 2011 были введены в эксплуатацию две газопоршневые электростанции (ГПЭС), работающие на метане угольных пластов на Талдинском месторождении. Ввод двух ГПЭС позволил подать электроэнергию на подстанцию Талдинского угольного разреза, на строящиеся шахты «Жерновская-1» и «Жерновская-3», а также обеспечить электроэнергией газовые промыслы на Талдинском месторождении.

Также возможна реконструкция и на других промышленных и отопительных котельных области. Например, котельная Ленинск-Кузнецкого камвольно-суконного комбината имела четыре незагруженных котла Е-50-14 и вполне могла быть преобразована в малую ТЭЦ. Реализуется проект мини-ТЭЦ в пос. Чистогорский. Создание сети таких малых и мини-ТЭЦ с меньшими затратами времени и средств по сравнению с новым строительством энергетических предприятий (например, новой крупной ТЭЦ) уменьшит дефицит мощности, существующий в области; создаст предпосылки для возникновения реального конкурентного розничного рынка электроэнергии и, как уже отмечалось, повысит ЭНБ отдельных предприятий, районов и региона в целом.

Таким образом, существуют все предпосылки – технические, экономические, организационные для развития распределенной энергетики Кузбасса.

#### Список литературы:

1. Кудрин Б.В. Введение в технетику. 2 – изд. Томск: Изд-во Томск. Ун-та, 1993. 552 с.
2. Малюта Д.В., Моисеева Е.И. О возможности комбинированной выработки (когенерации) тепловой и электрической мощности на производственно-отопительных котельных Кемеровской области // Вестник КузГТУ.- № 5. С,73-77.

#### Выбор состава включенного генерирующего оборудования ТЭС на оптовом рынке электроэнергии

*Таран А.С.*

*Новосибирский Государственный Технический Университет, Россия, г. Новосибирск  
[taranandr@gmail.com](mailto:taranandr@gmail.com)*

Выбор состава включенного генерирующего оборудования (далее - ВСВГО) вне зависимости от конкретной конструкции энергетического рынка является одной из важнейших функций управления энергосистемой, а так же одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность работы генерирующих компаний.

В настоящее время выбор состава включенного генерирующего оборудования в ЕЭС осуществляет Системный оператор – инфраструктурная организация оптового рынка, основная функция которой – обеспечение надежной работы ЕЭС.

Выбор оборудования осуществляется централизованно с использованием математической модели ВСВГО. Порядок выбора состава включенного оборудования, целевая функция и используемые ограничения описаны в Приложении 3.1 к Договору о присоединении к торговой системе оптового рынка электроэнергии и мощности.

Целевая функция модели оптимизации – минимизация стоимости производства электроэнергии по ценовым заявкам участников с учетом затрат на пуск генерирующего оборудования. Детальное описание модели ВСВГО показано в регламентирующих документах Системного оператора[1] и Договоре о присоединении к торговой системе оптового рынка.

Основными параметрами, которые используются при оптимизации являются стоимость пуска генерирующего оборудования и цена за 1 МВтч вырабатываемой электроэнергии, которые заявляют еженедельно участники рынка – генерирующие компании (т.е. при отборе ВСВГО участники рынка формируют заявки, включающие в себя в числе прочего цены за пуск генерирующего оборудования и цену за выработку электроэнергии в соответствующих объемах).

С целью покрытия планируемого уровня потребления электроэнергии, обеспечения необходимых резервов и надежного энергоснабжения потребителей электроэнергии, Системным оператором осуществляется отбор оборудования. В случае, если генерирующее оборудование отбирается в работу и включается в соответствии с результатами оптимизации – генерирующая компания получает оплату за пуски генерирующего оборудования, одновременно с этим заявленная в ВСВГО стоимость работы является ограничением сверху на заявки, подаваемые генерирующей компанией на рынок на сутки вперед (далее – РСВ), соответственно генерирующая компания не в праве будет подавать в РСВ цены выше заявленных в ВСВГО.

Действующая модель ВСВГО имеет ряд достоинств, но у нее так же немало недостатков. Системным оператором планируется ее доработка и модернизация. Прежде всего это будет касаться периода отбора – недельный период будет изменен на скользящий суточный для повышения качества планирования потребления электроэнергии, так же планируется сделать результаты отбора обязательными для участников (в настоящее время модель ВСВГО решает вспомогательные задачи – одна из которых оплата пусков генерирующего оборудования, но результаты ВСВГО не являются обязательными для исполнения участниками рынка).

Тем не менее до подачи заявок на ВСВГО участникам рынка – генерирующим компаниям необходимо для каждой электростанции определить оптимальный состав генерирующего оборудования. После того, как оптимальный состав будет определен, участником будут формироваться ценовые заявки, целью которых будет реализация выбранного оптимального состава оборудования (включение, отключение, сохранение включенного состава оборудования в работе).

Постараемся описать оптимизационную модель выбора оборудования с точки зрения генерирующей компании.

Целевая функция модели – маржинальная прибыль генерирующей компании. То есть необходим такой состав оборудования, который позволит, работая на рынке на сутки вперед, получить максимально возможную прибыль. Таким образом, целевая функция имеет вид:

$$MR \rightarrow \max$$

где MR – маржинальная прибыль от продажи выработанного объема электроэнергии.

В упрощённом виде формулу маржинальной прибыли от продажи выработанного объема электроэнергии можно представить в следующем виде:

$$MR = \text{Выручка} - \text{Затраты} = \mathcal{E} \times \mathcal{I}_{\text{рsv}} + S_{\text{пуск}} - B \times \mathcal{I}_{\text{топл}} - V_{\text{пуск}}$$

где  $P$  – нагрузка электростанции;  $\mathcal{I}_{\text{рsv}}$  – цена на рынке на сутки вперед;  $B$  – расход топлива;  $\mathcal{I}_{\text{топл}}$  – цена используемого топлива,  $S_{\text{пуск}}$ ,  $V_{\text{пуск}}$  – выручка за пуски и расход топлива на пуски оборудования (в оптимальном случае согласно действующим правилам ВСВГО эти две составляющие должны быть равны и ими можно пренебречь, если конечно не рассматривать пуски оборудования, осуществляемые вне процедуры ВСВГО).

Расход топлива электростанции  $B$  обычно выражается через зависимость от выработки и удельных расходов условного топлива, следующим образом:

$$B = b_{\text{э}} \times \mathcal{E},$$

Где  $b_{\text{э}}$  – удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии, который в свою очередь в значительной степени зависит от выработки электроэнергии, отпуска тепла и состава оборудования в работе. Таким образом, удельный расход условного топлива представляет собой сложную зависимость, в общем виде описываемую следующим выражением:

$$b_{\text{э}} = f(\mathcal{E}, Q, N, K), \text{ где}$$

$Q$  – отпуск тепла электростанции,  $N$  – количество энергоблоков, находящихся в работе,  $K$  – прочие параметры, влияющие на удельный расход,

На многих электростанциях оборудование в значительной степени отличается своими характеристиками друг от друга, удельный расход условного топлива будет зависеть от того какое конкретно оборудование будет находиться в работе, и соответственно будет зависеть от выработки каждого конкретного энергоблока (турбоагрегата). В этом случае целесообразно удельный расход электростанции выражать через удельные расходы условного топлива отдельных энергоблоков  $i$  (турбоагрегатов):

$$b_{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^N b_i \times \mathcal{E}_i}{\sum_{i=1}^N \mathcal{E}_i}$$

Выработка электроэнергии электростанции, зависит в свою очередь от соотношения цены в заявках и цен, складывающихся на рынке под воздействием ряда факторов, влияющих как на спрос, так и на предложение. В общем виде можно записать следующее выражение:

$$\mathcal{E} = f(\mathcal{I}\mathcal{Z}, \mathcal{I}\text{рsv}, K_{so}), \text{ где}$$

ЦЗ – цены в заявках поданных на рынок, в отношении электростанции, Ц<sub>рсв</sub> – цены складывающиеся на рынке, К<sub>со</sub> – команды Системного оператора на загрузку и разгрузку оборудования соответственно.

Автором ранее в материалах [2] показано, что, исходя из действующих Правил оптового рынка, можно сформулировать правило загрузки электростанций следующим образом:

$$P = \begin{cases} P_{\max}, & \text{если } ЦЗ_{\max} \leq Ц_{\text{рсв}}; \\ P_n, & \text{если } ЦЗ_{\text{cp}} \leq Ц_{\text{рсв}} < ЦЗ_{\max}; \\ P_{\min}, & \text{если } ЦЗ_{\min} < Ц_{\text{рсв}}, \end{cases}$$

где  $P_{\max}$ ,  $P_n$ ,  $P_{\min}$  -- максимальная, минимальная нагрузка и промежуточная ступень мощности, учтённые в ценовой заявке; ЦЗ – соответствующие ступеням мощности цены в заявках генератора.

Правило загрузки электростанций на оптовом рынке можно сформулировать следующим образом: загрузка электростанции осуществляется (увеличение мощности), если цена на рынке превышает цену в заявке, в случае, если цена в заявке выше цены на рынке, станция разгружается.

По сути указанное правило загрузки является одним из наиболее существенных ограничений оптимизационной задачи, то есть выработка электростанции будет находиться в пределах, ограниченных минимальными и максимальным нагрузками ( $P_{\max}$ ,  $P_{\min}$ ). Уровень  $P_{\max}$  определяется составом генерирующего оборудования, уровень  $P_{\min}$  в отопительный период определяется необходимостью покрытия тепловых нагрузок.

Так же ранее автором, показано что рационально действующая электростанция будет формировать на рынок наиболее выгодные ценовые заявки – а значит формировать ценовые заявки на основе характеристик относительного прироста расхода условного топлива[2].

Следовательно, зная ряд входных параметров можно однозначно спрогнозировать ценовые заявки. Таким образом, можно записать, что ценовая заявка – является функцией ряда переменных, которые влияют на относительный прирост расхода топлива:

$$Цз = bx \times Ц_{\text{мон}} = Ц_{\text{мон}} \times f(N, Pi, Q),$$

Где  $P_i$  – электрическая нагрузка для которой производится расчет ценовой заявки,  $bx$  – относительный прирост расхода условного топлива.

Следовательно, при наличии прогнозов цен рынка и ценовых заявках становится возможным просчитать с выходом на маржинальную прибыль различные варианты состава оборудования и выбрать для электростанции оптимальный вариант, дающий максимальную маржинальную прибыль. При этом для тепловых электростанций необходимо при решении задачи учитывать такие ограничения как:

- ограничение на минимальный состав работающих энергоблоков по условию надежности электростанции;
- ограничение на минимальный состав работающего оборудования по условиям надежного теплоснабжения с учетом возможностей перевода части тепловых нагрузок на пиковые водогрейные котлы или другие источники тепловой энергии, позволяющие покрывать тепловые нагрузки.
- ограничение по количеству пусков энергоблоков в неделю, месяц, год.
- ограничение по одновременному пуску нескольких энергоблоков (турбоагрегатов).
- ограничение по топливу (при наличии).

Таким образом, можно сделать вывод, что изменившиеся рыночные условия требуют новых подходов к решению задачи выбора состава генерирующего оборудования и если ранее целевой функцией задачи оптимизации состава включенного генерирующего оборудования была минимизация расхода условного топлива в энергосистеме[3], то в условиях рынка – это маржинальная прибыль электростанции или генерирующей компании. Рационально действующий участник должен обладать способностью, методами и специализированным программным обеспечением, позволяющим в течение достаточно короткого времени оценить варианты работы электростанции с различными составами генерирующего оборудования и выбрать такой состав, которых с одной стороны будет удовлетворять всем техническим критериям и ограничениям, с другой – принесет максимальный маржинальный эффект от работы на рынке электроэнергетики.

**Список литературы:**

1. [http://www.so-ups.ru/index.php?id=markets\\_regulations](http://www.so-ups.ru/index.php?id=markets_regulations)
2. Таран А.С. Краткосрочная оптимизация режимов работы электростанций// Электрические станции – 2013. - №1.- с. 31-33
3. Веников В.А., Журавлев В.Г., Филиппова Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем. М.: Энергоиздат, 1980

УДК 658.26.012.2:378

**Планирование потребления электроэнергии высшими учебными заведениями****Ткаченко В.Ф.***Черкасский государственный технологический университет, Украина, г. Черкассы*

В статье рассмотрены проблемы планирования электропотребления ВУЗами на основе методов прогнозирования, что является важным инструментом повышения эффективности электропотребления, и решению вопросов энергетической безопасности учреждений.

**Постановка проблемы.** Освоение новых и анализ известных управленческих технологий, которые позволяют повысить эффективность управления энергопотреблением и энергосбережением, становится особенно актуальным для Украинских ВУЗов. Планирование энергопотребления повышает эффективность её использования и является неотъемлемой частью проведения тендерной процедуры закупки энергоносителей за государственные деньги на будущие периоды.

**Анализ последних источников исследований и публикаций, в которых впервые предпринято решение данной проблемы.** В случае если планируемые объёмы энергоносителей на следующий финансовый год будут выставлены неправильно, то возможно недофинансирование или перефинансирование энергоносителей что, в первом случае составляет реальную угрозу энергетической безопасности заведения, а во втором ответственность перед финуправлением и КРУ, что тоже крайне неприятно.

Особенности энергопотребления и энергоэффективности в высших учебных заведениях рассматриваются в [1, 2].

Вопросами энергетической безопасности, прогнозирования и планирования занимались такие ученые как В.В. Литвак, В.П. Розен А.В. Праховник и др. В [3] сказано что, прогнозирование и планирование потребления энергии сильно связаны между собой и имеют общие черты. Если с помощью прогноза обнаруживаются негативные тенденции, то в планировании намечаются мероприятия по их устранению.

**Формулирование целей и задач статьи.** Статья посвящена решению задачи планирования потребления электроэнергии ВУЗами путём применения методов прогнозирования с целью повышение уровня энергетической безопасности учреждения, повышение эффективности оценивания уровня использования электрической энергии и повышению эффективности проведения тендерных процедур.

**Изложение основного материала.** При анализе временных рядов используется метод скользящей средней, в котором все данные независимо от периода их возникновения являются равноправными. Существует и другой способ, в котором данным приписываются веса. Более поздним данным придается больший вес, чем более ранним [4]. Метод экспоненциального сглаживания, который в отличие от метода скользящих средних может быть использован и для краткосрочных прогнозов будущей тенденции на один период вперед и автоматически корректирует любой прогноз в свете различий между фактическим и спрогнозированным результатом [5]. Именно поэтому метод обладает явным преимуществом. Простое экспоненциальное сглаживание именно так и устроено. Здесь более старым наблюдениям приписываются экспоненциально убывающие веса, при этом, в отличие от скользящего среднего, учитываются все предшествующие наблюдения ряда, а не те, что попали в определенное окно. Точная формула простого экспоненциального сглаживания имеет следующий вид:

$$S_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1} \quad (1)$$

где:  $S_t$  – сглаженный ряд;  $y_t$  – исходный ряд;  $\alpha$  – коэффициент сглаживания.

Когда эта формула применяется рекурсивно, то каждое новое сглаженное значение (которое является также прогнозом) вычисляется как взвешенное среднее текущего наблюдения и сглаженного ряда. Очевидно, результат сглаживания зависит от параметра  $\alpha$  (альфа). Если  $\alpha$  равно

1, то предыдущие наблюдения полностью игнорируются. Если  $\alpha$  равно 0, то игнорируются текущие наблюдения. Значения между 0 и 1 дают промежуточные результаты.

Динамику изменения показателя прогнозирования потребления электроэнергии, в январе месяце, за период 2002-2012 годов, объектом исследования, при  $\alpha = 0,1, 0,2, 0,3, \dots, 1$ , показано на (рис.1).

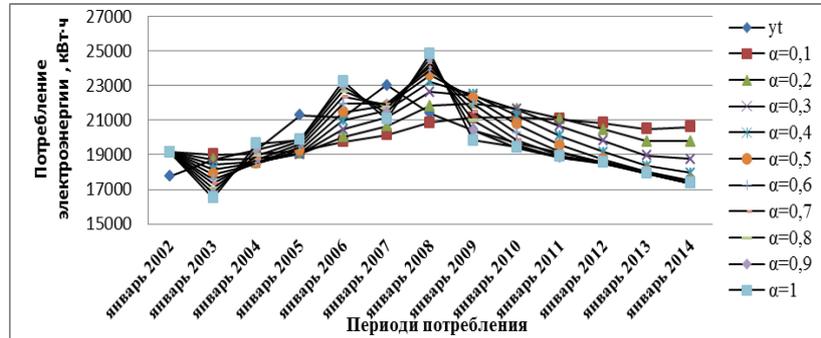


Рис. 1. Динамика изменения прогноза при  $\alpha = 0,1, 0,2, 0,3, \dots, 1$

Среднее значение суммы квадратов отклонений исходных значений переменной  $y_t$  от расчетных значений,  $\varepsilon$  показано на Рис.2.



Рис. 2. Динамика изменения средних значений квадратов отклонения,  $\varepsilon$  в зависимости от значения  $\alpha$

К числу методов, не связанных с априорным заданием параметра  $\alpha$ , следует отнести метод Чоу [6, 7]. Адаптивный алгоритм Чоу основан на последовательной подстройке параметра сглаживания под динамику обрабатываемого ряда. Сущность метода заключается в том, что устанавливается три значения параметра сглаживания: нормальное  $\alpha$ , высокое  $\alpha_g = \alpha + h_\alpha$  и низкое  $\alpha_n = \alpha - h_\alpha$ , где  $h_\alpha$  — шаг оптимизации параметра сглаживания. Эти значения сначала задаются произвольно, причем  $0 < \alpha_n, \alpha, \alpha_g < 1$ . Оценка, сделанная при использовании нормального значения параметра сглаживания, считается прогнозом, а оценки, полученные на основе высоких и низких значений  $\alpha_g$  и  $\alpha_n$  контрольными. При поступлении очередного отчета определяется, какое с трех значений параметра приводит к наименьшей сумме квадратов отклонений,  $\varepsilon$  которое затем рассматривается, как нормальное и на его основе осуществляется предсказание на следующем шаге как это показано в табл. 1.

Ошибку планирования методом экспоненциального сглаживания для коэффициента сглаживания  $\alpha=0,62$  можно найти по следующей формуле:

$$\sigma_{t+1} = \sigma_{y_t} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} [1 + 4 \cdot (1-\alpha) + 5 \cdot (1-\alpha)^2 + 2\alpha \cdot (4-3\alpha)l + 2\alpha^2 l^2]}, \quad (2)$$

где:  $\sigma_{y_t}$  — среднее квадратическое отклонение, рассчитано путём сопоставления входных

значений переменной  $y_t$  и значений, которые характеризуют тренд часового ряда,

$$\sigma_{y_t} = \sqrt{\frac{\sum (y_t - y)^2}{n-2}}$$

Таблица 1. Значения параметра сглаживания  $\alpha$  получение методом Чоу

				Шаг 5	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$
			Шаг 4	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$	
		Шаг 3	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$		
	Шаг 2	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$			
Шаг1	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$				
№	$\alpha=0,59$	$\alpha=0,6$	$\alpha=0,61$	$\alpha=0,62$	$\alpha=0,63$	$\alpha=0,64$	$\alpha=0,65$
$\hat{y}_1$	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8
$\hat{y}_2$	17627,5	17599,3	17571,1	17542,9	17514,8	17486,6	17458,4
$\hat{y}_3$	18559,6	18570,5	18582,2	18594,8	18608,2	18622,5	18637,6
$\hat{y}_4$	19448,7	19467,8	19486,9	19505,9	19524,9	19543,8	19562,5
$\hat{y}_5$	21893,1	21937,4	21981,1	22024,3	22066,9	22108,8	22150,2
$\hat{y}_6$	21943,5	21946,3	21947,7	21947,4	21945,7	21942,5	21937,8
$\hat{y}_7$	23888,5	23911,5	23933,7	23955,3	23976,4	23997,0	24017,2
$\hat{y}_8$	21993,1	21952,4	21910,8	21868,3	21824,9	21780,7	21735,8
$\hat{y}_9$	20319,4	20272,0	20225,5	20179,9	20135,3	20091,7	20049,1
$\hat{y}_{10}$	19176,7	19144,9	19114,9	19086,6	19060,0	19035,2	19012,0
$\hat{y}_{11}$	18527,2	18513,8	18502,0	18491,8	18483,0	18475,7	18469,6
$\hat{y}_{12}$	17940,1	17935,3	17931,5	17928,6	17926,6	17925,3	17924,7
$\hat{y}_{13}$	17334,0	17326,3	17320,2	17315,6	17312,3	17310,2	17309,2
$\varepsilon$	1628443	1625348	1623470	1622810	1623370	1625156	1628174

Соответственно ошибка прогнозирования для 12<sup>го</sup> и 13<sup>го</sup> периодов, при  $\sigma_{y_t} = 424$ , равна  $\sigma_{11+1} = 302$ , и  $\sigma_{11+2} = 343$ .

Результаты планирования потребления электроэнергии объектом исследования, методом экспоненциального сглаживания, при коэффициенте сглаживания  $\alpha = 0,62$ , полученным методом Чоу на январь 2013 и 2014 годов показано в табл.2.

Таблица 2. Результаты расчётов с учётом ошибки прогнозирования при  $\alpha = 0,62$

Период	План	Ошибка прогноза	Верхняя граница доверительного интервала	Нижняя граница доверительного интервала
Январь 2013	17929	$\pm 302$	18231	17626
Январь 2014	17316	$\pm 343$	17659	16973

Сравнительный анализ квадратов отклонений входных значений переменной  $y_t$  от расчётных величин, полученных разными аналитическими методами, показано в табл. 3.

Таблица 3. Сравнительный анализ разных аналитических методов

№ п/п	Вид функции	$\sum (y_t - y)^2$
1	Линейная модель $y_t = 19042,5 + 124,3t$	2275025
2	Экспоненциальное сглаживание при $\alpha=0,3$	2247653
3	Экспоненциальное сглаживание $\alpha=0,6$	1625348
4	Экспоненциальное сглаживание при $\alpha=0,62$ рассчитанное методом Чоу	1622810

С табл. 3 видно, что адаптивный алгоритм Чоу основан на последовательной подстройке параметра сглаживания  $\alpha$  под динамику обрабатываемого ряда значительно повышает качество планирования потребления электроэнергии в ВУЗах так как среднее значение суммы квадратов отклонений от расчетных значений, найденных при применении различных аналитических методов является наименьшим.

**Выводы:**

1. Планирование потребления энергоносителей ВУЗами на основе экспоненциального прогнозирования повышает эффективность их использования и повышает энергетическую безопасность учреждения. Указанный метод имеет ряд положительных особенностей: возможность максимального использования ограниченной по объему исходной информации, ясный экономический смысл и простоту прогнозных функций, высокую надежность конечных результатов

2. Качество работы метода Чоу зависит от исходного параметра сглаживания. Его нужно выбирать как можно ближе к конечному, используя следующие рекомендации: чем точнее значение параметра сглаживания тем выше адаптивные свойства прогнозирующих моделей, и наоборот, с уменьшением точности  $\alpha$ , модель отражает долговременную тенденцию уменьшения показателя.

**Список литературы:**

1. В.П. Розен, В.Ф. Ткаченко, Г.В. Курбака. Шляхи вирішення проблем фінансування впровадження заходів з енергозбереження в організаціях бюджетної сфери України // Енергетика: економіка, технології, екологія. Науковий журнал НТУУ «КПІ». – 2012. – Вип. 1. – с. 71–77.
2. Ткаченко В.Ф. Інструменти управління вибором енергозберігаючих заходів у вищих навчальних закладах. Енергетика та електрифікація. 2013. – Вип. 7. – с 21–26
3. О. І. Соловей, В. П. Розен, Ю. Г. Лега, О. О. Ситник, А. В. Чернявський, Г. В. Курбака. Енергетичний аудит: Навчальний посібник. – Черкаси.; ЧДТУ, 2005. – 299 с
4. Лукашин Ю.П., Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учебное пособие. - М.: Финансы и статистика, 2003.-416 с.
5. Рожков Л.Н., Френкель А.А. Выбор оптимального параметра в методе экспоненциального сглаживания. Основные проблемы и задачи научного прогнозирования. М.: 1972, с 17-32.
6. Chow W.M. Adaptive control of the exponential smoothing constant. – J. of indust/ Engineering, 1965, vol. 16, N
7. Жердев Н.К. Метод выбора переменной экспоненциального сглаживания //Автоматика. 1983. №6. С. 78-83

**Анализ целесообразности увеличения толщины термооболочки зданий**

**В. Н. Угловский**

*Вологодский государственный технический университет, Россия, г. Вологда*

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов как в России, так и во всем мире является одной из самых актуальных проблем. До недавнего времени дешевизна энергоносителей в нашей стране не позволяла ощутить максимальный экономический эффект от использования современных теплосберегающих материалов и оборудования. Только за последние несколько лет цены на электроэнергию выросли более чем на 45%, а на газ – более чем на 65%. Энергосберегающие технологии с каждым днем становятся все более востребованными. Целью строительства энергосберегающих домов является минимизация эксплуатационных расходов здания при условии сохранения комфортных условий проживания, защита окружающей среды от вредных отходов теплоисточников и теплового загрязнения.

В России за последний год был принят ряд основополагающих документов, способствующих повышению энергоэффективности:

– закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности»;

– приказ Министерства регионального развития РФ от 28 мая 2010 года № 262 «О требованиях энергетической эффективности зданий»;

– приказ Министерства энергетики РФ от 19 апреля 2010 года № 182 «Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования и к энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации».

При проектировании энергоэффективных домов главное внимание уделяется следующим 5ти аспектам: энергоэффективное архитектурно-планировочное решение, энергосберегающее утепление здания, энергосберегающие окна, эффективная система воздухообмена, альтернативные источники энергии.

Первостепенной задачей после создания архитектурно-планировочного решения и рационального расположения здания по сторонам света является комплексный подбор энергоэффективного утепления и стеклопакетов. Зачастую этому этапу, в современных условиях проектирования, не уделяют должного внимания, принимая толщину утеплителя и расчетное значение сопротивления теплопередаче окон по минимально-допустимому значению согласно строительных норм и правил, что ведет к относительно большим эксплуатационным затратам на отопление и вентиляцию здания.

В связи с этим основной целью работы является анализ целесообразности увеличения толщины теплоизоляционной оболочки здания, а также расчетного сопротивления теплопередаче окон.

Методика проведения исследования заключается в следующем:

1) Для проектируемого здания первоначальный выбор теплозащитных свойств конструкций здания производится, согласно [1] и [2], по показателям «а» и «б». Здание представляет собой двухэтажный дом усадебного типа с мансардой, стены двух типов - кирпичные с эффективным утеплителем (тип 1) и каркасно-деревянные с эффективным утеплителем (тип 2), пол выполнен по грунту.

2) Задавшись начальными параметрами выполним расчет по показателю «в» - удельному расходу тепловой энергии на отопление здания, позволяющему варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий. Расчет по данному показателю максимально отразит теплозащитные характеристики проектируемого здания и даст возможность присвоить класс энергетической эффективности.

3) Анализ эффективности увеличения толщины теплоизоляционной оболочки сверх нормативных значений, полученных по показателям «а» и «б».

Осуществляется путем перерасчета удельного расхода тепловой энергии (показатель «в») при последовательном увеличении толщины каждого элемента термооболочки здания в отдельности, что дает возможность судить об изменениях показателей в более широкой форме. Помимо утеплителя в работе так же рассмотрены энергосберегающие окна и их вклад в общую картину теплоизоляции здания.

В результате выполненных расчетов получили следующие нормируемые значения по показателям «а» и «б»:

- для стен «типа 1»:  $R_{\text{req}} = 3,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  (принимаем утеплитель Rockwool Кавити Баттс™  $t=90\text{мм}$ );

- для стен «типа 2»:  $R_{\text{req}} = 3,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  (принимаем утеплитель Rockwool Лайт Баттс™  $t=120\text{мм}$ );

- для кровли:  $R_{\text{req}} = 5,01 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  (принимаем утеплитель Rockwool Лайт Баттс™  $t=200\text{мм}$ );

- приведенное сопротивление теплопередаче пола по грунту:  $R_f = 2,37 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;

- для окон  $R_{\text{req}} = 0,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Далее, согласно методике, представленной в приложении Г[1], был определен фактический удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $q_h^{\text{des}} = 86,23 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$ , а так же потребность в тепловой энергии за отопительный период  $Q_h^y = 123920 \text{ МДж}$ . Согласно таблице 8 [1] нормируемый  $q_h^{\text{req}} = 110 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{сут})$ , из чего следует, что зданию можно присвоить класс энергетической эффективности В – высокий.

Одним из основополагающих решений в начальном этапе проектирования при создании комфортного, а главное, энергоэффективного здания является его правильно подобранная теплоизоляция. Увеличивать толщину утеплителя можно вплоть до метровых величин, но будет ли это выгодно как с энергетической, так и с экономической стороны может отразить только расчет.

Изменение приведенного сопротивления теплопередаче стен здания при увеличении толщины теплоизоляции стен представлено в таблице 1. При каждом увеличении толщины теплоизоляции стен был проведен перерасчет по показателю «в». На основании результатов составлен график снижения потребности в тепловой энергии, представленный на рисунке 1.

Аналогичные расчеты были сделаны для утеплителя кровли, утеплителя пола по грунту и светопрозрачных конструкций (окон). Результаты сведены в отдельные графики.

Таблица 1. Увеличение толщины теплоизоляции стен.

Увеличение толщины утеплителя на, мм	Расчетное сопротивление теплопередаче доп. слоя, $(\text{м}^2\cdot\text{°C})/\text{Вт}$	Приведенное сопротивление теплопередаче стен, $(\text{м}^2\cdot\text{°C})/\text{Вт}$
50	1,25	4,285
100	2,5	5,41
150	3,75	6,535
200	5	7,66

Потребность в тепловой энергии на отопление, МДж

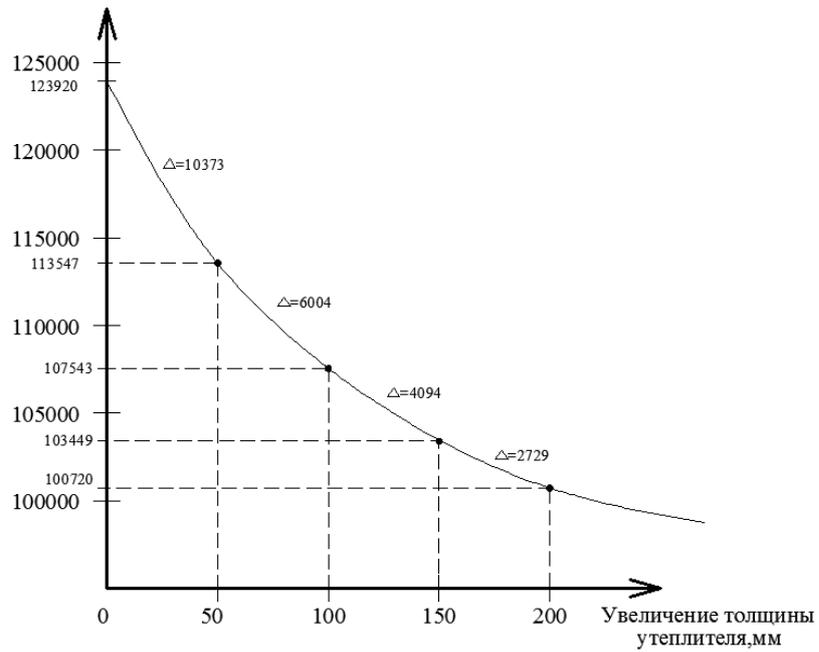


Рис. 1. График снижения потребности в тепловой энергии при увеличении толщины утеплителя стен

Потребность в тепловой энергии на отопление, МДж

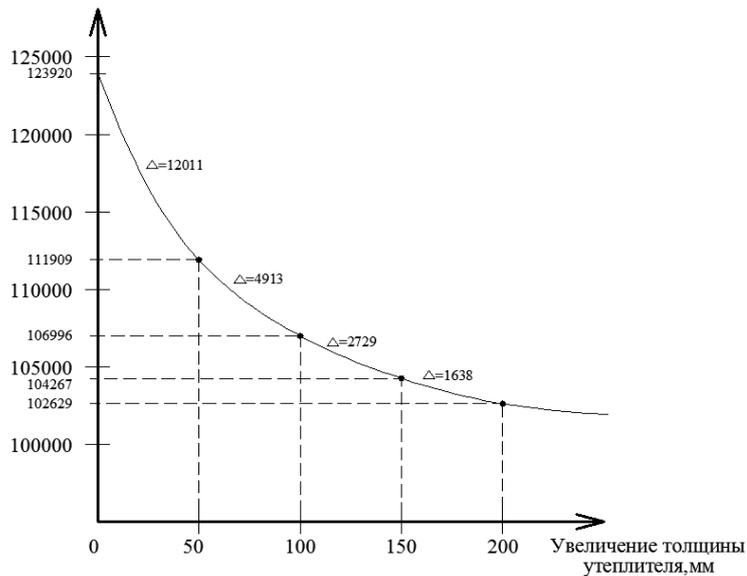


Рис. 2. График снижения потребности в тепловой энергии при увеличении толщины утеплителя пола по грунту

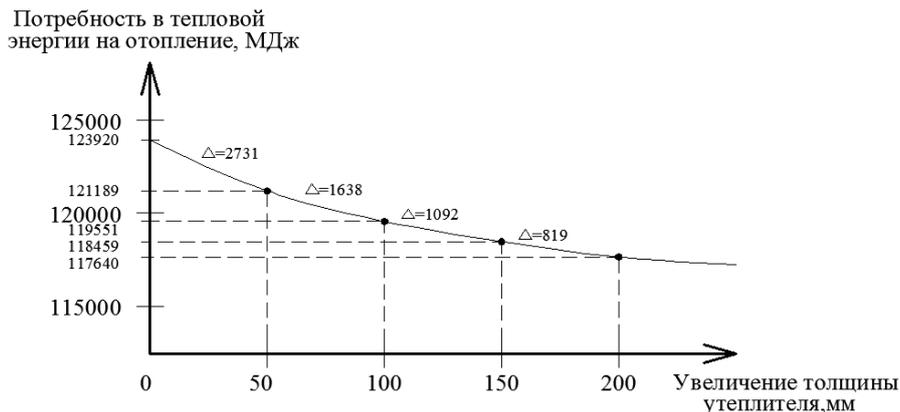


Рис. 3. График снижения потребности в тепловой энергии при увеличении толщины утеплителя кровли

По результатам аналитических данных принимаем следующие решения: для стен «типа 1»  $t_{\text{ут}}=150\text{мм}$ ; стен «типа 2»  $t_{\text{ут}}=250\text{мм}$ ; для пола по грунту  $t_{\text{ут}}=100\text{мм}$ ; окна энергоэффективные  $R_{\text{req}}=1\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$ .

Фактический удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $q_{\text{н}}^{\text{des}}=50,44\text{кДж}/(\text{м}^2\cdot\text{°C}\cdot\text{сут})$  уменьшился на 41.5%. Потребность в тепловой энергии за отопительный период  $Q_{\text{н}}^{\text{y}}=72060\text{МДж}$  уменьшилась на 41.8%. Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания  $q_{\text{н}}^{\text{des}}$  от нормативного составляет минус 54.15%. Согласно таблицы 3 [1] зданию можно присвоить класс энергетической эффективности А – очень высокий.

Таким образом после комплексного и сравнительно небольшого увеличения теплозащитных свойств оболочки здания затраты на отопление здания уменьшились на 41.8%.

Проанализировав полученные результаты и графики можно сделать вывод о том, что целесообразность увеличения толщины утеплителя и увеличение расчетного сопротивления окон постепенно уменьшается по закону показательной функции. Из этого следует, что для получения наилучшего эффекта утепления здания необходимо увеличить толщину каждого компонента оболочки здания в разумных пределах, которые необходимо определять путем детального анализа. При нынешнем росте цен на энергоносители рациональное увеличение термозащиты здания будет давать весомый экономический эффект для владельцев недвижимости, а также вносить свой вклад в сохранение энергоресурсов и окружающей среды.

#### Список литературы:

1. Строительные нормы и правила: СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.- Введ. 01.10.2003.- М.: ЦИТП Госстроя России, 2003.-45 с.
2. Свод правил: СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.- Введ. 01.06.2004.- М.: ЦИТП Госстроя России, 2004.-186 с.

#### Разработка эффективной программы энергосбережения для МУЗ «ШЦРБ»

*Худжамкулов Искандар Назарбаевич, Климова Галина Николаевна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Начиная с 2008 года, на территории Российской Федерации был принят ряд федеральных документов, таких как указ президента №889, ФЗ №261, направленных на разработку программ повышения энергетической эффективности для потребителей всех уровней. Согласно 261 ФЗ бюджетным учреждениям необходимо снизить общее энергопотребление на 15% к 2015 году относительно показателей 2009 года.[3] Данные меры направлены на снижение энергопотребления всех бюджетных сфер деятельности и, как следствие, снижение нагрузки на местные и областные бюджеты.

На региональном и муниципальном уровнях крупнейшими бюджетными потребителями являются объекты образования и здравоохранения. Высокие расходы энергии в бюджетной сфере определяются тем, что значительная часть объектов изношена, требует капитального ремонта и

имеет низкий уровень благоустройства. Для модернизации всех объектов бюджетной сферы, включая меры по повышению эффективности использования коммунальных ресурсов, потребуется не менее 500 млрд руб. Бюджетная система не способна выделить такой объем ресурсов на данные цели. Однако потребность в них может быть существенно снижена при запуске механизмов, в которых экономия финансирует модернизацию.[2]

Ввиду снижения инвестиций в энергетику в последние годы и постоянного дефицита местных и областных бюджетов, необходимо реализовать организационные и технические мероприятия по обеспечению надежности и качества электрической энергии при минимальных затратах[1]. Для этого необходимо не только обеспечить минимизацию затрат на покупку, доставку и установку оборудования, но и грамотно составить программу энергосбережения. Постепенное внедрение энергосберегающих мероприятий позволяет распределить капитальные вложения по годам, разгрузив тем самым бюджет, а градация по степени приоритетности позволяет внедрять в первую очередь наиболее эффективные мероприятия.

Исследование проведено на примере МУЗ «Шегарская центральная районная больница» расположенного в районном центре Шегарского района Томской области, с. Мельниково. На территории района насчитывается 37 населенных пунктов, 6 сельских поселений, общая численность населения Шегарского района 20676 человек. Объект был выбран, как наглядный пример нерационального использования энергетических ресурсов и наиболее социально значимый для данного района.

После проведения документального и инструментального анализов в МУЗ ШЦРБ, был разработан ряд организационных и технических мероприятий по снижению энергопотребления и обеспечению надежности электроснабжения.

В результате анализа договора электроснабжения были выявлены следующие нарушения:

Категория надежности электроснабжения указана как 3, в то время как хирургическое отделение больницы относится к 1 категории надежности электроснабжения, остальная часть больницы – ко второй.

Не установлены значения аварийной и технологической брони.

Точка раздела балансовой и эксплуатационной принадлежности расположена на шинах питающей подстанции, в то время, как она должна находиться на ближайшей к потребителю опере питающего фидера.

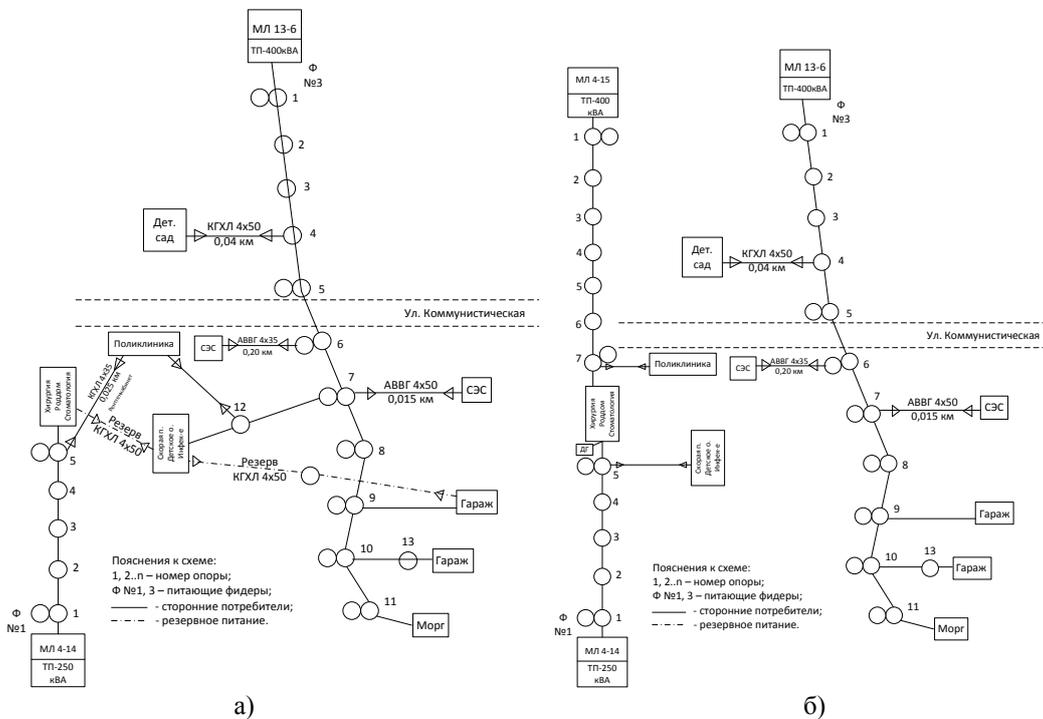


Рис. 1 – Существующая и модернизированная схемы электроснабжения

Внесение изменений в договор электроснабжения и разработка акта согласования технологической и аварийной брони электроснабжения позволило ликвидировать данные ошибки,

повысить надежность электроснабжения и снизить затраты, связанные с оплатой потерь электрической мощности в питающем фидере.

Существующая система внешнего электроснабжения больницы была разработана с учетом 3 категории надежности всех потребителей и не обеспечивала питания потребителей первой категории надежности электроснабжения от двух независимых источников питания и резервного источника. Таким образом встал вопрос и модернизации питающей сети, с учетом изменений в договоре энергоснабжения и категорийности электроприемников. Было принято решение о постройке дополнительной ЛЭП от близлежащей подстанции и изменении схемы подключения корпусов больницы. На рисунках 1а и 1б изображены существующая и модернизированная схемы внешнего электроснабжения соответственно.

В качестве резервного источника электроснабжения было решено использовать газопоршневую когенерационную установку, т.к. после подробного технико-экономического анализа данной установки с дизельным генератором, были выявлены следующие ее преимущества:

- Низкая себестоимость энергии, за счет одновременной выработки тепловой и электрической энергии;
- Более низкие цены на топливо, отсутствие необходимости транспортировки и создания резерва топлива;
- Обеспечение тепловой энергией от независимого источника, возможность создания централизованной системы ГВС, что влечет за собой повышение социального уровня больницы.

Ввиду того, что на освещение приходилась основная часть электропотребления больницы и система освещения являлась устаревшей, было принято решение о ее модернизации, с использованием современных энергоэффективных источников света.

Затраты на тепловую энергию являются основной статьей расхода больницы, вместе с тем инструментальное исследование тепловой системы показало, что тепловая энергия расходуется, в основном, на отопление зданий. В связи с неудовлетворительным состоянием ограждающих конструкций зданий больницы большая часть тепловой энергии расходовалась на потери через ограждающие конструкции зданий. Это послужило поводом для модернизации ограждающих конструкций, с целью повышения их термического сопротивления.

Используя данные произведенных расчетов энергосберегающие мероприятия были представлены в таблице 1, с данными о капитальных затратах, потенциале экономии и сроку окупаемости по каждому из них. Таблица составлена с учетом приоритетности каждого из мероприятий и графика их внедрения. Для этого была произведена оценка и ранжирование энергосберегающих мероприятий по следующим параметрам:

- капитальные затраты;
- годовое сбережение энергии и денежных средств;
- срок окупаемости мероприятия.

Таблица 3.2 – График внедрения энергосберегающих мероприятий

Год внедрения	Наименование мероприятия	Капитальные затраты, тыс. руб.	Эффект от энергосбережения
2013	Модернизация внешней питающей сети больницы	160	119,01МВт; 303,15 Гкал
2013	Внедрение газопоршневой установки с комбинированной выработкой тепловой и электрической энергии	980	
2013	Реконструкция систем внутреннего освещения корпусов больницы	302,74	
2013	Установка индивидуальных тепловых пунктов	1600	
2014	Установка оконных конструкций из ПВХ профиля	3197,72	262,29 Гкал
2015	Утепление наружных ограждающих конструкций зданий больницы	5637,41	427,52 Гкал

Предпочтение отдавалось мероприятиям с меньшими капитальными затратами и большим годовым сбережением энергии и денежных средств, что в результате обеспечило меньший срок окупаемости проекта.

Несмотря на небольшую привлекательность, с точки зрения экономии энергетических ресурсов и срока окупаемости, таких мероприятий, как модернизация внешней питающей сети и внедрение газопоршневой установки, эти мероприятия должны быть реализованы в первую очередь. Это необходимо для обеспечения требуемого уровня надежности электроснабжения и нормального функционирования ШЦРБ.

Реконструкция систем внутреннего освещения корпусов больницы позволяет сэкономить значительное количество электрической энергии при относительно небольших капиталовложениях. Это делает данное мероприятие наиболее привлекательным для реализации в 2013 году. Такие энергосберегающие меры, как замена окон и утепление ограждающих конструкций не требуют значительных затрат на обслуживание, что позволяет обеспечить экономию денежных средств без дополнительных расходов. Ввиду высокой стоимости модернизации ограждающих конструкций в 2014 году будет произведено только данное мероприятие. Внедрение индивидуальных тепловых пунктов является наименее привлекательным с экономической точки зрения, поэтому данное мероприятие будет выполнено в последнюю очередь, в 2015 году.

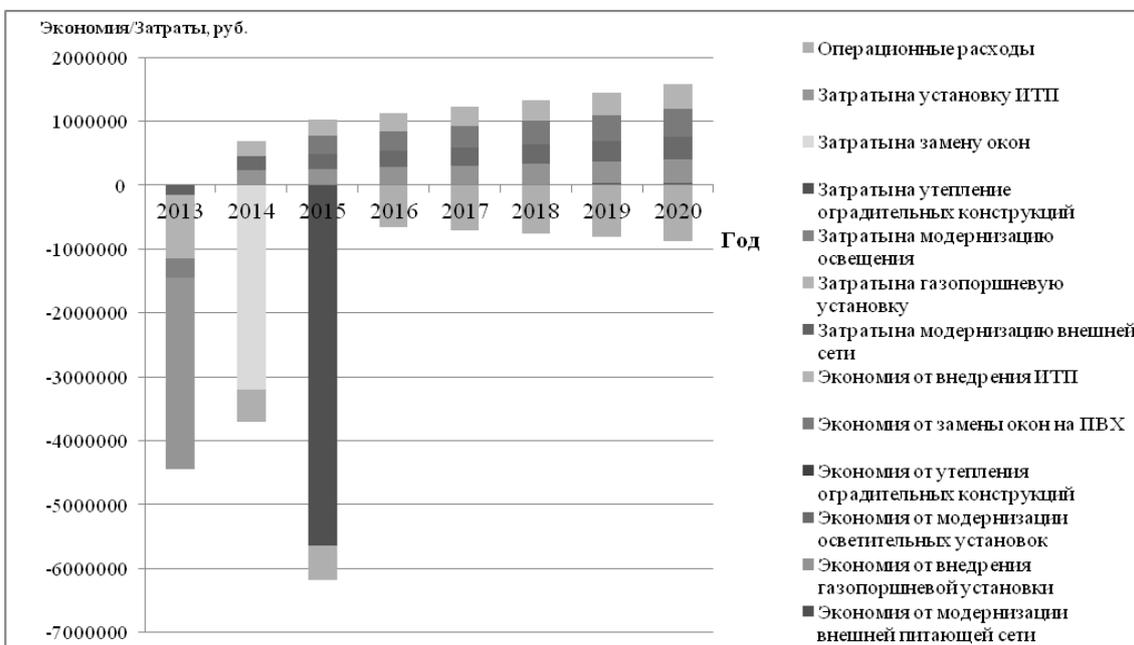


Рис. 2 – Капитальные затраты и динамика изменения количества сэкономленных денежных средств за счет применения энергосберегающих мер.

Начиная с 2016 года, после завершения всех строительных и монтажных работ, стоимость сэкономленной энергии значительно превышает текущие затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования, а так же выплату заработной платы персоналу и т.д. Представленная программа энергосбережения и предложенные организационные и технические мероприятия позволяют обеспечить поставленной в 261 ФЗ задачи о 15% снижении энергозатрат к 2015 году, по сравнению с показателями 2009 года. Более того, в части тепловой энергии представляется возможным достичь 45% снижения энергопотребления из внешней сети, за счет снижения потерь через ограждающие конструкции, исключения перерасхода энергии из-за перетопа зданий и самостоятельной выработки тепловой энергии на нужды ГВС.

#### Список литературы:

1. Горюнов И.Т., Мозгалева В.С., Богданова В.А. Проблемы обеспечения качества электрической энергии. // Электрические станции, 2001. №1. С. 16-20.
2. Повышение энергоэффективности в организациях бюджетной сферы. Режим доступа: [[http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=4404](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4404)]. Дата доступа: 25.11.2013 г.

3. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"

**Проекты повышения энергоэффективности и энергосбережения: особенности расчета ставки дисконтирования**

**Чернов С.С., Бельчикова Е.С.**

*ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный технический университет», Россия, г.*

*Новосибирск*

[belchikova-e@mail.ru](mailto:belchikova-e@mail.ru)

Несмотря на существенный прогресс в повышении энергоэффективности в последние годы, Россия все еще принадлежит к группе стран с очень высокой энергоемкостью ВВП. Снижение энергоемкости ВВП стало одним из важнейших исходных условий формирования вариантов развития экономики на период до 2020 года.

При этом основным препятствием для реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности являются экономические и финансовые барьеры. Речь идет о высоких инвестиционных затратах на такие проекты, в частности неприемлемость для предприятий длительных сроков окупаемости (низкой финансовой эффективности) проектов в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. Также препятствием является недостаток собственных средств предприятий для осуществления проектов по повышению энергоэффективности и неприемлемые условия внешнего финансирования, предлагаемые на рынке и тесно связанные с высоким уровнем инвестиционных затрат. Помимо этого, для реализации мероприятий по энергосбережению невозможно практически применять меры государственной поддержки в связи с чрезмерно высокими затратами времени и средств на подготовку документов для ее получения [1].

В таких условиях проекты по повышению энергоэффективности будут утверждаться только в том случае, если они будут обладать достаточно высокой инвестиционной привлекательностью. Инвестиционная привлекательность любого проекта отражается в оценке его эффективности. Эффективность инвестиционного проекта характеризуется системой показателей, отражающих соотношение затрат и результатов применительно к интересам его участников. Одним из основных показателей для оценки экономической эффективности инвестиционных проектов является чистый дисконтированный доход или NPV. Суть данного показателя состоит в сравнении текущей стоимости будущих денежных поступлений от реализации проекта с необходимыми для этого расходами. Процесс пересчета будущей стоимости денежного потока в текущую называется дисконтированием, а ставка, по которой происходит дисконтирование, – ставкой дисконтирования [2]. Выбор ставки дисконтирования – спорный момент при оценке инвестиционного проекта, т.к. даже небольшое отличие в значении ставки дисконтирования может сделать перспективный и прибыльный проект убыточным. Помимо NPV ставка дисконтирования влияет также и на дисконтированный срок окупаемости инвестиций – при разных ее значениях один и тот же проект может окупиться в различные сроки, что не может не влиять на его привлекательность для потенциальных инвесторов. В связи с этим представляет интерес обзор основных методов расчета ставок дисконтирования и области их применения для проектов энергосбережения и энергоэффективности.

Наиболее распространенными являются следующие методы расчета ставок дисконтирования:

- метод оценки капитальных активов (САРМ);
- метод кумулятивного построения (ССМ);
- метод средневзвешенной стоимости капитала (WACC).

Первый метод основан на модели оценки доходности капитальных активов (САРМ). Это теоретическая модель, которая базируется на анализе информации фондового рынка. Ставка дисконтирования в соответствии с этой моделью рассчитывается по формуле (1).

$$RD = R_f + \beta(R_m - R_f), \quad (1)$$

где RD – ставка дисконтирования;  $R_f$  – безрисковая ставка доходности;  $R_m$  – среднерыночная норма прибыли;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий меру систематического риска, т. е. риска, связанного с макроэкономическими и политическими процессами в стране [3].

В качестве безрисковых активов для определения показателя  $R_f$  рассматриваются обычно государственные ценные бумаги. Величина коэффициента  $\beta$  определяется на основе анализа ретроспективных данных [4]. Однако в условиях российской экономики использование длительного периода наблюдений для расчета  $\beta$ -коэффициента может дать коэффициент, не соответствующий текущей ситуации компании.

Анализ динамики изменения индекса ММВБ Энергетика, который в случаях оценки энергопроектов мог бы служить показателем  $R_m$ , свидетельствует, что доходность менялась бы от -74% до +165%. Поэтому говорить об определении разумных параметров среднегодового избыточного дохода в России сейчас невозможно. Что касается области применения метода CAPM, то данный метод может использоваться ОАО, для ЗАО метод потребует корректировок. Этот метод не смогут применить и фирмы, у которых нет достаточной статистики (минимум 5 лет) для расчета своего  $\beta$ -коэффициента [5]. Таким образом, для предприятий России, реализующих проекты по повышению энергоэффективности, может быть затруднительно применение данного метода.

Второй подход к определению величины ставки дисконтирования основан на методе кумулятивного построения (CCM). Метод позволяет учесть все виды рисков инвестиционных вложений, связанных как с факторами общего характера, так и со спецификой оцениваемого проекта. Ставка дисконтирования с использованием метода CCM рассчитывается по формуле (2).

$$RD = R_f + i + \sum_{i=1}^n R_i, \quad (2)$$

где  $RD$  – ставка дисконтирования;  $R_f$  – безрисковая ставка доходности;  $i$  – темп инфляции;  $R_i$  – премия за  $i$ -вид риска;  $n$  – количество премий за риск [5].

В российской оценочной практике экспертная оценка премий за риск обычно имеет следующую структуру:

- качество руководства (0 – 5%);
- размер компании (0 – 5%);
- финансовая структура (0 – 5%);
- диверсификация производственная и территориальная (0 – 5%);
- диверсификация клиентуры (0 – 5%);
- доходы: рентабельность и прогнозируемость (0 – 5%);
- прочие особенные риски (0 – 5%) [2, с. 185].

Стоит отметить, что в соответствии с данной методикой всем факторам риска соответствует достаточно широкий диапазон премии за риск. По каждому фактору предполагается субъективная оценка надбавки за риск, а, следовательно, и субъективная оценка величины ставки дисконтирования. В методике отсутствует обоснование – почему конкретный диапазон величины премии за риск соответствует конкретному фактору.

Другой подход к определению премии за риск в рамках расчета ставки дисконтирования методом CCM изложен в Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов. В рамках этого подхода при использовании кумулятивного метода рекомендуется учитывать три типа риска: страновой риск; риск ненадежности участников проекта; риск неполучения предусмотренных проектом доходов [6, с. 52]. Этот подход также не лишен недостатков: в отношении риска ненадежности участников проекта нет конкретных рекомендаций по расчету премии за риск, в отношении риска неполучения предусмотренных проектом доходов приведены лишь ориентировочные величины поправок на риск с достаточно широким диапазоном, использование которых в свою очередь приводит к субъективизму оценки.

Таким образом, для использования этого метода на практике необходимо разработать процедуру, позволяющую повысить объективность оценки. Стоит отметить, что, несмотря на указанные недостатки, метод кумулятивного построения является универсальным. При использовании для проектов повышения энергоэффективности данный метод позволяет учесть специфические риски таких проектов, такие как риски, связанные с управлением проектами, риски, связанные с развитием инфраструктуры и т.д.

Третий подход к определению величины ставки дисконтирования основан на методе средневзвешенной стоимости капитала (WACC). Метод WACC учитывает соотношение акционерного и заемного капитала. Ставка дисконтирования с использованием метода WACC рассчитывается в соответствии с формулой (3).

$$RD = K_C \cdot W_C + ((K_3 - SR \cdot 1.1) + SR \cdot 1.1 \cdot (1 - T)) \cdot W_3, \quad (3)$$

где RD – требуемая норма доходности (ставка дисконтирования);  $K_C$  – стоимость собственного капитала;  $W_C$  – доля собственного капитала;  $K_3$  – стоимость заемного капитала;  $W_3$  – доля заемного капитала; T – ставка налога на прибыль; SR – ставка рефинансирования [2, 7].

WACC применим в качестве ставки дисконтирования при выполнении следующих условий:

- анализ проекта производится с позиции действующего предприятия-проектоустроителя;
- новый инвестиционный проект и обычные для компании инвестиции имеют одинаковую степень риска, финансируются из одних и тех же источников;
- проект не должен быть большим и требовать привлечения дополнительных источников финансирования;
- цены каждого из источников капитала не должны меняться в течение срока жизни проекта [8, с. 224 – 225].

При невыполнении данных условий для оценки ставки дисконтирования методом WACC рекомендуют использовать переменную по шагам проекта норму дисконта [2, с. 181]. Однако авторы данной статьи считают такой подход неверным: сложно представить, что инвестор на стадии предпроектной разработки, оценивая перспективы проекта, полагает, что его ожидания в отношении степени рискованности проекта с каждым шагом расчета проекта будут меняться. Таким образом, с точки зрения авторов статьи, изменения по шагам проекта исходных данных для расчета средневзвешенной стоимости капитала не являются ограничением области применения данного метода для оценки ставки дисконтирования инвестиционного проекта. Ставка дисконтирования оценивается на стадии предпроектной разработки и на протяжении всего расчетного периода является неизменной.

В результате анализа особенностей рассмотренных подходов к определению нормы дисконта был сделан вывод: существующие подходы к оценке ставки дисконта не учитывают как характерные особенности проектов повышения энергоэффективности, так и особенности страны, на территории которой реализуются такие проекты, отраслевые особенности компаний, в рамках которых реализуются проекты. Однако, даже с учетом имеющихся недостатков, из рассматриваемых подходов наиболее точным и объективным подходом является подход, основанный на методе WACC, в связи с наименьшей долей экспертных оценок в расчетной формуле. Далее было принято решение на основе метода WACC разработать рекомендации по его совершенствованию и адаптации для расчетов проектов повышения энергоэффективности.

Разработка таких рекомендаций и будет являться дальнейшим направлением представленной работы.

#### Список литературы:

1. Гашо Е. Г., Пузаков В. С., Степанова М. В. Особенности реализации политики энергосбережения в регионах: аналитический сб. – М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2012. – 62с.
2. Есипов В.Е. [и др.] Экономическая оценка инвестиций: Теория и практика. – СПб.: Вектор, 2006. – 288 с.
3. Черепанов Д. Ставка дисконтирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.umito.ru/backoffice/257-diskontstavka> (дата обращения 15.11.2013).
4. Салун В.С. Критерии выбора ставки дисконтирования при анализе инвестиционных проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alt-invest.ru/index.php/ru/biblioteka/tematicheskie-stati/analiz-investitsionnykh-proektov/1585-kriterii-vybora-stavki-diskontirovaniya-pri-analize-investitsionnykh-proektov> (дата обращения 10.11.2013).
5. Манагаров Р. Обзор методов расчета ставки дисконтирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.cfin.ru/finanalysis/math/discount\\_rate.shtml](http://www.cfin.ru/finanalysis/math/discount_rate.shtml) (дата обращения 18.11.2013).
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Вторая редакция. Официальное издание. – М.: Экономика, 2000. – 421с.
7. Панферов Д.И. Особенности и методика оценки стоимости финансовых ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.profiz.ru/peo/5\\_2012/osobennosti\\_i\\_metodi/](http://www.profiz.ru/peo/5_2012/osobennosti_i_metodi/) (дата обращения 18.11.2013).
8. Киселева Н.В. [и др.] Инвестиционная деятельность: учеб. пособие для студентов ВУЗов. – М.: КРОНУС, 2006. – 432с.

**Центр управления и принятия решений для топливно-энергетического комплекса региона***Лукьянец А.А., Чернов А.Г., Ротарь В.Г.\***Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН**\* НИ Томский политехнический университет, г. Томск**chernov\_artem@mail.ru*

Состояние дел в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) является одним из определяющих факторов для успешного социально-экономического развития региона. Особенно это заметно в регионах, где сосредоточены значительные запасы нефти и газа, функционируют мощные энергетические комплексы. Эффективно использовать имеющиеся ресурсы, обеспечивать развитие энергетических комплексов и связанных с ними смежных областей экономики, ориентируясь на социально-экономический рост территории в целом с минимально возможным воздействием на окружающую среду – это те задачи, которые встают перед органами власти, компаниями, составляющими ТЭК. Только сонаправленные, согласованные действия всех участников ТЭК могут обеспечить качественное развитие данной сферы и что возможно более важно, способствовать прогрессу в других подотраслях, которые без ТЭК в настоящее время не могут существовать, но вполне вероятно в среднесрочной перспективе имеют большие шансы на самостоятельное устойчивое функционирование, включая работу на новых рынках. Так, например, в Томской области подотрасли, которые на протяжении долгого времени являются «спутниками» ТЭК (образование, машиностроение, разработка автоматизированных систем управления и др.), всё больше и больше обретают устойчивость, диверсифицируют производство. Для продолжения сложившихся тенденций, объединения усилий в сфере ТЭК по нашему мнению необходимо в том числе рассматривать новые организационные формы взаимодействия, управления. Одной из таких форм взаимодействия по нашему мнению может стать центр управления и принятия решений (ЦУиПР) для топливно-энергетического комплекса региона.

Коллективные центры управления, принятия решений уже не являются для России чем-то особенно новым. Так, например, уже несколько лет в ряде отраслей, ведомствах функционируют ситуационные центры (СЦ) - сложные программно-аппаратные комплексы, включающие в себя средства сбора, ввода и обработки информации, средства моделирования ситуации и анализа последствий принимаемых решений. Подобные центры созданы для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, контроля режимов работы энергосистем, транспорта и т.д., т.е. предназначены для оперативного реагирования на некоторый ограниченный круг потенциальных проблем.

Сфера ТЭК с точки зрения региональной экономики нуждается несколько в ином подходе. Здесь пересекаются интересы многих отраслей, от которых зависит социально-экономическое положение населения, развитие территорий. Поэтому требуется выработка сбалансированных по различным критериям (экономические, социальные, технологические, экологические) решений, участие в них значительного числа руководителей. К сожалению на практике зачастую случается, что участники сферы ТЭК занимают обособленные позиции, вступают в противоречия. Тогда как мировой опыт показывает, что конструктивным и интеграционным является «кластерный» подход, объединяющий разрозненные усилия в сфере развития ТЭК. Положительные примеры этому существуют как в России (Ханты-Мансийский автономный округ, Тюменская область) так и зарубежом (Норвегия, Канада и др.).

Для развития региона ЦУиПР ТЭК может обеспечить решение следующих важнейших задач:

- разведка месторождений полезных ископаемых, повышение геологической изученности на территории;
- оценка рисков реализации проектов по разработке месторождений;
- поиск, апробация, распространение технологий по разработке трудноизвлекаемых запасов;
- выработка решений по проектированию и дальнейшему строительству объектов наземного обустройства, линий электропередач, дорог и трубопроводов с целью их совместного использования недропользователями;
- координирование проектов по развитию смежных секторов производства и услуг, привлечению кадровых ресурсов.

Актуальность создания подобного центра вызвана в том числе тем, что всё большую долю в ресурсной базе недропользователей занимают трудноизвлекаемые запасы, а также запасы небольших, разрозненных месторождений. Их разработка экономически не рентабельна,

рискованна, требует применения дорогостоящих современных технологий. В то же время компании неохотно делятся имеющимся опытом, геологическими данными, практически не реализуют совместные инвестиционные проекты. В результате чего в проигрыше остаются все – и сами предприятия, и регион, в котором они работают. ЦУиПР ТЭК в этих условиях мог бы стать связующим звеном между органами власти, недропользователями, поставщиками энергии, услуг. При этом естественно, что инициатором создания центра должна выступать региональная власть. Либо в случае наличия профессиональных кадров она сама может решать обозначенные задачи. Однако в силу специфики структуры органов власти в большинстве случаев в региональной администрации подразделения создаются по отраслевому признаку (департамент энергетики, дорожного строительства, муниципального управления и др.). Они призваны решать в основном среднесрочные задачи, и их координация для выработки мер стратегического развития ТЭК очень затруднена.

Таким образом, как в сфере развития ТЭК, так и в целом в региональном развитии остро назрела необходимость кластерного подхода. Мыслить отдельными проектами уже не представляется возможным, по крайней мере, когда речь идёт о достижении стратегических целей и существенных сдвигах в развитии территорий. При этом основную цепочку в кластере как бы выстраивают представители крупного бизнеса (например, добывающее общество, предприятие транспорта нефти и газа, перерабатывающий завод), а дополнительные звенья образуются из смежных предприятий и организаций (сервисные, образовательные, поставщики услуг, предприятия машиностроения, связи и т.д.). Справедливости ради, стоит отметить, что с каждым годом примеров успешного взаимодействия крупных компаний со смежными предприятиями, организациями на территории одного региона становится всё больше. Это и образовательные проекты, и социальные, и инфраструктурные. Однако потенциал для продолжения совместного развития ещё очень высок. И помощь в его реализации со стороны координирующих структур, специализированных центров чрезвычайно необходима.

#### Способы оптимизации квартирного теплоснабжения

*Янченко А.В.*

*Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, Россия, г.Комсомольск-на-Амуре  
[etf@knastu.ru](mailto:etf@knastu.ru)*

Согласно концепции устойчивого развития населенных пунктов развитие систем энергообеспечения должно идти по двум основным направлениям. Это, во-первых, энергосбережение и во-вторых, переход на использование возобновляемых источников энергии /1/. По подсчётам экономистов затраты на энергосбережение оказываются в 4-5 раз выгоднее, чем на производство эквивалентного количества энергии. В США на отопление зданий затрачивается 25 % всей вырабатываемой энергии, в Финляндии – 29 %. Среднее потребление тепла в домах разных стран составляет /2/: Россия – 425 квт.ч/м<sup>2</sup> год; Германия – 403 квт.ч/м<sup>2</sup> год; США – 399 квт.ч/м<sup>2</sup> год; Швеция – 165 квт.ч/м<sup>2</sup> год.

В России, как видно, расходы энергии на отопление одни из самых высоких. Самый первый и простой шаг по снижению энергопотребления – это уменьшение теплопотерь через окна, двери, стены, пол и потолок здания. Это направление энергосбережения активно развивается у нас и за рубежом. Благодаря совершенствованию ограждающих конструкций и ужесточению нормативных требований энергопотребление в домах Германии за последние 15 лет снизилось в 2-2,5 раза /3/. В России важным шагом в этом направлении стало принятие новых требований по повышению теплового сопротивления ограждающих конструкций зданий.

Дальнейшим шагом по энергосбережению в зданиях будет использование:

- теплового зонирования помещений здания;
- плана и объема здания оптимальной формы;
- оптимальной ориентации относительно сторон света.

За счёт этих чисто архитектурных мероприятий возможно сократить потери тепла на 20-40 % /3/. Извлекая тепло из выбрасываемого через вентиляцию нагретого воздуха, можно ещё в большей степени снизить теплопотери. Для этих целей в системах принудительной вентиляции надо устанавливать рекуператоры тепла, возвращающие тепло из отработанного воздуха обратно в помещение.

Однако большая часть жилого фонда России – это здания с централизованной системой отопления. Сегодня центральное отопление практически не регулируют по месту доставки тепла. Старые системы отопления не учитывают повсеместную установку пластиковых окон, установка которых приводит к повышению температуры в квартире в среднем на 5-7 градусов. Вынужденное проветривание квартир в этом случае приводит к большим потерям тепла теплоцентралей. Неравномерное распределение температур в квартирах (перепад достигает 15-20 градусов) в многоквартирных домах зависит от нескольких факторов: расположения квартиры относительно наружных стен дома и этажа, расположения стояков отопления и водораспределения в них. Чрезмерно низкие или высокие температуры снижают комфортность проживания, увеличивают теплопотери, заставляют пользоваться дополнительными приборами электрообогрева. Одним из выходов из этой ситуации является дифференцированный подход к квартирному обогреву с учетом вышеизложенных факторов. Возможные варианты систем теплоснабжения квартир представлены на Рис.1.

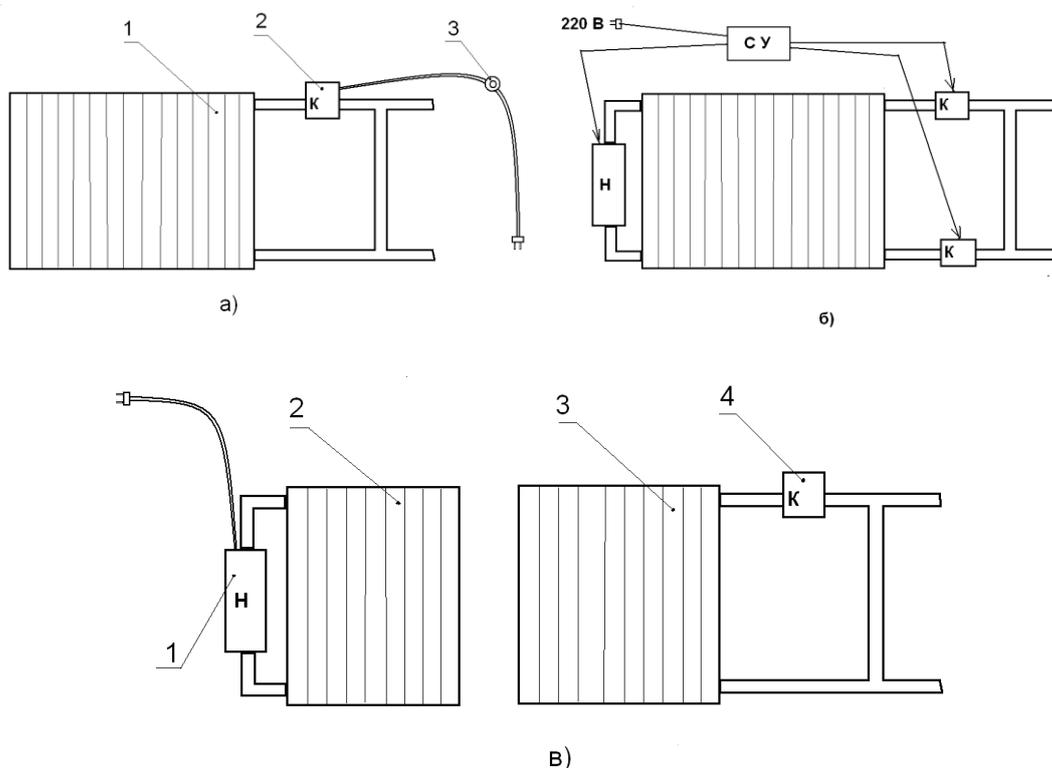


Рис.1 Варианты квартирного теплоснабжения: а) радиатор с терморегулятором; б) радиатор с совмещенным водо-электро-отоплением; в) типовые радиаторы с раздельным водяным и электроотоплением.

Поясним представленные на Рис.1 элементы теплоснабжения квартир. На Рис.1,а) представлен радиатор с терморегулятором, где 1 - радиатор, 2 – электромагнитный клапан двухпозиционного регулирования, 3 - датчик температуры в квартире. Расчеты показывают/4/ что при снабжении 40% квартир в доме такими регуляторами возможно достижение экономии теплоресурсов и повышения комфортности проживания во всём здании. При этом равномерность распределения температур в квартирах повышается, а разброс температур снижается. На Рис.1,б) представлена схема радиатора с совмещенным электро-водо-теплоснабжением. Электронагрев радиатора возможен при его отключении от центрального отопления с помощью клапанов К, управляемых системой управления СУ. Для электроподогрева в качестве нагревательных элементов можно использовать ТЭНы или индукционные-трансформаторные элементы (более надежные и безопасные). На Рис.1,в) представлена схема с отдельным электронагревом в типовом радиаторе, что позволяет варьировать и пользоваться двумя типами нагрева одновременно. Гибридные схемы теплоснабжения квартир позволяют переходить к использованию возобновляемых источников энергии, так как это является вторым основным направлением по совершенствованию энергообеспечения жилых домов.

Согласно классификации ООН к возобновляемым видам энергии относятся: энергия Солнца, ветра, биомассы, приливов и разности температурных слоёв воды в океанах, геотермальная, гидравлическая и др. Доступность этих видов энергии разная, к самым распространённым из них относятся солнечная и ветровая энергии /2/. Эти виды энергии легко преобразуются в электроэнергию, а солнечные коллекторы могут передавать тепло прямо в радиаторы без дополнительного преобразования.

Согласно расчётам специалистов, на поверхность 2 этажного коттеджного дома в средней полосе России солнечной энергии падает более 160 МВт.час/год, что превышает его годовую потребность даже при нынешнем расточительном уровне энергопотребления /2/. Для центра и юга Хабаровского края продолжительность солнечного сияния составляет более 2000 час/год, что соизмеримо с такими городами как Новосибирск и Омск. При комплексном использовании солнечных коллекторов и солнечных фотопанелей на зданиях небольшой этажности можно существенно сократить период отопления и сэкономить на освещении квартир /5 /. Экономическими и технологическими предпосылками для этого является повсеместное использование пластиковых окон, существенное снижение себестоимости производства солнечных панелей и светодиодных ламп (на 30-40% за последние десять лет). Таким образом, при некоторой оптимизации систем квартирного теплоснабжения существует принципиальная возможность обеспечения за счёт энергии Солнца частично или полностью энергетических потребностей современного жилого дома.

#### Список литературы:

1. <http://gendocs.ru/v18287> (статья: Григорьев В.А., Огородников И.А. Экологизация городов в мире, России, Сибири; часть – Технологические предпосылки), 2012
2. Лапин Ю. Н. Экожилё – ключ к будущему. – М., 1998. – 157 с.
3. Kennedy M., Kennedy D. Designing Ecological Settlements. – Berlin: Reimer, 1997. – 229 p.
4. Дзюба Л.С., Янченко А.В. Тепловой регулятор для систем водяного отопления в жилых помещениях. Материалы 42-й НТК аспирантов и студентов. ГОУВПО «КнАГТУ». Комсомольск-н/А, 2012 (размещение на сайте // [www: knastu.ru/](http://www.knastu.ru/))
5. Лещева Ю.Ю., Янченко А.В. Перспективы построения центра гелиоэнергетики в КнАГТУ. Материалы 11-ой НПК «Дальневосточная весна – 2011», КнАГТУ, Комсомольск-н/А, 2011. – 238 с.

#### Сравнение электроёмкости валового регионального продукта субъектов сибирского федерального округа

*Н.М. Чекмарева, М.В. Волков*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

[rcr@tpu.ru](mailto:rcr@tpu.ru)

Валовой региональный продукт (ВРП) — показатель, измеряющий валовую добавленную стоимость, исчисляемый путем исключения из суммарной валовой продукции объемов ее промежуточного потребления. На национальном уровне ВРП соответствует валовому национальному продукту, который является одним из базовых показателей системы национальных счетов.

Энергоемкость ВРП является основополагающим показателем в системе стоимости товаров и услуг, характеризует утяжеленность структуры экономики (высокая доля добывающих отраслей и тяжелого машиностроения) и наличие остальных энергорасточительных технологий.

Что показывает энергоёмкость ВРП? Экономический показатель, отражающий объем потребленных ресурсов: природного топлива и продуктов переработки, пересчитанных в условное топливо по определенным коэффициентам, на 1 тыс. рублей ВРП. В динамике показывает сокращение потребления ресурсов природного топлива и продуктов переработки, в первую очередь, за счет энергосберегающих технологий. Снижение энергоёмкости характеризует устойчивое развитие региона [1].

В данной статье будет рассмотрена динамика изменения ВРП и энергоёмкости ВРП некоторых субъектов Сибирского федерального округа.

В Сибирский федеральный округ входит 12 субъектов РФ: 4 республики (Алтай, Бурятия, Тыва, Хакасия), 3 края (Алтайский, Забайкальский, Красноярский), 5 областей (Иркутская, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская). Территория СФО составляет 30% территории России, население - 20,06 млн. человек. Ведущая отрасль экономики СФО – промышленность.

Валовой региональный продукт – 715,2 млрд. руб. (или 11,4% ВРП по России).  
Валовой региональный продукт на душу населения – 34,5 тыс. руб. (по России – 43,3 тыс. руб.).

Рассмотрим динамику изменения ВРП Красноярского края, Кемеровской, Новосибирской и Томской областей (табл. 1).

Таблица 1. Валовой региональный продукт на душу населения по субъектам Сибирского федерального округа 2005 – 2010гг.

Субъект СФО	ВРП, руб./чел.					
	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.
Красноярский край	152 389,0	205 042,4	258 394,3	260 318,2	264 478,7	370 952,4
Кемеровская область	104 764,5	122 394,2	157 302,2	207 286,2	184 674,1	224 968,7
Новосибирская область	88 475,5	111 679,3	138 199,1	171 430,3	160 210,4	180 938,9
Томская область	155 365,2	184 433,6	209 319,9	241 911,3	237 293,3	272 208,1

Самый высокий показатель ВРП на 2010г. имеет Красноярский край – 370 952,4 руб./чел., в Томской области – 272 208,1 руб./чел. Эти значения превышают значение ВРП по РФ, которое составляет 261 803,7 руб./чел., на 41,5% и 4% соответственно.

За период с 2005 по 2010 г. абсолютный годовой прирост ВРП на душу населения составил: в Красноярском крае – 218 563,4 руб./чел., в Кемеровской области – 120 204,2 руб./чел., в Новосибирской области – 92 463,4 руб./чел., в Томской области – 116 842,9 руб./чел.

Средний темп роста за те же годы составлял: в Красноярском крае – 40,5%, в Кемеровской области – 36%, в Новосибирской области – 34%, в Томской области – 29%. Средний темп роста ВРП в целом по субъектам РФ составил 35%.

Как можно видно из рисунка 1, в период экономического кризиса (2008 – 2009 г.), который сопровождался падением промышленного производства и ростом безработицы, происходит резкое замедление темпов роста ВРП Красноярского края (1,5%) и падение ВРП Кемеровской, Новосибирской и Томской областей на 10,9%, 6,5% и 1,9% соответственно.

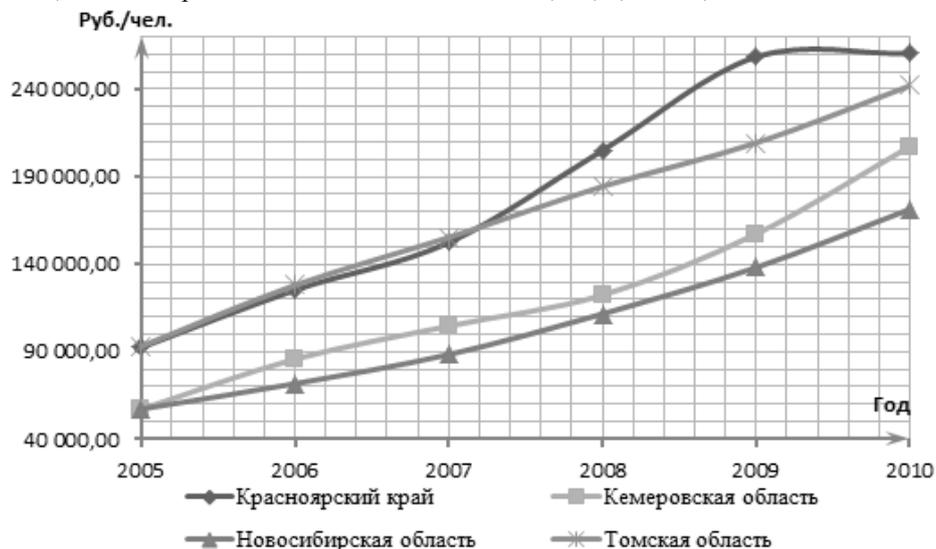


Рисунок 1. Динамика изменения ВРП на душу населения

Из рисунка 2 видно, что в рассматриваемых субъектах Сибирского федерального округа отраслевая структура ВРП сильно различается. В Новосибирской области преобладающая отрасль – торговля, с долей в общем объеме ВРП 18%. В Томской и Кемеровской областях – добыча полезных ископаемых, с их долей в общем числе ВРП 24% и 32% соответственно, а в Красноярском крае – обрабатывающие производства (35%).

Доля сельского хозяйства в структуре ВРП различается не значительно. Наибольшая доля отмечена в Новосибирской области – 6%, на втором месте – Томская область – 5%; наименьшая доля - 3% была отмечена в Кемеровской области.

Наибольшая доля строительства в отраслевой структуре ВРП в 2010 г. приходится на Красноярский Край (7%) и Томскую область (5%), в Новосибирской и Кемеровской области доля строительства – 4%. В 2000 г. доля строительства в субъектах варьировалась незначительно: 3,6-6,7%, при этом наибольшая доля отмечена в Томской области – 6,7%; наименьшая – в Новосибирской области – 3,6%.

В отраслях, производящих услуги сложилась следующая ситуация. Наибольшую долю транспортных услуг в своей структуре ВРП в 2010 г. имели Новосибирская – 14%, Томская - 13% области; наименьшую – Кемеровская область – 9%. В 2000 г. доля транспортной составляющей находилась примерно на одном уровне (10,2-10,6%) в Новосибирской, Томской и Кемеровской областях.

Доля предоставления платных услуг достаточно высока в Новосибирской области (16%) и в Томской области (12%), наименьшую долю имеет Красноярский край – 5%.

Доли здравоохранения и образования колеблются в пределах 3 – 5%. 5% - Новосибирская область, 3% - Красноярский край.

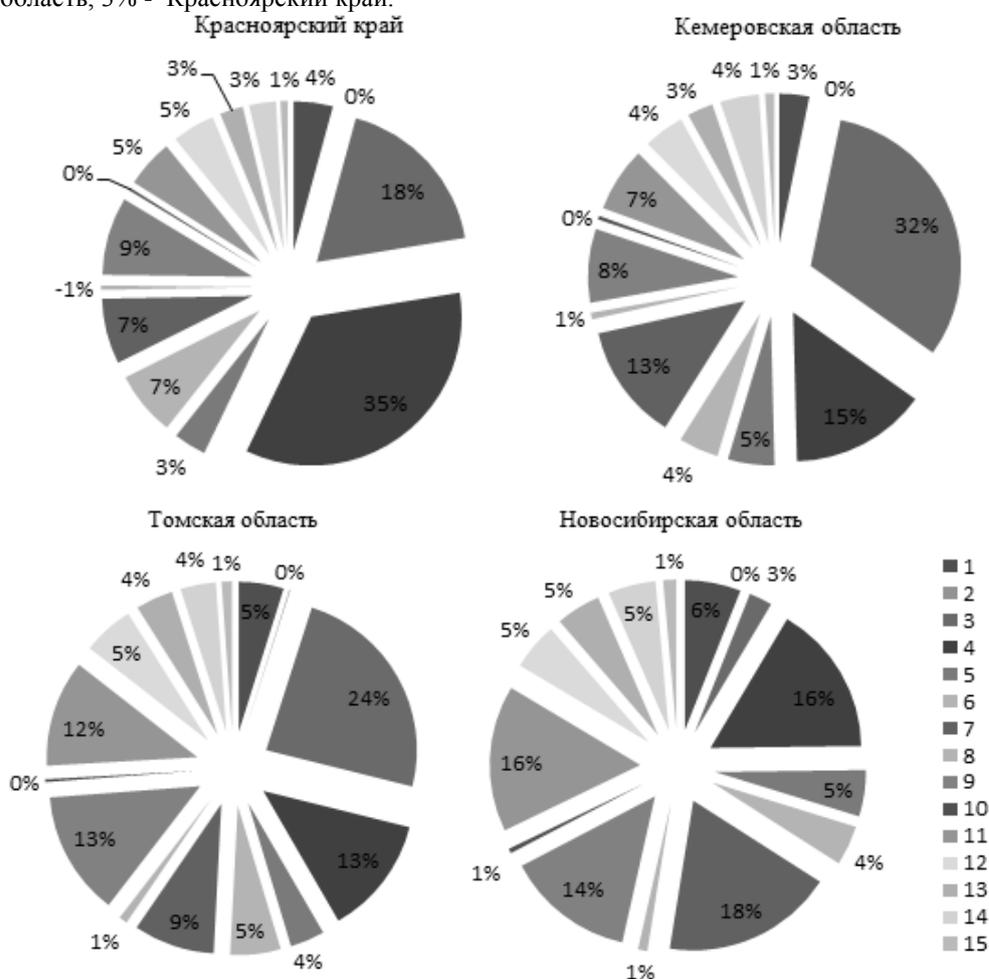


Рисунок. 2. Структура ВРП по видам экономической деятельности за 2010г. 1 – сельское хозяйство; 2 – рыболовство, рыбоводство; 3 – добыча полезных ископаемых; 4 – обрабатывающие производства; 5 – производство и потребление электроэнергии; 6 – строительство; 7 – торговля; 8 – гостиницы и рестораны; 9 – транспорт и связь; 10 – финансовая деятельность; 11 – предоставление услуг; 12 – государственное управление и обеспечение военной безопасности; 13 – образование; 14 – здравоохранение; 15 – предоставление прочих коммунальных услуг.

Высокий уровень электроемкости ВРП Сибирского Федерального округа обусловлен объективными причинами, включая климатический фактор и сложившуюся отраслевую структуру

промышленности, а также субъективными, включая высокий уровень износа оборудования и технологическую отсталость производства. Снижение электроемкости ВРП всегда рассматривалось в качестве важнейшей государственной задачи и находилось под особым контролем органов управления. За последние годы как на федеральном, так и на региональном уровнях приняты законодательные акты, направленные на активизацию процессов энергосбережения. Благодаря этим мерам за последние годы в динамике электроемкости ВРП наблюдаются положительные изменения (табл. 2).

С 2005 – 2010 гг. электроемкость ВРП значительно снизилась. Электроемкость ВРП Красноярского края за 6 лет снизилась на 55%. В среднем, она снижалась на 9,22% в год. Электроемкость ВРП Кемеровской области – на 52%, примерно на 8,65% в год. Электроемкость ВРП Новосибирской области – на 46%, примерно на 7,68% в год. Электроемкость ВРП Томской области – на 39,4%, примерно на 6,56% в год. Во время кризиса 2008 – 2009 г. электроемкость ВРП Красноярского края и Томской области снизилась (рис. 3), на 4,5% и 9,42% соответственно, а электроемкость ВРП Новосибирской и Кемеровской областей выросла на 8,4% и 2,3% соответственно.

Таблица 2. Электроемкость по субъектам Сибирского федерального округа 2005 – 2010гг.

Субъект СФО	Электроемкость, кВт·ч/руб.					
	2005г.	2006г.	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.
Красноярский край	0,11348	0,08422	0,06778	0,07024	0,06673	0,05072
Кемеровская область	0,11345	0,10371	0,08249	0,06297	0,06444	0,05457
Новосибирская область	0,05863	0,04815	0,03900	0,03294	0,03571	0,03160
Томская область	0,05335	0,04782	0,04504	0,04331	0,03923	0,03232

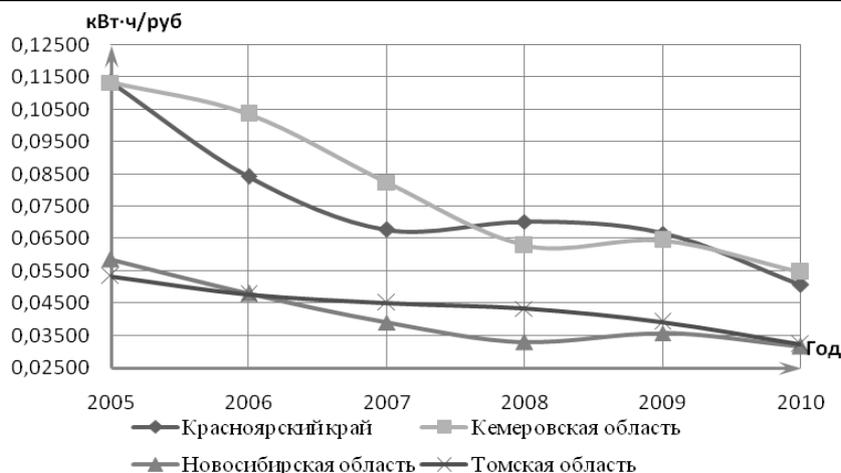


Рисунок 3. Динамика изменения электроемкости ВРП

#### Список литературы:

1. Козловская О.В. Индикаторы устойчивого развития Томской области – Томск: STT, 2003. – 24с.

#### Анализ математических моделей программного отпуска теплоты в помещения

*Казанцев Д.С.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет г. Томск, Россия  
icemand@mail.ru*

Одно из направлений энергосбережения при эксплуатации зданий связано с реализацией программной подачи теплоты.

Для исследований процессов остывания теплоносителя в системе отопления была разработана модель его остывания на основе закона Ньютона-Рихмана [1]

$$\begin{cases} dt = \frac{K_T}{(t_T - t_B)} dt_m; \\ dt = \frac{K_B}{(t_B - t_H)} dt_в. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь  $t_T$  – температура теплоносителя;  $t_B$  – температура внутреннего воздуха;  $t_H$  – температура наружного воздуха;  $dt_m$  – изменение температуры теплоносителя;  $dt_в$  – изменение температуры внутреннего воздуха. В предложенной модели время остывания определяется как запас теплоты, отнесенный к скорости расхода тепла. Первое уравнение в системе (1) описывает остывание теплоносителя в системе отопления, второе – остывание воздуха помещений.

$$K_T = \frac{c_T \cdot m_T}{k \cdot F}. \quad (2)$$

$$K_B = \frac{(c_в \cdot m_в + c_{жб} \cdot m_{жб})}{V \left\{ \frac{P}{S} [k_c + \varphi(k_{ок} + k_c)] - \frac{1}{L} [k_c + \psi_1 k_{nm} + \psi_2 k_{nl}] \right\}}. \quad (3)$$

Здесь обозначено:  $c_в, c_{жб}, c_T$  – удельные теплоемкости воздуха, железобетона и теплоносителя;  $m_в, m_{жб}, m_T$  – масса воздуха в помещениях, внутренних ограждений дома (согласно техпаспорта), теплоносителя в приборах системы отопления;

$F$  – площадь поверхности отопительных приборов;  $k_c, k_{ок}, k_{nm}, k_{nl}, k$  – коэффициенты теплопередачи стен, окон, пола нижнего этажа, потолка верхнего этажа, материала отопительных приборов;  $\varphi$  – коэффициент остекления;  $\psi_1, \psi_2$  – поправочные коэффициенты на расчетный перепад температур для верхнего и нижнего горизонтальных ограждений;  $V, P, S, L$  – геометрические характеристики здания (объем, периметр, площадь, высота).

Данная модель связывает температуру воздуха помещений с температурой теплоносителя в системе отопления, что позволяет производить регулирование по отклонению без установки дополнительных датчиков в помещениях. Применение метода эффективно для прерывистого отопления жилых зданий массовой застройки.

В следующем методе рассмотрены небольшие по объему мобильные помещения (кузова транспортных средств, обитаемые контейнеры и т.д.).

Нестационарный процесс нагрева воздуха и различного оборудования в помещении в произвольный момент времени  $x$  описывается уравнениями [2]:

$$M_1 dT = [\alpha F (T_B - T) - k_{II} (T_B - T_H)] d\tau; \quad (4)$$

$$M_2 dT_B = [q - \alpha F (T_B - T)] d\tau; \quad (5)$$

После подстановки значения  $T$  из (4) в (5) получим:

$$\frac{M_1 M_2}{\alpha F} \cdot \frac{d^2 T_B}{d\tau^2} + (M_1 + M_2) \frac{dT_B}{d\tau} + k_{II} T_B = q + k_{II} T_H. \quad (6)$$

Тогда общее решение можно записать в виде:

$$T_B = \frac{A}{a_2} - \left( \frac{A}{a_2} - T_H \right) \exp(k_1 \tau) + \frac{\frac{q}{M_2} + \left( \frac{A}{a_2} - T_H \right) k_1}{\sqrt{a_1^2 - 4a_0 a_2}} (\exp(k_1 \tau) - \exp(k_2 \tau)) a_0. \quad (7)$$

В следующем подходе для составления математической модели рассмотрен теплообмен в наиболее характерном помещении здания.

Уравнение теплоотдачи нагревательного прибора (НП) в процессе регулирования имеет

$$cG[\tau_1(z) - \tau_2(z)] - k_H F_H [\tau_C(z) - t_B(z)] = c_H m_H \frac{d\tau_C(z)}{dz} \quad (8)$$

вид:

Это уравнение записано при  $Bi_H = \alpha_H \delta_H / \lambda_H \leq 0,1$ , т.е. нагревательный прибор в процессе регулирования рассматривается как тело, имеющее бесконечно большую теплопроводность [3].

Уравнение регулирования воздуха в помещении

$$Q_H \pm \sum_{j=1}^n Q_{pj} - Q_W - Q_S = \Delta Q_B \quad (9)$$

или

$$k_H F_H [\tau_C(z) - \tau_B(z)] \pm \sum_{j=1}^n c_{pj} m_{pj} \frac{d\tau_{cpj}(z)}{dz} - k_W F_W [t_B(z) - t_{BH}(z)] - \alpha_B F [t_B(z) - t_s(z)] = \pm c_B m_B \frac{d\tau_B(z)}{dz} \quad (10)$$

В уравнениях (8) – (10)  $Q_{BX}$  – тепловой поток на входе в НП;  $Q_K$  – тепловой поток на выходе из НП;  $\Delta Q_H$  – изменение теплосодержания НП;  $c$  – удельная массовая теплоемкость теплоносителя;  $G$  – расход теплоносителя через НП;  $z$  – время;

$\tau_1(z)$  – температура теплоносителя на входе в НП;  $\tau_2(z)$  – температура теплоносителя на выходе из НП;  $k_H$  – коэффициент теплопередачи НП;  $F_W$  – площадь поверхности НП;  $\tau_C(z) = [\tau_1(z) + \tau_2(z)]/2$  – средняя температура ТН в НП;

$t_B(z)$  – температура внутреннего воздуха;  $c_H$  – удельная массовая теплоемкость источника теплоты (ИТ);  $m_H$  – масса ИТ;  $Q_{pj}$  – тепловой поток, поступающий к внутренним ограждающим конструкциям;  $Q_W$  – тепловой поток из помещения через окно;

$Q_S$  – тепловой поток, поступающий к внутренней поверхности стенки;  $\Delta Q_B$  – изменение теплосодержания воздуха;  $c_{pj}$  – удельная теплоемкость j-го внутреннего ограждения;

$m_{pj}$  – масса j-го внутреннего ограждения;  $k_W$  – коэффициент теплопередачи окна;  $F_W$  – площадь окна;  $t_B$  – температура наружного воздуха;  $\alpha_B$  – коэффициент теплообмена у внутренней поверхности наружной стенки;  $F$  – площадь внутренней поверхности наружной стены;  $t_s(z)$  – температура внутренней поверхности наружной стены;

$c_B$  – удельная теплоемкость воздуха;  $m_B$  – масса воздуха.

Тогда уравнение регулирования температуры воздуха имеет вид:

$$k_H F_H [\tau_C(z) - \tau_B(z)] = k_W F_W [t_B(z) - t_{BH}] + \alpha_B F [t_B(z) - t_s(z)]. \quad (11)$$

После преобразований, получено

$$\tau_1(z) = t_B + \left( \frac{1}{k_H F_H} + \frac{1}{2cG} \right) \left[ k_W F_W (t_B - t_H) + \alpha_B (t_B - t_{SB}) - \sum_{i=1}^{\infty} A_i \exp(-ak_i^2 z) \right] + a \frac{c_H m_H}{2cG} \frac{\alpha_B F}{k_H F_H} \sum_{i=1}^{\infty} A_i k_i^2 \exp(-ak_i^2 z). \quad (12)$$

Выражение (13) является математической моделью изменения температуры теплоносителя во времени в период переходного процесса. Оно учитывает динамические свойства помещения и нагревательного прибора.

Для реализации следующего подхода записана математическая модель теплового режима здания, которая является основой быстрого реагирования систем теплоснабжения и отопления вследствие изменения потоков тепла, входящих и уходящих.

$$Q_{ПР} \pm Q_{ПОМ} = Q_{ТМ} + Q_{ВВ}. \quad (13)$$

Здесь  $Q_{ПР}$  – теплоотдача отопительного прибора;  $Q_{БЫТ}$  – бытовые теплопоступления;  $Q_{РАД}$  – теплопоступления от солнечной радиации;  $Q_{ПОМ}$  – теплота, аккумулируемая в ограждениях и оборудовании помещения;  $Q_{ПТ}$  – общие теплотери здания;  $Q_{ТМ}$  – трансмиссионные теплотери через ограждения;  $Q_{ВВ}$  – теплотери с уходящим вентиляционным воздухом.

В измеряемых переменных уравнение (14) записывается как

$$k_{ПР} F_{ПР} (\tau_{СР} - t_{В}) \pm M_{ПОМ} c_{ПОМ} (t_{В} - t_{Н}) = k_{НО} F_{НО} (t_{В} - t_{Н}) + L(c\rho)_{ПОМ} (t_{В} - t_{Н}), \quad (14)$$

где,  $k_{ПР}$  – коэффициент теплопередачи нагревательного прибора,  $F_{ПР}$  – площадь отопительного прибора,  $\tau_{СР}$  – средняя температура нагревательного прибора;  $t_{В}$  – температура внутреннего воздуха,  $M_{ПОМ}$  – масса помещения,  $c_{ПОМ}$  – средняя удельная теплоемкость помещения учитывающая ограждение и оборудование;  $k_{НО}$  – усредненный коэффициент теплопередачи ограждений;  $F_{НО}$  – площадь ограждений;  $L$  – расход удаляемого воздуха;  $(c\rho)_{ПОМ}$  – объемная теплоемкость внутреннего воздуха [4].

Первое слагаемое (14) может быть представлено в виде:

$$Q_{ПР}(z) = Q_{ПР} e^{-zm}, \quad (15)$$

где  $Q_{ПР}$  – теплоотдача отопительного прибора к моменту начала ( $z=0$ ) его охлаждения (или нагрева);  $m$  – темп охлаждения или нагревания отопительного прибора.

Таким образом, режим использования аккумулированного тепла можно записать следующим образом.

$$\frac{dQ_{ак}}{dz} = \frac{M_{ном} c_{ном} d(t_{в} - t_{н})}{dz} = C_{ном} \frac{d(\Delta t)}{dz}. \quad (16)$$

Используя соотношения (15-17) приводим (14) к виду

$$Q_{ПР} e^{-zm} \pm C_{ном} \frac{d(\Delta t)}{dz} = Q_{уд} \Delta t. \quad (17)$$

Будем считать, что по прошествии весьма малого промежутка времени температурный напор  $\Delta t$  к началу охлаждения  $\Delta t_{охл}$  или нагрева  $\Delta t_{наг}$  относительно условной температуры наружного воздуха равен  $t_{ну}$ :

$$z = z_{охл}; \Delta t = \Delta t_{охл} = t_{во} - t_{ну} \quad (18)$$

$$z = z_{наг}; \Delta t = \Delta t_{наг} = t_{вн} - t_{ну} \quad (19)$$

Уравнение (17) представляет собой физико-математическую модель для регулирования системы отопления зданий.

С учетом того, что коэффициент теплоаккумуляции помещения равен  $\beta = C_{ном}/Q_{уд}$ , решение для процесса охлаждения помещения можно записать в виде:

$$\Delta t(z) = \frac{\Delta t_{охл}}{1 - \beta \cdot m} \cdot e^{-z \cdot m} + \Delta t_{охл} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 - \beta \cdot m}\right) \cdot e^{\frac{z}{\beta}}. \quad (20)$$

Соответственно, решение уравнения (20) для процесса нагревания имеет вид

$$\Delta t(z) = \frac{\Delta t_{наг}}{1 + \beta \cdot m} \cdot e^{-z \cdot m} + \Delta t_{наг} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \beta \cdot m}\right) \cdot e^{\frac{z}{\beta}}. \quad (21)$$

В этой модели использован учет влияния внешних и внутренних возмущающих факторов, а также теплоаккумулирующая способность здания, являющаяся одной из главных характеристик в процессе регулирования. Используемая математическая модель может быть применена для оценки темпа охлаждения помещения после прекращения подачи тепла.

#### Список литературы:

1. Мишин М.А. Исследование процессов остывания теплоносителя при прерывистом регулировании отопления // Ползуновский вестник – 2010. – №1. – С. 146–152.
2. Богословский В.Н. и др. Нестационарный тепловой режим в теплоизолированных малообъемных помещениях. //Изв. вузов: Энергетика. – 1991.– №5. – С.112–116.
3. Строй А.Ф. Регулирование системы отопления при стабилизации теплового режима в помещении. //Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1991. – №4. – С. 79–83.
4. Бурцев В.В., Басин А.С., Байтингер Н.М. Математическая модель регулирования объекта теплотребления. //Ползуновский вестник – 2004. – №1. – С. 174–177.

#### Пространственное моделирование тепловых режимов хранилищ сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта

*Н. С. Тетерина, Е.С. Глазырин*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск  
[natali\\_2528@mail.ru](mailto:natali_2528@mail.ru)*

В настоящее время, наблюдается неравномерный характер потребления газонефтепродуктов в Российской Федерации. Это связано с возможностью экспорта в другие страны, географической разобщенностью районов добычи, переработки и использования газонефтепродуктов, а также совпадением по времени максимального спроса на топливо и на электро - и теплоэнергию. Поэтому сезонные колебания потребления, возможные непредвиденные ситуации и перебои в газоснабжении и нефтеснабжении требуют создания значительных запасов. Поэтому рост добычи и использования газа привел к необходимости строительства хранилищ больших объемов вблизи промышленных районов для удовлетворения спроса на газ.

Подземные хранилища с успехом широко используются во всем мире. Подземные хранилища позволяет создать чрезвычайно крупные запасы, а значит, представляет собой экономически выгодное решение, надежное и экологически чистое. Под подземным хранилищем подразумевается один или несколько подземных резервуаров оборудованных для закачки, хранения и выдачи жидкостей или газов.

Рассматривается изотермический резервуар для хранения сжиженного природного газа, стенки которого выполнены из предварительно напряженного железобетона, изолированный насыпным перлитом, размещенный в зоне влияния инженерных сооружений [1].

Проведение математического моделирования теплопереноса в зоне размещения хранилища сжиженного газа с учетом влияния сезонных растеплений грунта на тепловые режимы подземных хранилищ сжиженного газа.

Моделирование проведено с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics [2] с использованием модуля General Heat Transfer.

Исследования проводились для резервуара диаметром  $d=72\text{м}$ , высотой  $L=50\text{м}$ , изолированного теплоизоляционным материалом толщиной  $\delta_n=1\text{м}$ . Температура на внутренней поверхности резервуара соответствует температуре хранения жидкого метана  $T_{снг}=113,150\text{ К}$ . Температура окружающей среды принималась равной средней температуре воздуха за месяц сентябрь [3]:  $T_n=282,45\text{ К}$  (г. Томск). Заглубление фундамента составляло  $h=2\text{м}$ . Согласно [4] коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций инженерного сооружения соответственно для стен и пола по грунту  $\alpha_{вс}=8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{°С})$  и  $\alpha_{вн}=4,5\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{°С})$ . Коэффициент теплоотдачи от стены к окружающей среде принимался равным  $\alpha=23\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , от грунта к окружающей среде  $\alpha=15\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ .

В таблице 1 приведены значения [1,5] теплофизических характеристик тепловой изоляции, грунта, фундамента из железобетона использованные при проведении исследований тепловых режимов рассматриваемой системы, представленной на рисунке 1.

Таблица 1. Теплофизические свойства материалов

Материал	Тепловая изоляция	Мерзлый грунт	Талый грунт	Железобетон
$\lambda$ , Вт/(м·К)	$0,0518+0,000163 \cdot (T-273,15)$	$2,2-0,0015 \cdot (T-273,15)$	$1,5-0,0017 \cdot (T-273,15)$	1,54
$c$ , Дж/(кг·К)	$869+2,88 \cdot (T-273,15)$	$965+3,2 \cdot (T-273,15)$	$1363+3,2 \cdot (T-273,15)$	887
$\rho$ , кг/м	139	2000	2000	2200

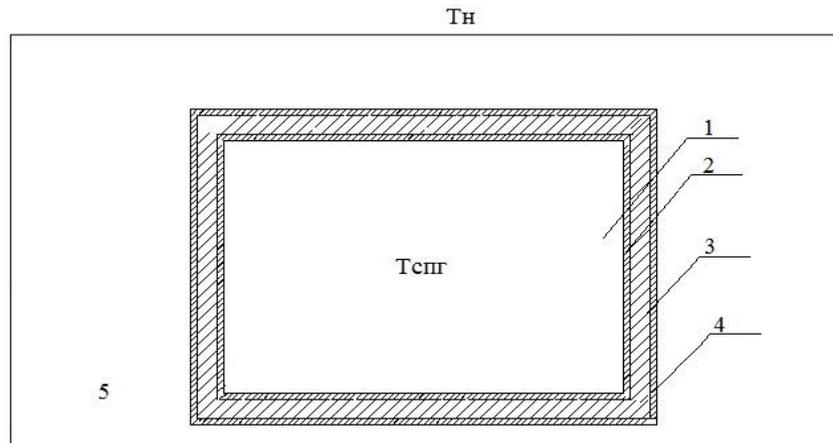


Рис. 1. Схема поперечного сечения зоны расположения подземного резервуара для хранения сжиженного газа:

1 – внутренняя область резервуара; 2 – внутренняя стенка резервуара; 3 – теплоизоляционный слой; 4 – наружная стена, выполненная из предварительно напряженного железобетона; 5 – грунт;  $T_n$  – температура наружного воздуха;  $T_{спг}$  – температура сжиженного природного газа;

Результаты 3D моделирования.

Основные результаты 3D моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта приведены в таблицах 2-5. На рисунках 2-4 представлены температурные поля в зоне хранилища сжиженного газа.

Таблица 2. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта.

Расчетный месяц	$T_n$ , К	$q_1$ , Вт/м
Сентябрь	282,45	1122,763
Январь	254,05	935,807
Среднегодовая	272,65	1061,44

Таблица 3. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта, сентябрь  $T_n=282,45$ °К.

Грунт	$q_2$ , Вт/м	$q_2-q_1$ , Вт/м	$\delta = \frac{q_2 - q_1}{q_1}$ , %
Талый	1031,56	91,203	8,1
Мерзлый	1133,36	10,597	0,94

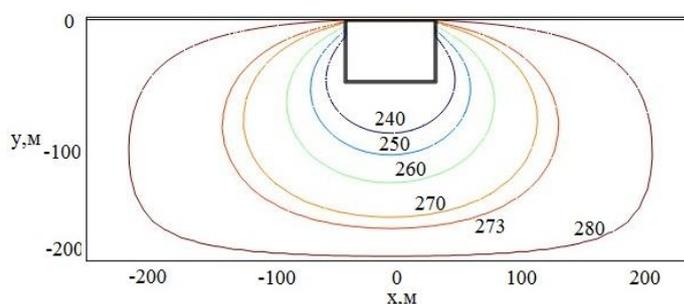
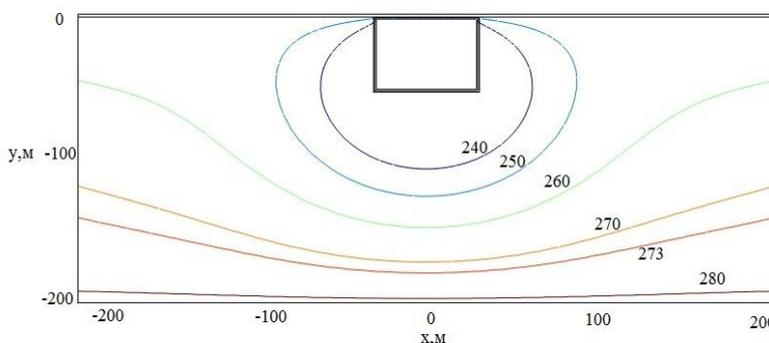
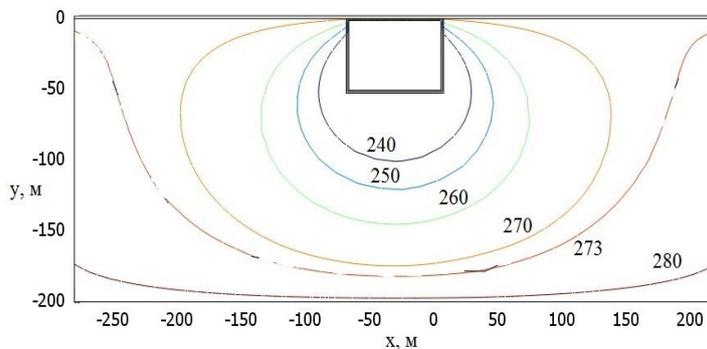
Таблица 4. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта, Январь  $T_n=254,05$ °К.

Грунт	$q_2$ , Вт/м	$q_2-q_1$ , Вт/м	$\delta = \frac{q_2 - q_1}{q_1}$ , %
Талый	845,938	89,869	9,6
Мерзлый	938,13	2,323	0,25

Таблица 5. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта, при среднегодовой температуре  $T_n=272,65$  К.

Грунт	$q_2$ , Вт/м	$q_2-q_1$ , Вт/м	$\delta = \frac{q_2 - q_1}{q_1}$ , %
Талый	965,96	95,48	9,0
Мерзлый	1064,67	3,23	0,30

Обозначения:  $T_n$  - расчетная температура наружного воздуха, К;  $q_1$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта, Вт;  $q_2$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа без учета сезонного промерзания грунта, Вт;  $\delta$  - расхождение величин теплопритоков к резервуару при отсутствии и наличии учета сезонного промерзания грунта, %.

Рис. 2. Температурные поля в зоне хранилища сжиженного газа, сентябрь  $T_n=282,45$  К.Рис. 3. Температурные поля в зоне хранилища сжиженного газа, Январь  $T_n=254,05$  К.Рис. 4. Температурные поля в зоне хранилища сжиженного газа, при среднегодовой температуре  $T_n=272,65$  К.

На примере температур за сентябрь, январь и среднегодовой наглядно видно изменения линии границы мерзлого и талого грунта ( $T=273$  К). Результаты исследований позволяют говорить о необходимости учета изменения теплофизических свойств грунта (теплоемкости, плотности, теплопроводности) в зоне хранилища сжиженного природного газа. При уменьшении температуры окружающей среды граница мерзлого грунта увеличивается.

#### Список литературы:

1. Яковлев Е. И., Видовский Л.А., Глоба В.М. Тепловые режимы хранилищ сжиженных газов. – Л.: Недра, 1992. – 184с.
2. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB. СПб.: СПбГУИТМО, 2006. – 89 с.
3. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. - М, 2000 г.
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 46 с.
5. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.

УДК 658.26.012.2:378

### Планирование потребления электроэнергии высшими учебными заведениями

*Ткаченко В.Ф.*

*Черкасский государственный технологический университет, Украина, г. Черкассы*

В статье рассмотрены проблемы планирования электропотребления ВУЗами на основе методов прогнозирования, что является важным инструментом повышения эффективности электропотребления, и решению вопросов энергетической безопасности учреждений.

Постановка проблемы. Освоение новых и анализ известных управленческих технологий, которые позволяют повысить эффективность управления энергопотреблением и энергосбережением, становится особенно актуальным для Украинских ВУЗов. Планирование энергопотребления повышает эффективность её использования и является неотъемлемой частью проведения тендерной процедуры закупки энергоносителей за государственные деньги на будущие периоды.

Анализ последних источников исследований и публикаций, в которых впервые предпринято решение данной проблемы. В случае если планированные объёмы энергоносителей на следующий финансовый год будут выставлены неправильно, то возможно недофинансирование или перефинансирование энергоносителей что, в первом случае составляет реальную угрозу энергетической безопасности заведения, а во втором ответственность перед финуправлением и КРУ, что тоже крайне неприятно.

Особенности энергопотребления и энергоэффективности в высших учебных заведениях рассматриваются в [1, 2].

Вопросами энергетической безопасности, прогнозирования и планирования занимались такие ученые как В.В. Литвак, В.П. Розен А.В. Праховник и др. В [3] сказано что, прогнозирование и планирование потребления энергии сильно связаны между собой и имеют общие черты. Если с помощью прогноза обнаруживаются негативные тенденции, то в планировании намечаются мероприятия по их устранению.

Формулирование целей и задач статьи. Статья посвящена решению задачи планирования потребления электроэнергии ВУЗами путём применения методов прогнозирования с целью повышение уровня энергетической безопасности учреждения, повышение эффективности оценивания уровня использования электрической энергии и повышению эффективности проведения тендерных процедур.

Изложение основного материала. При анализе временных рядов используется метод скользящей средней, в котором все данные независимо от периода их возникновения являются равноправными. Существует и другой способ, в котором данным приписываются веса. Более поздним данным придается больший вес, чем более ранним [4]. Метод экспоненциального сглаживания, который в отличие от метода скользящих средних может быть использован и для краткосрочных прогнозов будущей тенденции на один период вперед и автоматически корректирует любой прогноз в свете различий между фактическим и спрогнозированным результатом [5]. Именно поэтому метод обладает явным преимуществом. Простое экспоненциальное сглаживание именно так и устроено. Здесь более старым наблюдениям приписываются экспоненциально убывающие веса, при этом, в отличие от скользящего среднего,

учитываются все предшествующие наблюдения ряда, а не те, что попали в определенное окно. Точная формула простого экспоненциального сглаживания имеет следующий вид:

$$S_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1} \quad (1)$$

где:  $S_t$  – сглаженный ряд;  $y_t$  – исходный ряд;  $\alpha$  – коэффициент сглаживания.

Когда эта формула применяется рекурсивно, то каждое новое сглаженное значение (которое является также прогнозом) вычисляется как взвешенное среднее текущего наблюдения и сглаженного ряда. Очевидно, результат сглаживания зависит от параметра  $\alpha$  (альфа). Если  $\alpha$  равно 1, то предыдущие наблюдения полностью игнорируются. Если  $\alpha$  равно 0, то игнорируются текущие наблюдения. Значения между 0 и 1 дают промежуточные результаты.

Динамику изменения показателя прогнозирования потребления электроэнергии, в январе месяце, за период 2002-2012 годов, объектом исследования, при  $\alpha = 0,1, 0,2, 0,3, \dots, 1$ , показано на (рис.1).

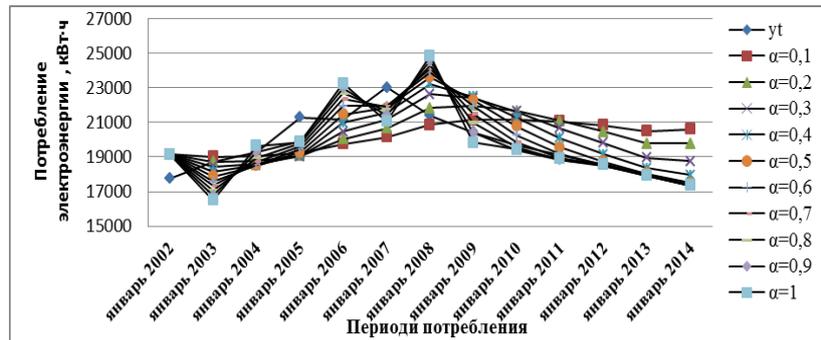


Рис. 1. Динамика изменения прогноза при  $\alpha = 0,1, 0,2, 0,3, \dots, 1$

Среднее значение суммы квадратов отклонений исходных значений переменной  $y_t$  от расчетных значений,  $\varepsilon$  показано на Рис.2.



Рис. 2. Динамика изменения средних значений квадратов отклонения,  $\varepsilon$  в зависимости от значения  $\alpha$

К числу методов, не связанных с априорным заданием параметра  $\alpha$ , следует отнести метод Чоу [6, 7]. Адаптивный алгоритм Чоу основан на последовательной подстройке параметра сглаживания под динамику обрабатываемого ряда. Сущность метода заключается в том, что устанавливается три значения параметра сглаживания: нормальное  $\alpha$ , высокое  $\alpha_s = \alpha + h_\alpha$  и низкое  $\alpha_n = \alpha - h_\alpha$ , где  $h_\alpha$  – шаг оптимизации параметра сглаживания. Эти значения сначала задаются произвольно, причем  $0 < \alpha_n, \alpha, \alpha_s < 1$ . Оценка, сделанная при использовании нормального значения параметра сглаживания, считается прогнозом, а оценки, полученные на основе высоких и низких значений  $\alpha_s$  и  $\alpha_n$  контрольными. При поступлении очередного отсчета

определяется, какое с трех значений параметра приводит к наименьшей сумме квадратов отклонений,  $\varepsilon$  которое затем рассматривается, как нормальное и на его основе осуществляется предсказание на следующем шаге как это показано в табл. 1.

Таблица 1. Значения параметра сглаживания  $\alpha$  получение методом Чоу

				Шаг 5	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$
			Шаг 4	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$	
		Шаг 3	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$		
	Шаг 2	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$			
Шаг1	$\alpha-h$	$\alpha$	$\alpha+h$				
№	$\alpha=0,59$	$\alpha=0,6$	$\alpha=0,61$	$\alpha=0,62$	$\alpha=0,63$	$\alpha=0,64$	$\alpha=0,65$
$\hat{y}_1$	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8	19166,8
$\hat{y}_2$	17627,5	17599,3	17571,1	17542,9	17514,8	17486,6	17458,4
$\hat{y}_3$	18559,6	18570,5	18582,2	18594,8	18608,2	18622,5	18637,6
$\hat{y}_4$	19448,7	19467,8	19486,9	19505,9	19524,9	19543,8	19562,5
$\hat{y}_5$	21893,1	21937,4	21981,1	22024,3	22066,9	22108,8	22150,2
$\hat{y}_6$	21943,5	21946,3	21947,7	21947,4	21945,7	21942,5	21937,8
$\hat{y}_7$	23888,5	23911,5	23933,7	23955,3	23976,4	23997,0	24017,2
$\hat{y}_8$	21993,1	21952,4	21910,8	21868,3	21824,9	21780,7	21735,8
$\hat{y}_9$	20319,4	20272,0	20225,5	20179,9	20135,3	20091,7	20049,1
$\hat{y}_{10}$	19176,7	19144,9	19114,9	19086,6	19060,0	19035,2	19012,0
$\hat{y}_{11}$	18527,2	18513,8	18502,0	18491,8	18483,0	18475,7	18469,6
$\hat{y}_{12}$	17940,1	17935,3	17931,5	17928,6	17926,6	17925,3	17924,7
$\hat{y}_{13}$	17334,0	17326,3	17320,2	17315,6	17312,3	17310,2	17309,2
$\varepsilon$	1628443	1625348	1623470	1622810	1623370	1625156	1628174

Ошибку планирования методом экспоненциального сглаживания для коэффициента сглаживания  $\alpha=0,62$  можно найти по следующей формуле:

$$\sigma_{t+1} = \sigma_{y_t} \cdot \sqrt{\frac{\alpha}{(2-\alpha)^3} [1 + 4 \cdot (1-\alpha) + 5 \cdot (1-\alpha)^2 + 2\alpha \cdot (4-3\alpha)l + 2\alpha^2 l^2]}, \quad (2)$$

где:  $\sigma_{y_t}$  – среднеквадратическое отклонение, рассчитано путём сопоставления входных значений переменной  $y_t$  и значений, которые характеризуют тренд часового ряда,

$$\sigma_{y_t} = \sqrt{\frac{\sum (y_t - y)^2}{n-2}}$$

Соответственно ошибка прогнозирования для 12го и 13го периодов, при  $\sigma_{y_t} = 424$ , равна  $\sigma_{11+1}=302$ , и  $\sigma_{11+2}=343$ .

Результаты планирования потребления электроэнергии объектом исследования, методом экспоненциального сглаживания, при коэффициенте сглаживания  $\alpha = 0,62$ , полученным методом Чоу на январь 2013 и 2014 годов показано в табл.2.

Таблица 2. Результаты расчётов с учётом ошибки прогнозирования при  $\alpha = 0,62$ 

Период	План	Ошибка прогноза	Верхняя граница доверительного интервала	Нижняя граница доверительного интервала
Январь 2013	17929	$\pm 302$	18231	17626
Январь 2014	17316	$\pm 343$	17659	16973

Сравнительный анализ квадратов отклонений входных значений переменной  $y_t$  от расчётных величин, полученных разными аналитическими методами, показано в табл. 3.

Таблица 3. Сравнительный анализ разных аналитических методов

№ п/п	Вид функции	$\sum (y_t - y)^2$
1	Линейная модель $Y_t = 19042,5 + 124,3t$	2275025
2	Экспоненциальное сглаживание при $\alpha=0,3$	2247653
3	Экспоненциальное сглаживание $\alpha=0,6$	1625348
4	Экспоненциальное сглаживание при $\alpha=0,62$ рассчитанное методом Чоу	1622810

С табл. 3 видно, что адаптивный алгоритм Чоу основан на последовательной подстройке параметра сглаживания  $\alpha$  под динамику обрабатываемого ряда значительно повышает качество планирования потребления электроэнергии в ВУЗах так как среднее значение суммы квадратов отклонений от расчетных значений, найденных при применении различных аналитических методов является наименьшим.

Выводы:

1. Планирование потребления энергоносителей ВУЗами на основе экспоненциального прогнозирования повышает эффективность их использования и повышает энергетическую безопасность учреждения. Указанный метод имеет ряд положительных особенностей: возможность максимального использования ограниченной по объему исходной информации, ясный экономический смысл и простоту прогнозных функций, высокую надежность конечных результатов

2. Качество работы метода Чоу зависит от исходного параметра сглаживания. Его нужно выбирать как можно ближе к конечному, используя следующие рекомендации: чем точнее значение параметра сглаживания тем выше адаптивные свойства прогнозирующих моделей, и наоборот, с уменьшением точности  $\alpha$ , модель отражает долговременную тенденцию уменьшения показателя.

#### Список литературы:

1. В.П. Розен, В.Ф. Ткаченко, Г.В. Курбака. Шляхи вирішення проблем фінансування впровадження заходів з енергозбереження в організаціях бюджетної сфери України // Енергетика: економіка, технології, екологія. Науковий журнал НТУУ «КПІ». – 2012. – Вип. 1. – с. 71–77.
2. Ткаченко В.Ф. Інструменти управління вибором енергозберігаючих заходів у вищих навчальних закладах. Енергетика та електрифікація. 2013. – Вип. 7. – с 21–26
3. О. І. Соловей, В. П. Розен, Ю. Г. Лега, О. О. Ситник, А. В. Чернявський, Г. В. Курбака. Енергетичний аудит: Навчальний посібник. – Черкаси, ЧДТУ, 2005. – 299 с
4. Лукашин Ю.П., Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учебное пособие. - М.: Финансы и статистика, 2003.-416 с.
5. Рожков Л.Н., Френкель А.А. Выбор оптимального параметра в методе экспоненциального сглаживания. Основные проблемы и задачи научного прогнозирования. М.: 1972, с 17-32.
6. Chow W.M. Adaptive control of the exponential smoothing constant. – J. of indust/ Engineering, 1965, vol. 16, N
7. Жердев Н.К. Метод выбора переменной экспоненциального сглаживания //Автоматика. 1983. №6. С. 78-83

## Секция 4

## Проблемы ядерной энергетики

**Облачные скопления - как способ защиты от радиации****Деманова В.В., Орлова К.Н., Градобоев А.В.***Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, г. Юрга, Россия**E-mail: vikademanova19@gmail.com.*

Нахождение действенных методов защиты от радиации – актуальная проблема современного общества. По данным Международной комиссии по радиологической защите, в большинстве стран, в том числе России [1], источники ионизирующего излучения природного происхождения создают около 50% средней дозы облучения человека

Экранирование - это один из инженерных способов защиты от ионизирующего излучения. Одним из экранов природного характера являются облачные скопления.

С помощью современных технологий, искусственное создание облачных скоплений стало реальностью. [2] Впервые рукотворная копия облака была презентована на выставке Expo-2002 и сейчас располагается в Швейцарии, на озере Невшатель. Физические свойства такого искусственного облака идентичны свойствам своего небесного аналога. Создание искусственных облачных скоплений позволяет решать ряд социальных проблем [3], к примеру в поглощении длинноволновой радиации важную роль играет водяной пар: чем больше в атмосфере водяного пара, тем меньше прямой радиации доходит до Земли при прочих равных условиях, однако публикаций об использовании данной технологии для защиты от ЧС и расчеты ее эффективности отсутствуют. Исходя из вышеизложенного, была сформулирована цель и задачи исследования.

Цель исследования: определить способность облачности экранировать и задерживать гамма-излучения.

Задачи:

- Определить мощность дозы гамма-излучения в ясную погоду
- Определить мощность дозы гамма-излучения в слабо облачную погоду
- Определить мощность дозы в сильно облачную погоду
- Проанализировать поглощающую способность облачности на примере космического излучения.

Существуют прямые или опосредованные физические связи между гелио- и геофизическими процессами. Земля получает от Солнца не только свет и тепло, обеспечивающие необходимый уровень освещенности и среднюю температуру её поверхности, но и подвергается комбинированному воздействию ультрафиолетового и рентгеновского излучения, солнечного ветра, солнечных космических лучей. Особенно уровень радиации повышается в моменты, когда на Солнце происходят вспышки с последующим выбросом в открытый космос радиационных частиц.

Последовательность событий в системе Солнце-Земля можно проследить, наблюдая цепочку явлений, сопровождающих мощную вспышку на Солнце - высшее проявление солнечной активности. Последствия вспышки начинают сказываться в околоземном пространстве почти одновременно с событиями на Солнце (время распространения электромагнитных волн от Солнца до Земли - чуть больше 8 минут). В частности, ультрафиолетовое и рентгеновское излучение вызывает дополнительную ионизацию верхней атмосферы, что приводит к ухудшению или даже полному прекращению радиосвязи (эффект Деллинджера) на освещенной стороне Земли.

Космическая радиация врывается в верхние слои атмосферы Земли, которая обеспечивает эффективную защиту для всего живого, не пропуская большую часть радиоактивных частиц. Галактическое космическое излучение обусловлено процессами, сопровождающими эволюцию звезд и состоит, в основном, из высокоэнергетичных протонов, легких и тяжелых ядер, попадающих в Солнечную систему из межзвездного пространства. Особо мощные вспышки излучения наблюдаются при взрывах сверхновых. Точного представления о том, какие процессы могут приводить к ускорению частиц до рекордных энергий (до 1020 МэВ), пока не существует.

В зависимости от происхождения и условий формирования все космическое излучение можно подразделить на:

1. «Солнечный ветер» (СВ) постоянный поток высокотемпературной плазмы в межпланетном космическом пространстве, обусловленный непрерывным расширением солнечной короны. СВ представляет собой низкоэнергетическую часть корпускулярного излучения Солнца (Е десятков КэВ).

2. Солнечные космические лучи (СКЛ) с Е от 0,1 МэВ до сотен МэВ (но иногда и до нескольких десятков ГэВ) генерируются при вспышках на Солнце, которые наблюдаются в виде гигантских протуберанцев над его поверхностью. Природа вспышек связана с выбросом из глубин солнечного вещества и его взаимодействия с мощнейшим магнитным полем Солнца. Максимальной яркости протуберанцы достигают примерно за 10 минут, а затем медленно гаснут. При вспышках испускается громадное количество энергии в виде электромагнитного (в диапазоне от видимого до рентгеновского) и корпускулярного излучения. Активность Солнца подвержена циклическим вариациям с периодом около 11 лет. Основная доля частиц, долетающих при вспышках до Земли протоны, но есть также небольшое количество легких ядер (изотопы водорода, ядра гелия). Спектр  $\sim E^{-(2-5)}$ . Нейтронов в СКЛ на орбите Земли практически нет, т. к. они успевают распасться за время полета от Солнца до Земли. Реально, земную орбиту могут достигнуть только нейтроны с энергией более 150 МэВ за счет релятивистского замедления времени. Запоздывание прихода СКЛ на Землю составляет от нескольких десятков минут до нескольких часов в зависимости от средней энергии потока. Длительность солнечных вспышек обычно не превышает нескольких суток, однако потоки корпускулярного излучения при этом могут быть весьма значительными. За время наблюдения регистрировались вспышки, при которых мощность поглощенной дозы вблизи Земли увеличивалась в несколько сотен раз (наиболее мощная вспышка была в 1973 г.).

Солнце также является источником электромагнитного и корпускулярного излучения (постоянный солнечный ветер и спорадические вспышки на Солнце, порождающие мощные потоки корпускулярного излучения). Солнечная радиация – энергичные заряженные частицы— электроны, протоны и ядра, инжектированные Солнцем в межпланетное пространство. Солнечная активность (и зависящая от него интенсивность галактического космического излучения) подвержены периодическим колебаниям (циклом). Магнитное поле Земли и газовая атмосфера служат естественной защитой от космического излучения.

3. Галактические космические лучи (ГКЛ) рождаются в глубоком космосе и отличаются сложным компонентным составом. «Возраст» ГКЛ, приходящих в Солнечную систему, составляет 2,5 – 33 млн. лет. Предполагается, что частицы с относительно небольшой энергией приходят из нашей галактики, а частицы сверхвысоких энергий имеют внегалактическое происхождение. Угловое распределение ГКЛ практически изотропно. Энергетический спектр ГКЛ простирается до десятков ТэВ/нуклон. Вследствие распада нейтронная компонента космических лучей в их составе практически отсутствует за пределами земной атмосферы. В составе ГКЛ содержатся электроны (1%), протоны (70%), легкие и тяжелые ядра различных элементов. [4].

Галактическая радиация – ядра различных химических элементов с кинетической энергией более нескольких десятков МэВ/нуклон, а также электронов и позитронов с  $E > 10$  МэВ. Космические лучи состоят из атомных частиц высоких энергий, около 87% которых составляют протоны. Около 11% из них альфа-частицы, примерно 1% более тяжелые атомы, а остальные 1% являются электронами. В атмосфере «солнечные» частицы производят каскады ядерного взаимодействия, которые дают много вторичных частиц, которые играют важную роль в производстве космических радионуклидов. В основном вторичным продуктом распада большинства космических частиц будет являться гамма-излучение.

Суммарная радиация - это сумма прямой (на горизонтальную поверхность) и рассеянной радиации. Состав суммарной радиации, т. е. соотношение между прямой и рассеянной радиацией, меняется в зависимости от высоты солнца, прозрачности, атмосферы и облачности.

При прохождении излучения через атмосферу наблюдаются высотный, барометрический и геомагнитный эффекты:

Высотный эффект – зависимость интенсивности излучения  $I$  от высоты точки наблюдения над уровнем моря  $H$ . Чем выше точка наблюдения, тем больше будет вклад космического излучения. Наблюдения проводились на высоте 200-300 метров над уровнем моря. Эта высота, соответствует большинству городов территории Российской Федерации.

Барометрический эффект – зависимость интенсивности космического излучения  $I$  от атмосферного давления  $p$  в точке наблюдения. Барометрический эффект определяется формулой:

$$b = \frac{1 * \Delta I}{I * \Delta p}$$

Геомагнитные эффекты (широтный и долготный) - зависимость интенсивности и энергетического спектра космического излучения от геомагнитных координат точки наблюдения.

Проведение измерений дозиметрических характеристик производилось в течение осени 2013 года. Замеры производились ежедневно в 14 часов дня, так как это время наибольшей солнечной активности. Показания снимались на одинаковом расстоянии 1 м. от грунта, строго в горизонтальном положении при величине относительной погрешности не более 10% [5]. Измерения на высоте 1 м – это своеобразный стандарт, связанный с определенной геометрией и соотношением гамма-излучений, и местоположением наиболее чувствительной части тела стоящего человека. При проведении эксперимента погода условно подразделилась на ясную, облачную и пасмурную. Экспериментальные данные обрабатывались в программе ORIGIN и проводилась аппроксимация результирующей кривой. Результаты показаны на Рис. 1.

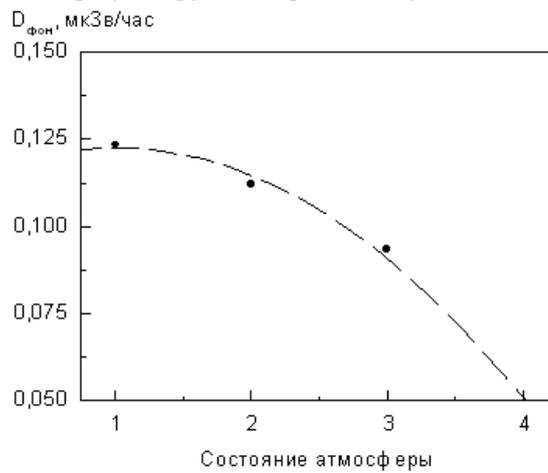


Рис. 1 – Зависимость фонового значения излучения от типа погоды, осень 2013: 1 – ясная погода, 2 –облачная погода, 3 –пасмурная погода.

Для значения мощности дозы гамма-излучения и среднего значения высоты облачных скоплений среднего яруса (2000 - 3000 метров) получаем значение коэффициента поглощения облачности:

$$\mu_{\text{облачности}} = 6.3 * 10^{-4} \text{ м}^{-1}$$

Для сравнения коэффициент поглощения для воздуха и свинца:

$$\mu_{\text{воздуха}} = 4 * 10^{-4} \text{ м}^{-1}, \mu_{\text{свинца}} = 1,18 \text{ м}^{-1}$$

Коэффициент поглощения свинца, несомненно, больше, но облачность порядка 3000 метров может ослабить гамма излучение в два и более раз.

Выводы:

Анализируя полученные данные, можно заметить следующую закономерность значения мощностей эквивалентной дозы гамма-излучения в ясную погоду выше, чем в пасмурную. Исходя из этого можно сделать вывод, что имеет место быть экранирование и поглощение гамма-излучения в толще облачных скоплений. Нами рассчитан коэффициент поглощения гамма-излучения и кратность ослабления гамма-излучения для пасмурной и облачной погоды.

В дальнейшем планируется более детальное исследование процессов дезинтеграции космических лучей и влияния солнечной активности на годовую дозу гамма-излучения получаемую человеком.

#### Список литературы:

1. Федеральный закон ФЗ «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 года, N 3: Принят Государственной Думой 5 декабря 1995 года. 1996.
2. <http://www.rutvet.ru/in-mozhno-li-sdelat-iskusstvennoe-oblako-436.html>
3. James E.Martin, Physics for radiation protection, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2006.
4. <http://www.infuture.ru/article/4185>
5. <http://www.profi-forex.org/nauka/entry1008148927.html>

УДК 008+504.55

**Геология, горное дело и ядерная энергия****Е.В. Комлева***Технический университет, Дортмунд, Германия*[komleva\\_ap@mail.ru](mailto:komleva_ap@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрены некоторые антропосоциальные аспекты феномена ядерной энергии. Они сопряжены с первой попыткой создания международного подземного могильника ядерных материалов вблизи Красноярска. Отмечены проблемы, которые идентифицированы таким сопряжением.

Ключевые слова: ядерная энергия, нефть, международный ядерный могильник, горно-химический комбинат, Россия.

Б. Никипелов [1], один из видных руководителей советской/российской ядерной отрасли прошлого, со ссылкой на Гегеля, этику и диалектику, отстаивает мнение, что запрет на международное разделение труда в ядерной сфере – это противоречие, которое будет преодолено историей. И будут созданы крупные международные хранилища радиоактивных отходов в Китае, Монголии, Казахстане, Канаде, России. Мысль верная. Как и на каких площадках ее правильно реализовать? Вот в чем суть. Тем более, что по аналогии с проектом Yucca Mountain стоимость только обоснования и строительства каждого хранилища (подземного)/могильника высокоактивных и долгоживущих отходов составит не менее ста миллиардов долларов. Кроме того, существует заслуживающее внимания мнение, что в будущем, возможно, нынешние отходы ядерной отрасли – ценное сырье, а их подземное размещение – формирование техногенных месторождений отложенного использования. Ведь все разнообразие элементного состава вещества Земли – результат когда-то и где-то произошедших ядерных реакций.

Ныне мы видим, что человечество переходит от принципа национальных усилий по временной/вечной изоляции таких отходов к интернационализации этой деятельности. А. Глюксман еще в начале века писал о совпадении интересов некоторых политических сил России и Запада по поводу международного ядерного могильника на российской территории (тогда предпочтение отдавали Челябинску) и о финансировании «уже несколько лет» процесса сближения (<http://www.inosmi.ru/untitled/20020427/140631.html>). Сближение в рамках темы ядерных отходов происходит на неудачном для российской атомной отрасли фоне резкого свертывания реального строительства Россией за рубежом и внутри страны новых АЭС, лихорадочных и зачастую сомнительных действий российского атомного менеджмента ([www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4560](http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4560); [www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4588](http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4588), [echo.msk.ru/blog/ecodefense/1100254-echo/](http://echo.msk.ru/blog/ecodefense/1100254-echo/)). Когда с системой принятия опасных и некомпетентных решений в Росатоме начинают не соглашаться полностью лояльные к отрасли в прошлом ее ветераны-профессионалы (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4690>). И в условиях, когда экономика России перестает быть российской (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4599>), а обрабатывающая промышленность и машиностроение страны исчезают (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4639>). Но, по словам академика Н. Лаверова (<http://www.fontanka.ru/2013/06/24/138/>), когда «США постоянно с нами советуются» по вопросам обращения с радиоактивными отходами и их захоронения. Это мнение выдающегося геолога, специалиста в сфере безопасности ядерных технологий, основоположника и руководителя российских исследований по геологической изоляции отработавших ядерных материалов, политического деятеля и управленца в нефтегазовом бизнесе.

Ядерная отрасль страны и мира в нынешних трактовках, особенно ее гражданская часть, находится на чрезвычайно важном, но с большой неопределенностью того или иного безупречного исхода, этапе (возможно, в тупике). Ядерное оружие в наступившем веке - оружие бедных, что, в некотором смысле, ставит его вне законов, формируемых современной мировой элитой. Проекты гражданской отрасли теряют свою жизнеобеспечивающую актуальность. «Сегодня актуальны лишь проблемы уничтожения запасов всех видов устаревшего ядерного оружия и проблемы окончательного захоронения отработавшего ядерного топлива» (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=comments&sid=4716&tid=68829&mode=&order=&thold=>; <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=comments&sid=4716&tid=68954&mode=flat&order=&thold=>:

<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=comments&sid=4716&tid=69289&mode=flat&order=&thold=>).

Документы в связи с закрытием в США Yucca Mountain, американо-российское Соглашение № 123 (2010г.), Директива ЕС по обращению с ядерными отходами (2011г.) – вот основные правовые вехи на пути создания крупных международных подземных объектов изоляции ядерных материалов и радиоактивных отходов. В том числе и в России. Подробности тенденции раскрыты в моих статьях в журналах «Научный вестник Норильского индустриального института» (№ 10 – 2012 и № 12 – 2013), «Юридическая наука» (№ 1 – 2012 и № 3 – 2013), «Геофизический журнал» (№ 2 – 2008 и № 6 – 2012), «Энергетическая политика» вып. 4 – 2012, «Иzv. Вузов. Горный журнал» №2 - 2012 и других (ссылки на тенденцию приведены Н. Лаверовым в блоге [https://twitter.com/news\\_nlavero](https://twitter.com/news_nlavero)).

Хотя политическая воля к созданию международных ядерных хранилищ/могильников достаточно определенно проявлена многими странами, конкретные юридические, финансовые и экономические механизмы этого ещё предстоит создать. В том числе, и по части сбалансирования в России интересов общефедеральных и того региона, где объект будет создаваться. Видимо, как аналог будет принята схема практической реализации Соглашения между МАГАТЭ и Россией (2010г.) о создании первого в мире международного банка свежего ядерного топлива. Приветствуется и критическая правовая позиция относительно международных хранилищ (например, <http://www.dissercat.com/content/problemu-pravovogo-regulirovaniya-obrashcheniya-s-radioaktivnymi-otkhodami>; <http://www.barentsinfo.org/?DeptID=3549>), способствующая полной оценке ситуации.

Необходимо также четко идентифицировать и укоренить социокультурные (светские и религиозные) основания и критерии таких действий. На базе православия, философского наследия Ф. Достоевского (<http://www.lawinrussia.ru/node/164207>), с привлечением идей геоэтики и других элементов духовно-гуманитарных начал безопасности. Как показано в моих ранних работах (например: <http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2008/1/Komleva/>; <http://www.voskres.ru/economics/komleva.htm>; <http://elibrary.az/docs/jurnal-08/832j.htm>), в некоторых случаях плодотворно обращение к таким брендам как «Медной горы Хозяйка», «Сампо», «Сампо-Лопаренок». Так называемый «индекс безопасности ядерных материалов» Фонда «Инициатива по предотвращению ядерной угрозы» (Nuclear Threat Initiative), для сравнения, предусматривает анализ условий хранения и обращения с ядерными материалами в странах мира не только в плоскости военно-технической, но и социокультурной – от прошлого к будущему (<http://www.arms-expo.ru/050049054050124050054055048055.html>). Примечательны в этой связи материалы и атмосфера общения на профессиональном сайте «Проатом», который допускает разностороннее рассмотрение ключевых для отрасли проблем. «Все как у людей»: от низкого до высокого. Однако, как говорил один выдающийся политический деятель несколько по другому поводу: «Других... у меня для вас нет».

Тем более, что уже можно говорить о нарушениях правовых норм (как и морально-нравственных, а также научных критериев обоснования). Например: «Строительство подземной лаборатории возле Красноярского горно-химического комбината, несомненно, является началом сооружения пункта геологического захоронения радиоактивных отходов без получения лицензии на такое строительство, то есть является строительством несанкционированного могильника высокоактивных отходов. ...При сооружении подземной лаборатории...образуется депрессионная воронка, естественный гидрогеологический режим (объект изучения, - Е.К.) будет нарушен,...т.е. от лаборатории будет больше вреда, чем пользы» (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4554>, комментарий Б. Серебрякова). Некоторые правовые инициативы в связи с могильником ГХК были переданы через В. Путина в адрес глав государств G20 участниками Гражданского саммита «Группы Двадцати» (<http://www.press-line.ru/novosti/2013/06/putinu-predlozhili-obratit-vnimanie-na-yadernyy-mogil-nik-pod-krasnoyarskom.html>).

Даже при показательных акциях открытости, специалистам и общественности не дают ответы на ключевые вопросы: почему именно Красноярский край, обстоятельства выбора, анализ других мест, критерии выбора, список ранее рассмотренных Росатомом (около 30 в 18 регионах!) площадок? Предполагается, что эти вопросы не останутся все же без ответа (<http://nuclearno.ru/text.asp?17434>). Некоторая информация к размышлениям по этому поводу приведена далее.

Площадку, которая была выбрана первоначально для одного объекта (наземного завода РТ-2 радиохимической переработки отработавшего ядерного топлива по несбывшимся тогда

планам расширения ГХК, <http://www.iapress-line.ru/dossier/item/10768-unik>), целенаправленно «подогнали» под принципиально другой. Другой, прежде всего, по сроку существования (миллионы лет – могильник, десятки лет - завод). Понятно, что требования к площадкам и к обоснованию их надежности разные для завода и могильника. Есть и другие признаки лукавого «протаскивания» Росатомом нужного решения ([www.bellona.ru/articles\\_ru/articles\\_2013/Krasnoyarsk-repository-EIA](http://www.bellona.ru/articles_ru/articles_2013/Krasnoyarsk-repository-EIA), [www.facebook.com/NETmogilniku](http://www.facebook.com/NETmogilniku), [www.sgzt.com/krasnoyarsk/?module=articles&action=view&id=1617&theme=2](http://www.sgzt.com/krasnoyarsk/?module=articles&action=view&id=1617&theme=2)).

Выбранный вблизи Железногорска Нижнеканский массив гранито-гнейсов вскрыт едва ли десятью скважинами не глубже 700 метров. Имеются обоснованные знаниями о генезисе этого типа пород принципиальные сомнения в их хороших гидроизолирующих свойствах (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4774>). Кроме того, граниты в последнее время преподносят геологам поразительные сюрпризы, невообразимые ранее. Месторождение «Белый тигр» знаменито гигантскими запасами нефти в гранитах на глубинах 1-3 километра. Имеются и другие примеры нефти в кристаллических породах ([http://journal.deerpoil.ru/images/stories/docs/DO-1-1-2013/2\\_Resolution\\_1-KR.pdf](http://journal.deerpoil.ru/images/stories/docs/DO-1-1-2013/2_Resolution_1-KR.pdf)). Кстати, в породах Нижнеканского массива отмечали проявления углеводородов (Ф. Бакшт, Томск, устное сообщение). Для обоснования могильника ГХК эти факты важны двумя следствиями.

Во-первых, пришло время радикального пересмотра концепций поиска и разведки углеводородов. Во-вторых, доказано, что на глубинах в первые километры граниты могут иметь мощные зоны массопереноса, в том числе с направленностью движения газов и флюидов к земной поверхности. Именно обнаруженные Ю. Дублянским (<http://www.seu.ru/programs/atomsafe/B3/g6.htm>) геологические индикаторы периодического появления глубинных вод у земной поверхности впоследствии стали главным аргументом при закрытии проекта Yucca Mountain. А если под ГХК море нефти или воды? Будем потом, после эксплуатации «ядерного кластера», разведку вести – как Казахстан (<http://lenta.ru/news/2013/06/25/use/>). Германия уже обеспокоилась прогнозом наличия газа ниже подземной лаборатории «Горлебен» на глубине 3 километра и соседством площадки с Эльбой (<http://atominfo.ru:17000/hl?url=webds/atominfo.ru/news/air8788.htm&mime=text/html&charset=windows-1251>). МАГАТЭ, кстати, рекомендует при обосновании площадки захоронения ДОКАЗАТЬ отсутствие в ее недрах и вблизи полезных ископаемых, особенно высоколиквидных. Есть и глобальное третье следствие. Абиогенная нефть, как частный случай нефти в гранитах, позволит не принимать серьезно разговоры про принципиальную невозможность запасов углеводородов, скорое их исчерпание и про неизбежность развития гражданской ядерной энергетики с применением опасной радиохимии.

Могильник за Уралом – историческое первое предложение Минатома/Росатома. Кстати, первым (1985г.) было предложение о Кольском полуострове ([http://www.opec.ru/news.aspx?id=221&ob\\_po=86000](http://www.opec.ru/news.aspx?id=221&ob_po=86000)), а первое впечатление, как говорят, всегда самое верное. Какова судьба предыдущих, каждое из которых в свое время было «всесторонне обоснованным и единственно верным»? Почему «один на всех» могильник вот-вот будут строить вблизи Красноярска – географического центра России? Всесторонне ли обоснован этот вариант с учетом предыдущих и еще имеющихся сейчас вариантов? А почему не построить два, но у границ (западной, Печенга и восточной, Краснокаменск)? Могильники у границ с серьезными соседями на несколько порядков повысят безопасность объектов. По крайней мере, о разрушениях в результате военных действий, диверсий и терактов, направляемых против России, можно будет не беспокоиться. Будем крепко помнить о работе крылатых ракет по Югославии. Вовсю идет подготовка к подобному в Сирии. Но никто не решится потревожить таким образом совместно Россию и Китай или Россию и Норвегию, Финляндию, Швецию. Да и другие аспекты безопасности могильника будут выверены многократно, безо лжи, в связи с жизненно важными интересами разных стран, не только Росатомом. Учитывая масштаб задачи и длительность качественного выбора, строительства, эксплуатации и мониторинга объекта, несомненно, что это мотивирует «навечно» международное сотрудничество в приграничье нынешней молодой поросли специалистов и будущих поколений.

В конце концов, если события к тому пойдут, у Печенги и Краснокаменска есть и потенциал глобального ядерного сдерживания аналогично широко известной идее реального и фантастического вариантов «Периметр» и «Машина Судного дня» - никаких уязвимых средств ответной доставки не надо. «Ядерный остров» в границах родного мне Мурманска (<http://nuclearno.ru/text.asp?17345>), как и хранилище на сто лет в Сайда-Губе, видимо, задумка

Росатома «из той же серии». Но, надо отметить, не в самый раз придумано: слабо, слабо.... Не учли настораживающую трассу событий с АПЛ «Комсомолец», «Курск», «Екатеринбург». По части защиты безопасности страны и региона этот как бы остров не только многократно хуже, чем вариант Печенги, но и, скорей всего, подрывает ее. Береговые базы и судоремонтные заводы ВМФ России, прилегающие акватории впору называть «Новыми Бермудами».

Единственный, которому сейчас можно безоговорочно верить, предположительный ответ Росатома применительно к Железногорску – здесь действует и будет все же расширено радиохимическое производство ГХК с целью «одним махом» покрыть все формируемые РФ такого рода потребности. Вот так: главное, - обеспечить решение сиюминутной, не вполне очевидной задачи по развитию ГХК. Могильник лишь необходимое дополнение для этого, а не самостоятельная сложнейшая проблема! Радиохимический завод для гражданских целей «определяет сознание», а не потребность правильно, всесторонне и надежно обосновать решение по вечной изоляции отходов. Кроме того, одновременно госкорпорация запускает амбициозный проект «Прорыв», который призван сформировать новый для России и мира облик отрасли и предусматривает, видимо, опасную радиохимическую переработку при каждой АЭС нового поколения непосредственно на площадках этих станций. Что за стратегическое противоречие – раздвоение сознания? К тому же, замечу, радиохимические технологии решаются применить в промышленных масштабах гражданской отрасли далеко не все ядерные страны. Россию не смущают «странные метеориты» (<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/12706.html>), осваивающие маршруты над ее территорией.

Нынешняя администрация Росатома на примере программ строительства АЭС показала слабость планирования и реализации планов в интервале времени в десять лет. Но она, на примере могильника вблизи Красноярска, пытается убедить общество, что на миллионы лет вперед предвидеть ход событий и тратить бюджетные деньги умеет. Специалисты США несколько десятков лет поэтапно выбирали по всей стране площадку для могильника, сравнивая разные геологические формации, пока не получили право начать горные работы на Yucca Mountain. Но, увы, итог и здесь печален. А Росатом быстро, в стиле нового «прорыва» и без альтернатив, нашел подходящий массив «у забора» ГХК.

Выбор Нижнеканского массива осуществлен структурами Росатома – ВНИПИПромТехнологии и Радиевым институтом. Он не оптимален геологически (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4634>). Номенклатура подлежащих долговременной/вечной изоляции высокоактивных материалов уже сейчас не сводится только к отходам радиохимии ГХК. Со временем, особенно при ускорении процессов демонтажа ядерных объектов и все большей интернационализации отрасли, неадекватность по многим параметрам площадки вблизи Красноярска будет становиться все очевидней и отягощающей. И шаг за шагом, если могильник здесь будет построен, его функции, скорей всего, будут последовательно, каждый раз «в связи с новыми непредвиденными обстоятельствами», расширяться. Модернизация станет постоянной. Радиационные нагрузки на территорию будут возрастать.

При уважении к опыту упомянутых выше институтов, следует помнить, все же, и некоторые неприятные итоги их научных обоснований в условиях финансовой и корпоративной зависимости от администрации Росатома. ВНИПИПромТехнологии – разработчик («научный» подход тот же – «у забора» своего объекта, но совершенно иного назначения) отвергнутого после критики со стороны Горного института Кольского НЦ РАН проекта подземного ядерного могильника на полигоне Новой Земли, незаконченного аналогичного проекта для территории ПО «Маяк». Кто может вспомнить добрым словом эти проекты? Прямое наследство ВНИПИПТ – неоднозначные результаты подземных ядерных взрывов в мирных целях. Радиевый институт, как минимум, поддержал продвижение одной из технологий обращения с радиоактивными отходами на объекты ПО «Маяк» и (совместно с ВНИПИЭТом) РосРАО, которую осудила Комиссия РАН по борьбе с лженаукой и фальсификацией научных исследований ([http://www.gazeta.ru/science/2013/06/28\\_a\\_5394973.shtml](http://www.gazeta.ru/science/2013/06/28_a_5394973.shtml); [http://moi-vzn.narod.ru/VZN\\_12.PDF](http://moi-vzn.narod.ru/VZN_12.PDF), с. 22-24; <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4630>).

Ядерные могильники справедливо, подчеркивая главную роль природных условий в долговременной защите, называют еще геологическими хранилищами. Геология – не профиль Росатома по определению. Не урановые объекты – тем более. Это отражается и в тематике дискуссий и на официальном, и на неофициальном российских уровнях. Преобладают устремления вперед: новые энергетические мощности, реакторы, топливные технологии. Проблемы «тыла» - демонтажа технических достижений, геологической изоляции отработавшего

оборудования, топлива и наработанных отходов - не являются при этом любимыми. Когда же время принуждает все же делать в этом сегменте отрасли дело, начинаются далеко не безобидные «фокусы» с терминологией, правовым статусом и нормами безопасности (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4774>), переносом сроков. В итоге удобным по времени и финансированию оказывается погружение в пучину нереализуемых мечтаний о «Новом Атомном проекте», а неотложные задачи отрасли (включая геологическое захоронение) отодвигаются в сторону или выполняются абы как.

Российская ядерная отрасль изолируется сознательно, отчасти высокомерно, от комплексных знаний о Земле, от горно-геологической науки и практики в ее полноте, фактически пренебрегает мировым опытом. Проявляет готовность «свалить» отходы своей и чужой деятельности «в первую попавшуюся дыру», решает сложную задачу примитивно по принципу «приятного во всех отношениях» Нижнеканского массива «под боком», игнорирует развитие перспектив абиогенных и сланцевых углеводородов. Тем самым она многопланово дискредитирует себя в глазах «просвещенного человечества». И рискует полностью потерять надежных сторонников широкого профессионального спектра, в том числе и среди специалистов в науках о Земле.

Завершающие стадии любого ядерного топливного цикла достоверно не исследованы экономически (<http://www.atomnews.info/?T=0&MID=62&JId=62&NID=3481>). Как не поняты до конца и причины Чернобыля, «а реакторы продолжают работать» (комментарии к <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4718>). Кто после ликвидации нынешней РАН хоть как-то (а необходимо комплексно) будет контролировать, учитывая необозримые во времени перспективы ядерной отрасли и ее последствий, геолого-географо-экономические «открытия» и гарантии безопасности Росатома?

Немного о личном. Меня часто подозревают в некомпетентности. Например, мне говорили: «Статьи по существу не геологические/не горных наук». Да, не геологические и не горные в устоявшихся традициях и правилах работы геологов и горняков. А «геологическое хранение ядерных материалов» - это горно-геологическая проблематика? Да, горно-геологическая. Тем не менее, по ряду исторических и политических причин «гражданские» геологи и горняки со всем их разносторонним опытом и методами исследований отстранены/самоустранились от этих дел. Хотя в начале «Атомного проекта» работами по массовым поискам урана, строительством подземных объектов значительно помогли Минатому и стране. По крайней мере, сейчас они находятся не в активной позиции, а на правах «гастарбайтеров» на вспомогательных (чтобы не дело сделать, а общественность формально успокоить) подрядных работах. Кто платит, тому и танцуют по заказу. Это ошибка. Я пыталась, хотя и неумело, поспособствовать исправлению дел, инициировать понимание того, что участие специалистов по Земле в таких исследованиях должно быть усилено. А как и по каким направлениям? Ну, это уже дело этих специалистов «по существу»: понять задачи и определить свое место в строю. Думалось, что вот тут то и хороши были бы статьи «по существу геологические/горные», но не мои. Я не могу причислить себя к уважаемым геологам и горнякам - это правда.

Международные подземные хранилища/могильники ядерных материалов можно рассматривать как элементы будущей системы ядерного нераспространения, как панацею, в том числе, и от попадания этих материалов (возможная начинка радиологического оружия) в руки террористов.

Но прежде, все же, следует, минимум на двух уровнях, переосмыслить вопрос: «Нефть или ядерная энергия/ядерные отходы?» Глобальный уровень. Если абиогенная нефть реальна (как реальна на Земле вода различного происхождения), то нужно остановить (приостановить) развитие нынешней и любой другой будущей ядерной энергетики, неотъемлемым следствием которых есть и будет штатное и аварийное генерирование высокоактивных и долгоживущих отходов. А также – системы международных подземных ядерных могильников, в том числе приостановить работы вблизи Красноярска. Локальный уровень. Если строительство могильника вблизи Красноярска необходимо, надо с помощью глубокого бурения доказать отсутствие нефти и благоприятный гидрологический режим применительно к оконтуривающим предполагаемое место заложения объекта кристаллическим породам Нижнеканского массива.

Для Печенгской геологической структуры и ее обрамления (где обильно, как и в зоне урановых месторождений Краснокаменска, представлены и граниты), например, множеством скважин глубиной 2-2,5 километра, сетью горных выработок «Норильского никеля» и Кольской сверхглубокой скважиной доказано отсутствие нефти и показаны благоприятные предпосылки естественной гидроизоляции будущих подземных сооружений могильника. На основе местного

сырья разработаны строительные материалы, надолго предназначенные для дополнительной (в составе защитных инженерных барьеров) изоляции радионуклидов, а также блокирования опасных процессов внутри могильника. Про инженерно-геологические и другие свойства гранитов Краснокаменска (в частности, их опасную склонность к горным ударам) много знают тамошние и московско-петербургские специалисты. А мурманские геологи, геофизики и горняки пока еще способны (даже, вероятно, самостоятельно и уже в ближайшее время) наполнить при наличии заказчика имеющимися на сегодня фактическими результатами полевых работ первоначальную «затравку» для дальнейшего полновесного обоснования альтернативного варианта международной площадки захоронения высокоактивных и долгоживущих ядерных отходов на Северо-Западе РФ. В прошлом веке их усилиями и по их инициативе в честном научном соревновании было доказано, в том числе на международном уровне (TACIS Project NUCRUS 95410), преимущество Мурманска перед Новой Землей. Почему бы им сейчас с имеющимся горно-геологическим опытом, вариантами площадок на Кольском полуострове и анализом, прежде всего, соседских шведско-финских аналогов (мировых лидеров по части гранитных массивов) не быть оппонентами исследователям площадки около Красноярска?

Одновременно были бы заложены предпосылки создания объекта новой отрасли на горно-геологической основе, который бы (дольше, чем горное дело прежних и нынешних лет, стоящее на пороге кризиса) наполнял бюджет региона основными доходами.

Тем более, что именно с Мурманском отчасти связаны разработка основ научного направления по локализации радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива, стратегическому использованию подземного пространства страны, а также руководство крупномасштабными исследованиями в области подземного строительства специальных объектов государственного значения, в частности – подземных АЭС и ядерных могильников (<http://ria.ru/science/20130725/951940224.html>; <http://goikolasc.ru/congratulation>). Попытки «навести мосты» между площадками двух регионов со стороны специалистов Кольского полуострова были ([2]; [http://www.opec.ru/news.aspx?id=221&ob\\_no=86000](http://www.opec.ru/news.aspx?id=221&ob_no=86000); [conf.sfu-kras.ru/uploads/MelnikovNN.doc](http://conf.sfu-kras.ru/uploads/MelnikovNN.doc); [portal.tpu.ru/files/conferences/radioactivity/book-light.pdf](http://portal.tpu.ru/files/conferences/radioactivity/book-light.pdf)).

Именно Печенга максимально обеспечит выполнение упомянутой рекомендации МАГАТЭ: известные месторождения исчезнут, а новые практически невероятны при высочайшей геологической изученности территории. Не изменится коренным образом ситуация на данной площадке даже при использовании новых технологий и организации поисковых и разведочных работ относительно традиционного и нового (золото) для Печенги сырья, о гипотетических результатах которых предполагает в общем по региону А. Калинин (<http://zolotodb.ru/articles/geology/placer/10553>). Новые исследования по высоколиквидным полезным ископаемым здесь беспроигрышны при любом их результате. В частности, при отрицательном результате или, в крайнем случае, локальной находке они усилят доказательную базу в части подземного ядерного объекта вне месторождений. Аналогия: в РАН (Н. Лаверов) такой же подход к Краснокаменску считают “единственно верным” (2011г., <http://www.ras.ru/FStorage/Download.aspx?id=bb9c25dd-630b-4f87-8d3e-6fad9a0ba9ca>; 2005г., <http://newmdb.iaea.org/GetLibraryFile.aspx?RRRoomID=694>). “Приаргунское производственное горно-химическое объединение” может работать при существующих запасах урана 30-35 лет.

Международные перевозки ядерных материалов и радиоактивных отходов в Печенгу (как и часть российских, например, с Дальнего Востока), скорей всего, будут осуществляться морем по освоенным несколькими странами (США, Япония, Франция, Швеция, Россия и др.) технологиям. При этом территория страны не будет подвергаться опасности.

Печенгская структура по праву должна рассматриваться как уникальное геологическое (с комплексом других привлекательных для решения проблемы подземного ядерного могильника черт) место Кольского полуострова и России. Печенга – непревзойденный стандарт степени геологической изученности (советский, ставший по наследству российским) и, возможно, качества породных массивов. Здесь (как нигде еще) даже граница мантии установлена точно, по данным геофизики и бурения (А. Жамалетдинов). Необходимо приветствовать попытки новых разносторонних исследований применительно к данной площади. Такая высокая планка подхода к знаниям о литосфере и критериям ее пригодности наиболее адекватна задаче создания природно-техногенного объекта в недрах Земли, безопасно и никому не мешая существовать который впервые в истории человечества должен не иначе как в координатах времени геологического. Соответственно новой, экологической, функции литосферы.

Следует отметить, что разрабатываемая на примере Печенги методология обращения в контексте геологического хранения ядерных материалов к бывшим или истощающимся

сульфидным медно-никелевым месторождениям имеет потенциал расширения. В частности, при необходимости «Норильский никель» и на равноудаленном от западных и восточных поставщиков Таймыре найдет пригодные массив и/или готовые выработки для хранилища, дополнительно изолированные покровом естественных многолетнемерзлых пород. Или на Северо-Востоке России. Не замороженные приповерхностные известняки в качестве непосредственной среды захоронения (как предлагалось ВНИПИПТ для условий полигона Новой Земли), которые и без глобального потепления превратятся в «газированное болото» под действием тепловых и радиационных нагрузок. А приличного инженерного качества породы с плюсовым температурным режимом под отдельной «шапкой» многолетней мерзлоты для дополнительной гарантии от проникновения метеорных вод. Вот ведь на Фукусиме-1 после более чем двух лет неудачных попыток предотвратить миграцию радиоактивной воды приняли решение применить достаточно освоенную в горной промышленности искусственную заморозку грунта вокруг и под АЭС. Удачным сочетанием для любых сценариев будущего ядерной энергетики может быть подземное хранилище вблизи Норильска и уже действующее наземное хранилище Красноярского ГХК.

Благодарю за поддержку исследований профессора Brigitte Falkenburg.

#### Список литературы:

1. Никипелов Б. Этика и диалектика в ядерной энергетике / Бюлл. по атомной энергии / ЦНИИ Атоминформ. – 2003, №10. – С. 7-14.
2. Мельников Н.Н., Конухин В.П., Комлев В.Н. Материалы на основе минерального и техногенного сырья в инженерных барьерах для изоляции радиоактивных отходов. – Апатиты, 1998, Изд. Кольского НЦ РАН. – 94 с.

#### Использование выгорающих поглотителей в реакторе ВВЭР – 1000

*Монгуш С.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

[mongusch-s@mail.ru](mailto:mongusch-s@mail.ru)

Тенденции совершенствования реакторов ВВЭР направлены в основном на увеличение глубины выгорания выгружаемого ядерного топлива. Высокая глубина выгорания обеспечивается выполнением более длинного топливного цикла, удлинением кампании реактора (цикл между перегрузками при сохранении общего числа загружаемых тепловыделяющих сборок).

В настоящее время рассматривается возможность перехода на 18 и 24 месячные топливные циклы, в которых глубина выгорания в выгружаемых ТВС может достигать 70 МВт·сут/кг[1]. Удлинение кампании реактора возможно путем повышения начального обогащения топлива. Это приводит к необходимости компенсации высокой избыточной реактивности в начале топливных циклов, что может быть достигнуто при помощи введения в топливо выгорающих поглотителей, который позволяет компенсировать запас реактивности в начале кампании, а также снижает неравномерность энерговыделения в кассетах и в активной зоне реактора в целом.

Ранее в качестве выгорающего поглотителя в реакторах ВВЭР использовались стержни из карбида бора, но их использование сокращает количество твэлов в активной зоне. В настоящее время в реакторах ВВЭР-1000 в качестве выгорающего поглотителя используются твэги, в которых оксид гадолиния равномерно размещается в топливных таблетках. Использование уран-гадолиниевого топлива (УГТ) связано с определёнными проблемами:

- замещение уранового топлива оксидом гадолиния ведет к уменьшению массы топливного элемента;

- уран-гадолиниевое топливо имеет более низкую теплопроводность по сравнению с диоксидом урана, что приводит к ухудшению его термодинамических свойств; для уменьшения температуры топлива до заданного максимально предела требуется уменьшение обогащения урана;

- скорость убыли поглотителей существенно превышает скорость выгорания топлива.

Между тем, существуют и альтернативные способы размещения выгорающих поглотителей. Рассматривается возможность гетерогенного размещения проволоки из оксида гадолиния в центральной отверстии топливных таблеток. Компания Westinghouse в реакторах типа PWR использует диборид циркония в виде напыления на внешнюю поверхность топливной таблетки. Данные способы размещения поглотителей пока не нашли применения в отечественной атомной энергетике, однако уже существуют патенты РФ по различным способам нанесения

покрытия из диборида циркония на топливные таблетки из оксида урана. Следовательно, анализируется возможность использования данных способов размещения поглотителей в реакторе ВВЭР-1000.

Расчеты проводились с использованием программного комплекса WIMSD-5BD с использованием DSN метода (метод дискретных ординат)[2]. В качестве расчетной модели рассматривалась элементарная ячейка активной зоны реактора ВВЭР-1000 с одиночным твэлом и с окружающим его водяным теплоносителем.

Выполнено преобразование реальной шестигранной элементарной ячейки к цилиндрическому виду. Из условия сохранения площади ячейки был определен внешний радиус ячейки, равный 0,6694 см.

Анализ гомогенного размещения оксида гадолиния показал, что высокая глубина выгорания и длительный период кампании реактора требует увеличения количества поглотителей, что вызывает увеличение влияния отрицательных побочных эффектов, таких как уменьшение теплопроводности топлива из-за увеличения содержания выгорающих изотопов [3]. Зависимость бесконечного коэффициента размножения от глубины выгорания для топлива с гадолинием не достигают значений  $K_{\infty}$  с чистым диоксидом урана даже после практически полного выгорания гадолиния, вследствие уменьшения ядерной концентрации диоксида урана и ростом концентрации оксида гадолиния.

При гетерогенном размещении гадолиния в центре топливной таблетки в виде проволоки существенно замедляется темп выгорания поглотителя по сравнению с вариантом с гомогенным размещением в топливе. Данный способ размещения выгорающего поглотителя позволяет практически избежать «выбега» реактивности в начале кампании, а также достичь эффекта «плата» в одиночном твэле для коэффициента размножения на широком отрезке времени работы на мощности. Преимуществом гетерогенного размещения является, то, что материал выгорающего поглотителя располагается не в самом топливе, а, следовательно, не уменьшает его содержания в твэле и не влияет на его теплофизические и механические свойства. Количество выгорающего поглотителя, расположенного в центральной отверствии топливной таблетки, ограничено диаметром этого отверствия.

Использование в качестве выгорающего поглотителя бора, его основным изотопом является  $^{10}\text{B}$ , который имеет большое сечение поглощения нейтронов в тепловой области энергий. В результате ядерных превращений этот изотоп превращается в нуклиды с малыми сечениями поглощения нейтронов. Недостатком такого поглотителя является возникновение гелия в результате ядерной реакции  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ , вследствие чего может повыситься давление в твэле.

Эффективность использования диборида циркония занимает промежуточное положение между гомогенным размещением оксида гадолиния в топливе и его гетерогенным размещением в виде проволоки в центральной отверствии. Начальная компенсация и «выбег» реактивности не так велики, как в первом варианте, и нет такого замедленного высвобождения реактивности, как во втором варианте.

#### Список литературы:

1. Давахра Сааду. Использование выгорающих поглотителей в реакторах типа ВВЭР: Дис. канд. Тех. Наук : 05.14.03 Москва, 2006 13с.
2. Патент РФ № 2131626 – Таблетка ядерного топлива с покрытием (ее варианты), способ нанесения покрытия и установка для осуществления способа
3. Перспективные технологии использования оксидного уран-гадолиниевого топлива в легководных реакторах / Стогов Ю.В., Белоусов Н.И., Савандер В.И. и др. // Материалы XIV семинара по проблемам физики реакторов. М.: МИФИ. 2006. С.45-47.

#### Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов ФГУП «ГХК»

*П.М. Гаврилов; А.А. Устинов; А.Г. Сиренко; М.В. Антоненко;*

*Д.В. Журников; А.А. Музыкантов*

*ФГУП «Горно-химический комбинат», Россия, г. Железногорск*

*[Sydrex@bk.ru](mailto:Sydrex@bk.ru)*

#### 1. Исходное состояние

На площадке ФГУП «ГХК» расположены три промышленных уран-графитовых реактора (ПУГР) – АД, АДЭ-1 и АДЭ-2. Реакторы вместе со вспомогательным оборудованием и коммуникациями размещены в горных выработках скального массива.

Решение о строительстве сооружений и комплекса с промышленными ядерными реакторами принято постановлением Совета Министров СССР № 826-302сс/оп от 26.02.1950 «О комбинате № 815».

ПУГР АД являлся одноцелевым проточным реактором на тепловых нейтронах. Реактор эксплуатировался с 28.08.1958. Остановлен для вывода из эксплуатации 30.06.1992.

ПУГР АДЭ-1 проектировался как энергетический, но эксплуатировался как одноцелевой и работал в проточном режиме с 20.07.1961. Остановлен для вывода из эксплуатации 29.09.1992.

ПУГР АДЭ-2 эксплуатировался с 30 января 1964 года в двухцелевом режиме, то есть кроме наработки оружейного плутония обеспечивал теплом и электрической энергией 100-тысячный город Железногорск.

По межправительственному Соглашению с США остановлен 15 апреля 2010 года для вывода из эксплуатации.

Реакторы расположены в бетонных шахтах, представляющих собой выработки в горных породах, облицованные монолитным бетоном.

После останова ПУГР АД и АДЭ-1 приведены в ядерно-безопасное состояние, получены соответствующие заключения ОЯБ ФЭИ по ядерной безопасности графитовых кладок реакторов.

После останова ПУГР АДЭ-2 из активной зоны реактора выгружено все ядерное топливо, графитовая кладка приведена в ядерно-безопасное состояние. Все отработавшие ядерное топливо природного обогащения (ОСУБ) было переработано на Радиохимическом заводе ФГУП «ГХК» до 15.02.2013.

Работы по выводу из эксплуатации (ВЭ) проводились в соответствии с проектно-технической и конструкторской документацией, разработанной ОКБМ, КО ВНИПИЭТ, НИКИМТ.

На реакторах АД и АДЭ-1 выполнен основной объем работ по демонтажу систем и оборудования, по герметизации проходок через шахты реакторов, дезактивации оборудования и помещений.

#### 2. Работы по выводу из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК» в рамках ФЦП ЯРБ

С 2008 года основные работы по выводу из эксплуатации остановленных реакторов АД, АДЭ-1, ведутся в рамках п.62 федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года».

В рамках ФЦП в период времени с 2008 по 2015 год выполнены следующие работы:

- На реакторах АД и АДЭ-1 выполнена часть работ по демонтажу систем и оборудования;
- На реакторе АДЭ-2 проводилась дезактивация оборудования и помещений;
- Проведены необходимые НИОКР для обоснования концепции вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте;
- Проведено комплексное инженерное и радиационное обследование (КИРО) ПУГР АДЭ-2;
- Проведено нейтронно-фотонное обследование графитовой кладки АДЭ-2 с целью дальнейшего обоснования ее ядерно-безопасного состояния и получения соответствующего заключения ОЯБ ФЭИ по ядерной безопасности.

К 2015 году будут созданы дополнительные инженерные барьеры в пределах шахты ПУГР АД (вывод из эксплуатации реактора АД запланирован на 2018 год). Работы по выводу из эксплуатации АДЭ-1 и АДЭ-2 будут проводиться последовательно, после вывода из эксплуатации реактора АД.

#### 3. Выбор варианта вывода из эксплуатации

К 2009 году, учитывая имеющиеся результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и технико-экономических исследований, показывающих принципиальную возможность и экономическую целесообразность создания на месте размещения промышленного уран-графитового реактора (ПУГР) объекта окончательной изоляции (захоронения) радиоактивных отходов (РАО), в качестве приоритетного варианта вывода из эксплуатации ПУГР стали рассматривать вариант радиационно-безопасного захоронения на месте.

Переход от варианта долговременного хранения к варианту захоронения, прежде всего, обусловлен отсутствием за довольно длительный временной интервал проблемно-ориентированных подходов к задаче утилизации/перезахорониванию основных радиационно-опасных конструктивных элементов реактора, в том числе содержащих просыпи топлива, а также возможностью использовать проектные решения, реализованные ранее, для варианта захоронения.

Данное направление развития стратегии ВЭ ПУГР получило всестороннюю поддержку со стороны Госкорпорации «Росатом». В 2010 году была утверждена отраслевая концепция вывода из эксплуатации ПУГР по варианту захоронения на месте.

Основными аргументами в пользу варианта радиационно-безопасного захоронения реакторов АД и АДЭ-1 на месте размещения, запатентованного ФГУП «ГХК» (Патент № 2444796 от 15.07.2010), являются: уникальное расположение реакторов в горных выработках; отсутствие научно обоснованных методов утилизации и принятой в отрасли программы по способам обращения с радиоактивно загрязненным графитом; нецелесообразность перезахоронения графитовых кладок, активность которых определяется долгоживущими радионуклидами, в специально предназначенных пунктах хранения, рассчитываемых обычно на 50 лет эксплуатации.

Горный массив образует природный барьер безопасности – естественный внешний контайнмент, который в совокупности с существующими и дополнительно создаваемыми защитными барьерами обеспечит выполнение современных требований по радиационной безопасности. Кроме того, горный массив выполняет функцию основного конструктивного элемента подземного сооружения, который в состоянии воспринимать значительные внешние и внутренние техногенные нагрузки и воздействия.

Реализация варианта захоронения реакторов на месте позволит локализовать и изолировать основные радиоактивно загрязненные компоненты оборудования, строительных конструкций, радиоактивные отходы в шахтах реакторов с созданием необходимых физических барьеров безопасности, исключающих несанкционированный доступ в зону локализации и нерегламентированный выход радиоактивных веществ в окружающую среду.

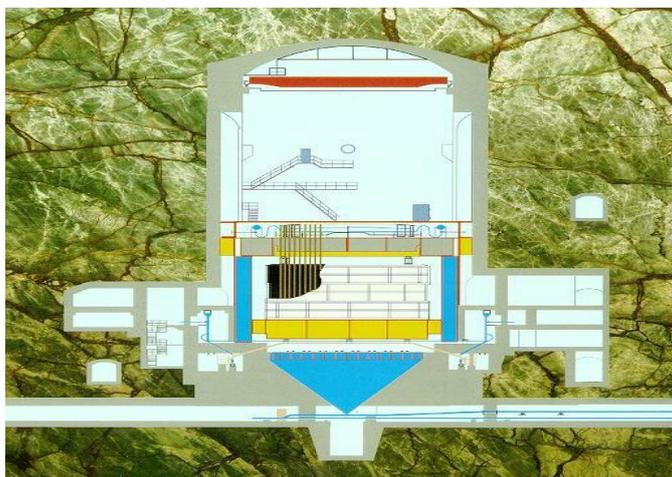


Рисунок 1 – Расположение промышленного реактора в горном массиве.

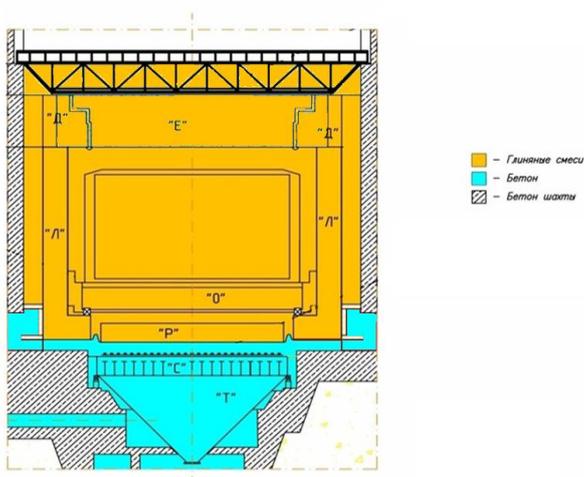


Рисунок 2 – Схема реактора с дополнительными защитными барьерами

Полный демонтаж (ликвидация) конструкций и строительных сооружений ПУГР, содержащих радиоактивные вещества и материалы, удаление всех радиоактивных отходов с площадки ПУГР, а также реабилитация всей площадки ПУГР в целях дальнейшего использования, принимая во внимание специфику расположения ПУГР, представляются нецелесообразным.

Нецелесообразность ликвидации загрязненного оборудования, внутриплощадочных хранилищ РАО и других сооружений, содержащих радионуклиды, с вывозом радиоактивных материалов за пределы площадки, следует также из того, что площадки, на которых размещаются ПУГР, находятся в зоне, где уже существуют поверхностные и подземные хранилища и могильники РАО.

Согласно оценкам затрат на проведение работ по ВЭ ПУГР и накопленному опыту вывод из эксплуатации ПУГР по варианту захоронения требует меньших, по сравнению с вариантом «ликвидация», трудо- и дозозатрат и является более приемлемым по материально-техническим соображениям и срокам выполнения работ.

Обеспечение безопасности захоронения ПУГР следует из принятых в отрасли принципов обеспечения безопасности при обращении с радиоактивными отходами.

Безопасность системы захоронения РАО (долговременная безопасность) должна обеспечиваться на основе реализации принципа многобарьерности, основанного на применении системы барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду, чтобы нарушение целостности одного из барьеров или вероятные внешние события природного или техногенного происхождения не привели к недопустимому снижению уровня безопасности системы захоронения РАО.

Принцип глубоко эшелонированной (многобарьерной) защиты при ВЭ ПУГР предусматривает сочетание существующих барьеров (кожух, металлоконструкции, бетонная шахта, окружающая выработку горная порода) и вновь создаваемых защитных барьеров (засыпка глиной, бетонирование подреакторного пространства, перекрытие, герметизирующее шахту реактора).

В настоящее время проводятся прогнозные расчеты для оценки безопасности захоронения ПУГР, а также выполняется оценка их воздействия на окружающую среду и население на весь период потенциальной опасности.

#### 4. Этапы вывода из эксплуатации ПУГР ФГУП «ГХК»

- Выгрузка топлива и приведение установки в ядерно-безопасное состояние.
- Демонтаж оборудования за пределами реактора с целью создать условия для последующего заполнения конструкции реактора изолирующим материалом.
- Бетонирование подреакторного пространства армированным гидроизоляционным бетоном.
- Последовательное заполнение всех полостей и локальных пустот шахты реактора мелкодисперсной композицией на основе глинистых минералов.
- Заполнение природными материалами минерального происхождения помещений, прилегающих к реакторной установке.
- Создание контайнмента завершается сооружением верхнего перекрытия.

#### 5. Результат реализации проекта

- В конечном состоянии реактор будет защищён многобарьерной системой, обеспечивающей надёжную изоляцию радионуклидов от окружающей среды.
- Экономическая эффективность – более 1 миллиарда рублей на одну установку (с учетом затрат на сооружение региональных хранилищ ТРО при реализации варианта «ликвидация»).

#### 6. Риски отложенного решения

Вывод из эксплуатации является обязательным этапом жизненного цикла реакторных установок. Отказ от деятельности по выводу из эксплуатации окажет негативное влияние на окружающую среду, в особенности для будущих поколений, так как неизбежно приведёт к постепенной утрате защитных функций существующих барьеров безопасности: металлоконструкций реактора и строительных конструкций, что в свою очередь увеличивает риски распространения радиоактивных веществ за пределы промышленной площадки ФГУП «ГХК».

7. Награды, полученные ФГУП «ГХК» за патент № 2444796 с приоритетом от 15.07.2010 «Способ вывода из эксплуатации канального уран-графитового ядерного реактора».

- 2013 год - на международном конкурсе «Национальная безопасность», прошедшем в Москве, ФГУП «ГХК» получило диплом и медаль;

– 2013 год - на XVI Московском международном салоне изобретений и инновационных технологий «Архимед - 2013» ФГУП «ГХК» получило золотую медаль;

– 2013 год - в Женеве на 41-й международной выставке изобретений «INVENTIONS GENEVA» в категории энергетика ФГУП «ГХК» получило золотую медаль.

#### Список литературы:

1. Актуализированными концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте № 106000/0000130008-АД.
2. Актуализированными концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте № 106000/0000130008-АДЭ-1.
3. Актуализированными концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту радиационно-безопасного захоронения на месте № 106000/0000130008-АДЭ-2.
4. Санитарные правила обеспечения радиационной безопасности при выводе из эксплуатации промышленных реакторов, СП ВЭ ПР-2001.
5. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения. НП-058-04.

#### Тяжелая авария быстрых энергетических реакторов и способы уменьшения их последствий

*Мухамедов Н.Е., Бакаева Н.М., Степанова О.А.*

*Государственный университет имени Шакарима города Семей, Казахстан, Семей*

Энергетические потребности человечества в настоящее время удовлетворяются в основном за счёт сжигания органического топлива – угля, нефти и природного газа. Это приводит к загрязнению окружающей среды сажей и рядом окислов, среди которых наиболее существенна роль углекислого газа. Он смещает углеродный баланс атмосферы и приводит к изменению климата. Однако проблему обеспечения человечества энергией нельзя рассматривать только в свете сегодняшних реалий. В следующем столетии прогнозируемое увеличение мирового населения достигнет десяти, а может быть и более миллиардов. К тому же удельный вес энергоёмких производств существенно возрастет. Вместе с этим встает проблема обеспечения существующих электростанций энергоносителями, так как мировые запасы их ограничены. Например, по современным оценкам запасов носителей для теплоэлектростанций хватит всего на несколько десятилетий. Энергетические запасы рек, океанов и воздушных масс практически неисчерпаемы, однако уже сейчас они составляют лишь небольшую долю в мировом производстве энергии и, вероятно, не будут составлять основную ее часть в будущем.

Функционирование объектов атомной энергетики сопряжено с потенциальной опасностью загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами, которая может реализоваться в случае аварийной ситуации на объекте.

В соответствии с рекомендациями Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) установлены семь степеней опасности аварийных ситуаций на ядерных объектах [1]: незначительные происшествия; происшествия средней тяжести; серьезные происшествия; аварии в пределах атомных электростанций (АЭС); аварии с риском для окружающей среды; крупные аварии; тяжелые аварии. Первые три уровня относятся к происшествиям (инцидентам), последние четыре уровня соответствуют авариям. Развитие тяжелых аварий на АЭС возможно при некоторых весьма маловероятных состояниях атомной станции, выходящих за рамки условий проектных аварий, когда возникают многочисленные отказы систем безопасности, что может привести к значительному повреждению активной зоны реактора [1, 2]. По общим положениям обеспечения безопасности атомных станций (ОПБ-88/97) [3] тяжелая, или запроектная авария – это авария, вызванная не предусмотренными для проектных аварий исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с проектными авариями отказами систем безопасности (сверх единичного отказа) и принятием персоналом ошибочных решений, реализация которых может привести к тяжелым повреждениям или расплавлению активной зоны реактора.

В быстром реакторе с натриевым теплоносителем (БН) к запроектным авариям принято относить следующие типы аварий (все без срабатывания аварийной защиты): неконтролируемое увеличение мощности (UTOP), прекращение расхода теплоносителя через реактор (ULOF), прекращение теплоотвода (ULOHS), распространение аварии в отдельных тепловыделяющих

сборках (ТВС) на всю активную зону. Предполагается, что в результате множественных отказов не происходит срабатывания аварийной защиты реактора. Возможны другие аварии или их комбинации, но названные включают в себя весь спектр физических явлений процесса развития аварии. Основное различие типов запроектных аварий состоит в инициирующих их событиях и последовательности протекания физических процессов на начальной стадии. В анализе безопасности реакторов типа БН принято деление запроектной аварии в случае неблагоприятного ее развития на четыре стадии: начальную, переходную, послеаварийного перемещения материалов и послеаварийного отвода тепла [4]. Считается, что на первом этапе реактор находится в критическом состоянии.

Устранение проблемы повторной критичности может быть достигнуто путем установления ясной логики, основанной на экспериментальных доказательствах, которые показывают, что активная зона реактора имеет внутренне присущие свойства, исключающие возможность возникновения повторной критичности при ее разрушении (плавлении). Если расплавленное топливо не выводится из активной зоны, в ее объеме может быть сформирован большой бассейн расплава, в котором периодически будет достигаться состояние повторной критичности. Обеспечение раннего выведения расплава топлива из активной зоны позволяет избежать возникновения повторной критичности. Расплавленное топливо с накопленной в нем энергией может быть удалено из активной зоны в процессе ее плавления через каналы выведения расплава.

В рамках таких работ в Институте Атомной Энергии Национального Ядерного Центра Республики Казахстан проводятся эксперименты для исследований поведения топлива энергетического реактора в условиях моделирования аварии на реакторе ИГР (Импульсный графитовый реактор).

Для проведения испытаний в реакторе ИГР с целью изучения закономерностей плавления, перемещение расплава топлива ТВС, его взаимодействия с элементами конструкционных материалов и теплоносителем разработана и изготовлена серия экспериментальных устройств (ЭУ1, ЭУ2, ЭУ3, ЭУ4, ЭУ5, ЭУ6) и проведены их испытания [5], разработано и изготовлено экспериментальное устройство ЭУ7 целью которого является определение теплового потока от бассейна расплава стали к стальной стенке охлаждаемой жидким натрием [6]. Несмотря на конструктивные отличия разработанных и изготовленных внутриреакторных экспериментальных устройств, их схемы имеют общие основные элементы, а именно:

- чехол ТВС с размещенной внутри него топливной сборкой, состоящей из заданного числа модельных твэлов, расплавляемой в процессе пуска реактора ИГР для получения смеси расплава двуокиси урана (топлива) и нержавеющей стали (оболочек твэлов);
- внутренняя труба (или ее имитатор), заполненная или незаполненная натрием, стенка которой проплавляется смесью двуокиси урана и нержавеющей стали, и служащая для направленного перемещения расплава под действием перепадов давления и силы тяжести;
- ловушка расплава, обеспечивающая прием расплава, переместившегося в ходе эксперимента из полости чехла ТВС и обеспечивающая условия безопасной эксплуатации силового корпуса;
- силовой корпус, обеспечивающий условия безопасного проведения эксперимента;
- средства измерения параметров эксперимента.

В экспериментальном устройстве ЭУ1 исследовались процессы разрушения расплавом топлива стенки, охлаждаемой газом или жидким натрием. В эксперименте ЭУ2 исследовались процессы перемещения расплава по «сухой» внутренней трубе, а в двух экспериментах ЭУ3, ЭУ4 исследовались процессы перемещения расплава по внутренней трубе, заполненной жидким натрием. В экспериментальном устройстве ЭУ5 исследовались условия разрушения двойной стенки, контактирующей с жидким натрием. Устройство ЭУ6 предназначено для исследований процесса перемещения расплава топлива вверх по трубе, заполненной натрием. Последовательность проведения внутриреакторных экспериментов схематично показана на рисунке 1.

Одним из основных ожидаемых результатов исследований является экспериментальное подтверждение возможности создания активной зоны с использованием в конструкции ТВС внутренних труб, обеспечивающих направленное (контролируемое) перемещение расплавленного топлива.

В процессе развития аварийной ситуации в энергетическом реакторе с такой конструкцией ТВС выделяют четыре основных фазы:

- начальная фаза - характеризуется разрушением твэлов и плавлением топлива;

- фаза раннего выведения топлива - характеризуется выбросом части расплава топлива (около 20 %) вверх через внутреннюю трубу;
- фаза перемещения материалов - характеризуется плавлением оставшегося в активной зоне топлива за счет остаточного тепловыделения и выводом расплава топлива в нижнюю часть корпуса реактора через направляющие трубы регулирующих стержней;
- фаза охлаждения, в процессе которой осуществляется продолжительное охлаждение расплава топлива, выведенного из активной зоны.

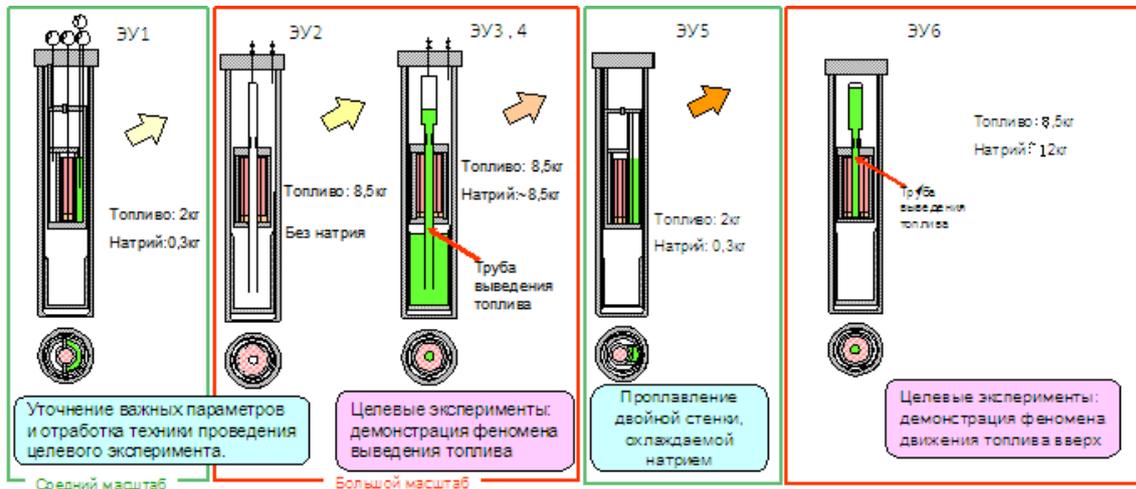


Рисунок 1. Последовательность реализации программы внутриреакторных экспериментов

На третьей фазе развития аварии возникает ситуация, когда под действием остаточного выделения в нерасплавленных фрагментах топлива на металлические элементы конструкции активной зоны образуется бассейн расплавленного металла, который начинает контактировать с направляющей трубой регулирующего стержня [7].

В качестве вывода можно сказать, что существует возможность контролируемого выведения расплава материалов активной зоны реактора на быстрых нейтронах по внутренней трубе тепловыделяющей сборки.

#### Список литературы:

1. Серия норм МАГАТЭ по безопасности. Безопасность атомных электростанций: проектирование. Требования. N NS-R-1. Вена. МАГАТЭ, июнь 2003.
2. The International Nuclear Event Scale (INES). User's manual 2001 edition. Jointly prepared by IAEA and OECD/NEA International Atomic Energy Agency. Vienna, 2001.
3. Общие положения обеспечения безопасности атомных станций ОПБ-88/97. НП-001-97 (ПНАЭ Г-01-011-97). Утверждены постановлением Госатомнадзора России от 14.11.1997 г. №9.
4. Buksha, Yu. On Approaches Applied Analysis of Melt-down Accident in BN-800 Type Reactor // Proc. IAEA/IWGFR Techn. Committee Meet. on Material-Coolant Interactions and Material Movement and Relocation in LMFR's, O-arai, Ibaraki, Japan, June 6-9, 1994. – O-arai Engineering Center, PNC, 1994. P. 541-544.
5. Исследование процессов, сопровождающих тяжелые аварии энергетических реакторов с плавлением активной зоны: отчет о НИР / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК; рук. А.Д. Вурим, А.А. Колодешников. – Курчатов, 2009. – 72 с.
6. Анализ условий безопасного проведения испытаний экспериментального устройства ID3. Исследования в обоснование безопасного использования объектов ядерной техники: отчет о НИР / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК; рук. А.Д. Вурим, А.А. Колодешников. – Курчатов, 2011. – 85 с.
7. Ю.С. Васильев, А.Д. Вурим, А.А. Колодешников, В.А. Гайдайчук, В.М. Котов, В.А. Зуев, С.З. Хаметов, А.В. Пахниц. Отчет о научно – исследовательской работе. Анализ условий безопасного проведения испытаний экспериментального устройства ID3. / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК. – Курчатов, 2011. С.6-7.

**Ядерная энергия в процессе индустриализации - модернизации во Вьетнаме****Нгуен Ван Ву***Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
sir.nguyenvu92@gmail.com*

В процессе индустриализации - модернизации страны, строительство атомных электростанций считается стратегической задачей, это не только решит проблему электрической энергии, но и принесёт другую практическую пользу.

Сегодня во Вьетнаме, вырабатывают электроэнергию в первую очередь тепловые станции и гидроэлектростанции. В последние годы, в связи с обмелением рек генерирующая мощность гидроэлектростанции серьезно страдает. Дефицит электроэнергии наблюдается по всей территории Вьетнама. И эта проблема требует от нас разработки стратегий для решения неотложных потребностей, регулирования энергетического баланса для развития индустриализации страны. Между тем, энергетические ресурсы во Вьетнаме разнообразные, но не в изобилии. Использование возобновляемых источников энергии, таких как энергии ветра, солнца, приливов, геотермальных вод в связи с высокими издержками производства и не стабильными результатами следует создавать только в малых объемах, и это не является решением проблемы энергетического баланса. Кроме того, импорт электроэнергии, угля, газа из-за рубежа, чтобы восполнить этот недостаток не является долгосрочным планом, если рассматривать его с точки зрения национальной энергетической безопасности и устойчивого развития. В подобной ситуации, развитие ядерной энергетики рассматривается как лучший выбор и является основной движущей силой процесса индустриализации - модернизации Вьетнама в будущем.

Хотя в настоящее время в мире существует весьма много общественных мнений против расширения и развития атомных электростанций. Но основной вклад этого сектора для развития экономики и общества многих стран не вызывает сомнений. Поэтому к 2020 году Вьетнам завершит строительство первой электростанции и она будет введена в эксплуатацию, чтобы удовлетворять потребности экономического и социального развития страны.

По данным АО Министерства науки - технологии, спрос на электроэнергию во Вьетнаме растет на 17% в год (в последние 3 года). В 2015 году нехватка электроэнергии - около 8 млрд. кВт-ч, и в 2020 году - 36-65 млрд. кВт-ч. Тенденция к росту дефицита электроэнергии растет. Главная проблема в том, что мы хотим преодолеть этот кризис. В этом аспекте на помощь придет только строительство атомных электростанций, чтобы удовлетворить спрос. Таким образом, стратегия применения атомной энергии в мирных целях является необходимой, не только для удовлетворения потребностей дефицита электроэнергии, но и для других целей.

Практика доказала, что ядерная энергетика предоставляет дешевый источник энергии. Ядерная энергетика может обеспечивать электроэнергией более 50 – 80% населения по сравнению с традиционными источниками энергии. Атомные электростанции имеют преимущество, они постоянно активны, только через 2 года их останавливают на некоторое время, чтобы заменить топливо в реакторах. В это время гидроэлектростанции могут быть остановлены или уменьшают свою мощность во время сухого сезона. Кроме того, строительство атомной электростанции намного проще, чем гидроэлектростанции. Атомная электростанция не требует большой площади, не изменяет качество воды в реке как гидроэлектростанция, при правильной эксплуатации не нарушает экологическое равновесие, не влияет на условия жизни людей. По данным МАГАТЭ, развитие гидроэлектростанций в Азии будет дорогим и неразумным выбором. Так как Азия - населенный континент, там преобладают стихийные бедствия, большинство населения проживает вдоль берега реки. Дело в том, что большинство стран, которые хотят обеспечить темпы экономического развития в национальной электроэнергетической системе, должны развивать ядерную энергетику. В области охраны окружающей среды, ядерные отходы на самом деле не страшны как отходы ископаемого топлива или других форм энергии. Например, шлаки электростанций рассеиваются в окружающую среду в большом количестве, в состав шлака входят тяжелые металлы, из – за чего шлаки отрицательно влияют на здоровье людей. Кроме того, ядерные реакторы атомных электростанций не выпускают парниковые газы, и способствует сдерживанию глобального потепления и изменению климата. Однако, чтобы осуществить строительство первой атомной электростанции во Вьетнаме, мы столкнемся со многими проблемами. Проблемы, связанные с этим типом энергии – это энергетическая безопасность, в частности – это безопасность техники атомных электростанций и утилизация ядерных отходов. Кроме того, существует опасность по отношению к распространению ядерного оружия, также не малую роль играет безопасность ядерных объектов страны. Для стран, которые первый раз

реализуют проект атомной энергетики, как Вьетнам, существуют вопросы, которые волнуют в первую очередь: нехватка рабочей силы, квалифицированных и опытных инженеров, особенно в управленческих и технических частях.

Таким образом, во Вьетнаме – строительство атомных электростанции – это необходимая мера. Развитие ядерной энергетики рассматривается как лучший выбор и является основной движущей силой процесса индустриализации - модернизации Вьетнама в будущем.

#### Список литературы:

1. <http://www.varans.vn/ShowItems.asp?actType=23&ItemID=626&TypeGrp=1&menuid=103110&menulink=100000&menuup=102000>
2. [http://vi.wikipedia.org/wiki/Năng\\_lượng\\_hạt\\_nhân](http://vi.wikipedia.org/wiki/Năng_lượng_hạt_nhân)
3. [http://vi.wikipedia.org/wiki/Công\\_nghiệp\\_năng\\_lượng](http://vi.wikipedia.org/wiki/Công_nghiệp_năng_lượng)
4. <http://www.tailieuontap.com/2012/11/noi-dung-cua-cong-nghiep-hoa-hien-ai.html>

#### **Особенности зачистки бассейнов выдержки от радиоактивных иловых отложений при выводе из эксплуатации плутониевых уран-графитовых реакторов ФГУП «ГХК»**

**Устинов А.А., Сиренко А.Г., Антоненко М.В., Жирников Д.В., Чернов Б.И., Иванов Е.С.,  
Музыкантова А.А., Чубреев Д.О.**

*ФГУП «Горно-химический комбинат», Россия, г. Железногорск  
dimanch@mail2000/ru*

#### Введение

На площадке ФГУП «ГХК» расположены три промышленных уран-графитовых реактора (ПУГР) – АД, АДЭ-1 и АДЭ-2. Реакторы вместе со вспомогательным оборудованием и коммуникациями размещены в горных выработках скального массива.

ПУГР АД являлся одноцелевым проточным реактором на тепловых нейтронах. Реактор эксплуатировался с 28.08.1958. Остановлен для вывода из эксплуатации 30.06.1992. ПУГР АДЭ-1 проектировался как энергетический, но эксплуатировался как одноцелевой и работал в проточном режиме с 20.07.1961. Остановлен для вывода из эксплуатации 29.09.1992. ПУГР АДЭ-2 эксплуатировался с 30 января 1964 года в двухцелевом режиме, кроме наработки оружейного плутония обеспечивал теплом и электрической энергией город Железногорск, остановлен 15 апреля 2010 года для вывода из эксплуатации.

После остановки ПУГР АД, АДЭ-1, АДЭ-2 приведены в ядерно-безопасное состояние. В настоящее время из активной зоны реакторов полностью выгружены все тепловыделяющие элементы, на реакторах проводятся подготовительные работы к полному выводу из эксплуатации.

Одной из главных проблем вывода из эксплуатации является проблема наличия радиоактивных иловых отложений на дне бассейнов выдержки, которые использовались в течение всего времени работы реакторов для временного хранения облучённых урановых блоков. Бассейны заполнены водой, которая после минимальной водоподготовки поступала из реки Енисей. Технология не предусматривала стопроцентную очистку поступающей воды, поэтому в воде всегда присутствовали природные иловые отложения, представляющие собой трудно-фильтруемые водонасыщенные осадки, состоящие из тонкодисперсных минеральных частиц с содержанием органических веществ. В результате многолетней эксплуатации на дне бассейнов скопилось по примерной оценке  $\approx 210 \pm 40$  тонн низко- и средне активных радиоактивных отходов. Обследование бассейнов показало, что иловые отложения покрывают дно бассейнов неравномерно, под илом находятся авиалевае блоки в значительном количестве.

Таким образом, одной из важных задач вывода из эксплуатации является задача отверждения жидких радиоактивных отходов (иловых отложений) и подготовка их к длительному захоронению.

Технология иммобилизации жидких радиоактивных отходов

Первый этап: зачистка бассейнов выдержки.

Второй этап: отверждение иловых отложений.

Третий этап: складирование и хранение упакованных отверждённых отходов.

На ФГУП «ГХК» разработана технология, позволяющая дистанционно проводить зачистку бассейнов выдержки и одновременно концентрировать иловые отложения для дальнейшей переработки. В предложенном докладе изложены практические аспекты реализации

первого этапа иммобилизации жидких радиоактивных отходов на реакторном заводе ФГУП «ГХК».

Зачистка бассейнов выдержки – это комплекс мероприятий, направленных на удаление иловых отложений и твёрдых элементов со дна бассейнов. Сбор иловых отложений и авиалевых блоков осуществляется без осушки бассейнов, под слоем воды от полутора до шести метров.

При зачистке бассейнов используется следующее оборудование: станция откачки; устройство распульковки иловых отложений с электронным блоком управления; устройства для размыва илов прямооточное и Г-образное; эрлифт; погружные насосы; грейфердвухчелюстной пневмогидравлический; клещи ручные с фиксатором и видеокамерой; грабли донные; барьеры заградительные; прожектора переносные; защитные противорадиационные маты.

Для контроля выполнения работ используется видео- и фото- оборудование. Контроль радиационного фона производится постоянно.

Характеристика оборудования

Станция откачки. Предназначена для перекачивания воды с донными отложениями из очищаемого бассейна в бассейн-отстойник.

Состав: циркуляционный насос POMONA; заборное устройство с насадками; трубопровод для откачки илов; гибкие шланги на всасе и напоре.

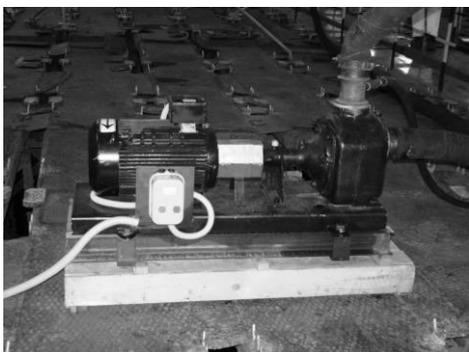


Рис. 1 Циркуляционный насос POMONA

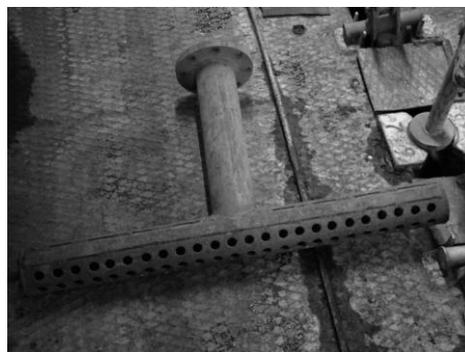


Рис. 2 Нижний Т-образный оголовок заборного устройства

Устройство распульковки иловых отложений. Предназначено для размывания слежавшихся иловых масс под слоем воды до шести метров.

Состав: гидромонитор; воздухораспределитель; трубопроводы подачи воздуха; электрические клапана; электронный пульт управления.

Работа устройства распульковки осуществляется следующим образом. На дно бассейна устанавливается корпус гидромонитора, вода самотёком заполняет корпус. Через впускной клапан в корпус гидромонитора подаётся сжатый воздух, который вытесняет воду из полости гидромонитора через две противоположно направленных форсунки. Струи воды, выходящие из форсунок, размывают слежавшиеся иловые отложения в радиусе 1,2 метра. После вытеснения всей воды из корпуса гидромонитора цикл повторяется. Гидромонитор работает в автоматическом режиме под управлением электронного блока.

Устройства для размыва илов: прямооточное и Г-образное. Предназначены для ручного размывания слежавшихся иловых масс в труднодоступных местах и смыва ила с металлоконструкций.

Устройство для размыва – это пожарный брандспойт, закреплённый на металлической трубе. Устройство с помощью переходников соединяется со станцией откачки, либо с линией противопожарного водопровода. Устройство позволяет дистанционно смывать ил с металлических конструкций бассейна, обмывать технологические ковши, размывать ил в труднодоступных местах бассейнов. Используются насадки двух видов – прямооточная и Г-образная.

Грейфер двухчелюстной пневмогидравлический. Предназначен для сбора россыпи авиалевых блоков со дна бассейнов.

Клещи ручные с фиксатором и видеокамерой. Предназначены для ручного сбора россыпи авиалевых блоков со дна бассейнов из труднодоступных мест. Видеокамера обеспечивает поиск блоков и позволяет наблюдать за захватом блоков.

Эрлифт. Предназначен для подъёма авиалевых блоков со дна бассейна. Принцип действия основан на эффекте инжекции при прохождении сжатого воздуха через сопло. При работе эрлифта

вода вместе с авиалевыми блоками подаётся в сборный ковш, где происходит отделение блоков, а вода возвращается в бассейн.

Погружные насосы. Предназначены для перекачки осветленной воды из бассейна-отстойника обратно в зачищаемый бассейн.

Барьеры заградительные. Предназначены для выгородки участков на дне бассейнов на заключительном этапе «чистовой» зачистки.

Прожектора переносные. Предназначены для освещения дна бассейнов при обследовании (электропитание 12 вольт).

Защитные противорадиационные маты типа РЗГМ-2 (размер 1200x590 мм). Предназначены для снижения дозовых нагрузок на персонал. Укладываются на настил очищаемого бассейна в районе работ, позволяют уменьшить дозовую нагрузку в 1,8 раза.

Технология зачистки бассейнов выдержки

Обследование бассейна, примерная оценка количества иловых отложений, снятие подробной картограммы радиационного фона дна зачищаемого бассейна, выявление районов с повышенным радиационным фоном.

«Черновая» зачистка дна бассейна под слоем воды до шести метров

Размыв иловых отложений пульсационным гидромонитором и их откачка с помощью циркуляционного насоса.

Обследование дна бассейна и выявление скопления блоков.

Сбор блоков из скоплений в ковш с помощью эрлифта, сбор единичных блоков в ковш вручную клещами.

Понижение уровня воды в зачищаемом бассейне до  $\approx 1,5$  м. Фотографирование металлоконструкций до обмывки.

Смыв иловых отложений с металлоконструкций бассейна с помощью прямооточного устройства для размыва.

Повторная откачка иловых отложений с помощью циркуляционного насоса и пульсационного гидромонитора.

Полное опорожнение бассейна, обследование дна зачищенного бассейна, металлоконструкций и ковшей, фотографирование результатов «черновой» зачистки бассейна. Снятие картограммы радиационного фона дна.

«Чистовая» зачистка дна бассейна под слоем воды до полутора метров.

Заполнение бассейна до уровня  $\approx 1,5$  м.

Выгораживание участка дна бассейна установкой заградительных барьеров.

Установка в выгороженный участок заборного устройства циркуляционного насоса, гидромонитора, Г-образного устройства для размыва.

Размыв иловых отложений пульсационным гидромонитором, Г-образным устройством с одновременной откачкой ила циркуляционным насосом.

Последовательное выполнение операций чистовой отмывки на всей площади бассейна.

Полное опорожнение бассейна, обследование дна зачищенного бассейна, концентрация оставшихся блоков с помощью Г-образного устройства для размыва, донных граблей. Сбор блоков грейфером в сборный ковш.

Обследование дна зачищенного бассейна, фотографирование.

Важным элементом технологии зачистки является бассейн-отстойник. Бассейн-отстойник представляет собой ёмкость объёмом 144 м<sup>3</sup>, в качестве которой используется специально подготовленный один из бассейнов, использовавшихся ранее в технологической цепочке работ с облучёнными блоками. Вода с илом из очищаемого бассейна сбрасывается в бассейн-отстойник, где происходит осаждение ила, а осветлённая вода с поверхности возвращается в очищаемый бассейн.

Процесс зачистки

Размывка иловых отложений осуществляется пульсационным гидромонитором. Гидромонитор переставляется при помощи крана по дну бассейна. Сбор иловых отложений осуществляется с помощью станции откачки из района, где происходит размывка. В процессе откачки заборное устройство при помощи крана перемещается по дну зачищаемого бассейна вслед за гидромонитором. Вода с илом перекачивается в бассейн-отстойник, контроль запульпой, поступающей из станции откачки, и уровнем пульпы в бассейне осуществляется дистанционно с помощью систем видеонаблюдения. После наполнения бассейна-отстойника система откачки промывается чистой водой, насос отключается от сети.

Откачанная вода в бассейне-отстойнике выдерживается в течение двух-трёх часов. После осаждения тяжёлой фракции, осветлённая вода из бассейна-отстойника погружными насосами откачивается в зачищаемый бассейн. Цикл повторяется до окончания зачистки бассейна.

На этапе чистой зачистки методом выгораживания части дна бассейна удаётся полностью удалить ил в труднодоступных участках бассейнов.

Обеспечение безопасности при производстве работ

Работа по зачистке бассейнов связана с воздействием вредных производственных факторов: повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенная ионизация воздуха; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень электромагнитных излучений.

К работе по зачистке допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие ограничений по состоянию здоровья к работе в условиях ионизирующих излучений.

Радиационная безопасность персонала обеспечивается ограничениями допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения и другим показателям. Для защиты персонала от радиационного воздействия применяются противорадиационные маты, позволяющие уменьшить дозовую нагрузку  $\approx$  в 1,8 раза. Все работы по зачистке бассейнов выдержки производятся в присутствии и под контролем дозиметриста.

Заключение

На ФГУП «ГХК» разработана технология, позволяющая дистанционно проводить зачистку бассейнов выдержки и одновременно концентрировать иловые отложения для дальнейшей переработки.

Разработано и изготовлено оборудование, позволившее реализовать технологию дистанционной зачистки бассейнов выдержки.

Технология прошла практическую проверку, в результате применения уже зачищены четыре бассейна выдержки, в бассейне-отстойнике собрано 60 кубометров иловых отложений.

При реализации технологии найдены технические решения и способы, позволяющие значительно ускорить процесс зачистки и которые являются «ноу-хау» предприятия.

#### Список литературы:

1. Технология производства «Очистка бассейнов от иловых отложений» 2К.10285-ТХ.С.
2. «Программа зачистки бассейнов выдержки» № 212-11-07-06/3717 от 11.10.2013.
3. «Акт по зачистке от рабочих блоков и иловых отложений бассейнов выдержки в об.3/1 УЭБ СВЭ РЗ» № 11-07-13/4057 от 01.11.2013.

#### Проблема полония в свинцовом теплоносителе быстрого реактора

*Чуйкина А.В., Чиков М.С.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.Томск*

[flipped2010@mail.ru](mailto:flipped2010@mail.ru)

В последнее время тенденции развития атомной промышленности в России направлены в сторону развития быстрых реакторов. В настоящее время эксплуатируется реактор БН-600, к физпуску готовится БН-800, а также существует множество других инновационных проектов быстрых реакторов. На существующих реакторах в качестве теплоносителя используется натрий. Однако, из-за большой пожароопасности натрия и, связанной с этим, сложности и дороговизны инженерных систем, предлагаются альтернативные теплоносители. Одним из таких альтернативных теплоносителей является свинец. В качестве преимуществ свинца можно выделить большие мировые запасы (приблизительно 108 тонн), низкая стоимость (около 1\$/кг), малое сечение упругого, неупругого рассеяния и поглощения (меньше 1 барн) [1]. При использовании такого вида теплоносителя возникает также множество проблем. Одной из таких проблем является накопление радиоактивных и высокотоксичных изотопов  $^{209}\text{Po}$  и  $^{210}\text{Po}$ .

Природный свинец ( $^{208}\text{Pb}$ ) состоит из четырех стабильных изотопов, процентное содержание которых 1,4 %  $^{204}\text{Pb}$ , 24,1 %  $^{206}\text{Pb}$ , 22,1 %  $^{207}\text{Pb}$  и 52,4 %  $^{208}\text{Pb}$ .

В активной зоне быстрого реактора изменение изотопного состава свинца обусловлено, в основном, реакциями радиационного захвата и реакциями типа  $(n,2n)$ . Радионуклид  $^{209}\text{Po}$  образуется путем реакции радиационного захвата из изотопа свинца  $^{208}\text{Pb}$ , составляющего большую часть его естественного состава (рис. 1).

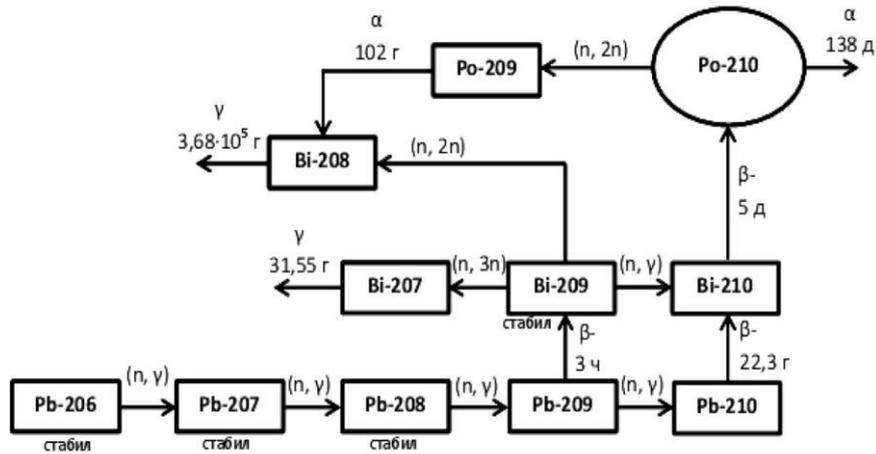


Рис. 1 Процессы ядерных превращений изотопов свинца

Нестабильный изотоп Pb209 путем бета-распада переходит в стабильный изотоп Bi209. В результате реакции радиационного захвата этот стабильный изотоп переходит в короткоживущий Bi210, который, посредством бета-распада превращается в Po210. Этот изотоп является очень токсичным излучателем с энергией излучения альфа-частиц  $E_\alpha=5,3$  МэВ и на него действуют жесткие требования НРБ. Уровень его освобождения от радиационного контроля – при значениях удельной активности  $A=1 \cdot 10^4$  Бк/кг. В результате реакции типа  $(n,2n)$  Po210 образует Po209 ( $T_{1/2}=102$  года,  $E_\alpha=4,8$  МэВ).

При расчете активации теплоносителя использовалась схема образования радионуклидов, представленная на рис. 1.

В таблице 1 приведены расчетное содержание Po209 и Po210 и их активность, нарабатываемые в природном свинце после облучения в быстром реакторе в течение 30 лет. По этим данным можно сделать вывод, что наведенная в Pbна активность по изотопу Po210 в 107 превосходит уровень освобождения от жесткого радиационного контроля.

Таблица 1. Содержание изотопов полония в 1 кг Pbнат после 30 лет облучения в спектре нейтронов быстрого реактора

Изотоп	Активность радиоизотопа в 1 кг Pbнат, Бк/кг	Содержание изотопа в 1 кг Pbнат, г/кг
Po209	$1,85 \cdot 10^6$	$3,06 \cdot 10^{-6}$
Po210	$1,17 \cdot 10^{11}$	$6,35 \cdot 10^{-4}$

В таблице 2 приведены значения относительной опасности и активности радиоизотопов, попадающих в окружающую среду в результате запроектной аварии быстрого реактора с повреждением корпуса и гермообъема[3].

Таблица 2. Относительная опасность и выброс активности при запроектной аварии быстрого реактора

Наименование	Радионуклид						
	Po	Hg	I	Zn	Cs	As	Cd
Активность, Кюри	3	1200	60	500	100	300	100
Относительная опасность	0,400	0,200	0,160	0,100	0,080	0,044	0,006

Присутствие Po210 в составе выброса вызвано активацией свинцового теплоносителя, а наличие остальных нуклидов связано с негерметичностью тепловыделяющих стержней. На долю Po210 приходится самая большая часть потенциальной радиационной опасности.

В качестве альтернативы, которая могла бы преодолеть этот недостаток свинцового теплоносителя, исходя из процессов ядерных превращений на рис.1, может быть использован свинец, обогащенный по изотопу Pb206. При обеднении теплоносителя изотопом Pb208, Pb209 будет образовываться гораздо меньше, а с ним и остальных высокотоксичных изотопов.

Исследования РНЦ «КИ» показывают возможность на практике обогатить природный состав свинца на центрифужных каскадах. Рабочим веществом при разделении стабильных изотопов является летучее соединение –тетраметил свинца –  $Pb(CH_3)_4$ , с достаточно изученными физико-химическими свойствами и совместимостью с материалами центробежного оборудования[4]. В результате обогащения можно получить свинец, обогащенный по изотопу  $Pb^{206}$  на 96,4 %. Содержание изотопа  $Pb^{208}$  при этом составляет 0,1 %.

В таблице 3 приведены результат расчета активности радиоизотопов полония в 1 кг изотопа  $Pb^{206}$  после 30 лет облучения в спектре нейтронов быстрого реактора.

Таблица 3.Содержание изотопов полония в 1 кг  $Pb^{206}$ после 30 лет облучения в спектре нейтронов быстрого реактора

Нуклид	Активность радиоизотопа, Бк/кг	Содержание радиоизотопа, г/кг
$Po^{209}$	$5,59 \cdot 10^1$	$9,35 \cdot 10^{-11}$
$Po^{210}$	$6,61 \cdot 10^6$	$3,92 \cdot 10^{-8}$

Видно, что уровень активности изотопов полония снижается в 105 раз. Это уже гораздо ближе к нормативным значениям, предусмотренным НРБ. Можно сделать вывод о том, что использование  $Pb^{206}$  вместо свинца естественного состава практически решает проблему полония в теплоносителе быстрого реактора.

#### Список литературы:

1. Хорасанов Г.Л., Блохин А.И.и др. Высокообогащенный свинец-206 для малой атомной энергетики // В сб.: Доклады 5-й Всероссийской научной конференции “Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул”. М.: ЦНИИАтоминформ, 2000, с. 186–189.
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.758-99. М., Минздрав России, 2009 г.
3. Орлов В.В., Леонов В.Н., и др. Детерминистическая безопасность реакторов БРЕСТ // В сб.: Тяжелые жидкометаллические теплоносители в ядерных технологиях. Обнинск: ГНЦ РФ ФЭИ, 1999, т. 2, с. 440–449.
4. Хорасанов Г.Л., Иванов А.П. и др. Малоактивируемый теплоноситель на основе изотопа свинца  $Pb^{206}$  для перспективных ЯЭУ // В сб.: Доклады 4-й Всероссийской (Международной) научной конференции “Физико-химические процессы при селекции атомов и молекул”. М.: ЦНИИАтоминформ, 1999, с. 262–267.

#### Исследование процесса гетерогенного каталитического разложения комплексона трилона б в азотнокислых растворах

*Г.А. Анальков, И.Г. Ефремов, А.Н. Дьяченко\*, А.Ю. Жабин, Г.Г. Кокарев*  
 ФГУП «Горно-химический комбинат», Россия, г. Железногорск

\*Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
 glebaldo@mail.ru

#### Введение

Одной из задач в обеспечении радиационной безопасности при эксплуатации атомных электростанций и радиохимических производств является решение проблемы очистки и переработки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), образующихся при проведении работ по дезактивации оборудования и эксплуатации спецпрачечных [1].

Основным компонентом дезактивирующих растворов являются комплексообразующие вещества, которые образуют прочные растворимые комплексы с радионуклидами  $^{134}Cs$ ,  $^{137}Cs$ ,  $^{60}Co$ . В качестве таких веществ при дезактивации находят применение полифосфаты, аминополикарбоновые кислоты, лимонная, щавелевая, винная, плавиковая кислоты и их соли - цитраты, оксалаты и фториды. Из органических комплексообразователей типа аминополикарбоновых кислот, называемых обычно комплексонами и применяемых на АЭС, наибольшее значение для дезактивации имеет этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА) и ее двунариевая соль (трилон Б). Устойчивость комплексов, образуемых ЭДТА (ее солями), так высока, а концентрация свободного катиона, образуемого в результате диссоциации комплекса, настолько мала, что при этом не достигается значения произведения растворимости для

большинства труднорастворимых соединений, присутствующих в воде теплообменного и теплоэнергетического оборудования. Это и обуславливает эффективность комплексона.

Отсюда следует, что переработка ЖРО значительно упрощается после удаления или разрушения содержащихся в них комплексонов, которые связывают радионуклиды и затрудняют их выделение традиционными физико-химическими методами.

Процесс деструкции комплексонов (ЭДТА, трилон Б) может происходить при добавлении различных окислителей, таких как пероксид водорода и др. [2]. В числе других способов можно выделить методы озono-пероксидного окислительного ( $O_3$ ,  $H_2O_2$ ) и пероксидно-фотоокислительного ( $УФ/H_2O_2$ ) разложения комплексонов [3],[4]. Проведение таких процессов требует строгого определения и соблюдения таких параметров как рН среды (раствора), температуры, концентрации окислителей и др. Также можно судить о малой эффективности данных процессов ввиду продолжительности по времени их проведения. Отсюда следует, что в чистом виде данные процессы невозможно назвать оптимальными для промышленного использования.

В процессе обработки по предлагаемому способу происходит термическое декарбоксилирование, заключающееся во внутримолекулярной перегруппировке, при которой от молекулы комплексона в присутствии гетерогенного катализатора отщепляется несколько молекул диоксида углерода. Комплексующие свойства комплексона при этом полностью исчезают и растворы в дальнейшем можно перерабатывать обычными методами [6].

Целью данной работы являлось повышение эффективности разложения комплексона трилона Б в азотнокислых растворах путем применения гетерогенного платинового катализатора.

Экспериментальная часть

В качестве катализатора при проведении экспериментов был взят платиновый катализатор на основе ионообменной смолы ВП-1АП, применяемый при получении  $U(4+)$  в азотнокислых средах [5]. Технологический процесс получения платинового катализатора состоит из следующих основных пределов:

- приготовление исходного раствора платино-хлористоводородной кислоты;
- приготовление исходного раствора платино-хлористоводородной кислоты с концентрацией платины  $100 \pm 5$  г/л;
- подготовка поверхности смолы ВП-1АП для платинирования;
- приготовление раствора платинирования;
- приготовление платинового катализатора на ионообменной смоле.

Приготовление платинового катализатора проводили путём пропитки смолы ВП-1АП щелочным раствором платины при массовом соотношении гидроксида натрия и платины (в пересчёте на металл) равном 4-6, с последующей промывкой водой и обработкой раствором гидразингидрата.

Процентное содержание платины на носителе определяли после обработки навески катализатора царской водкой с последующим определением платины в растворе спектрофотометрическим методом с использованием хлорида олова. На рисунке 1 изображена смола ВП-1АП до и после нанесения платины.

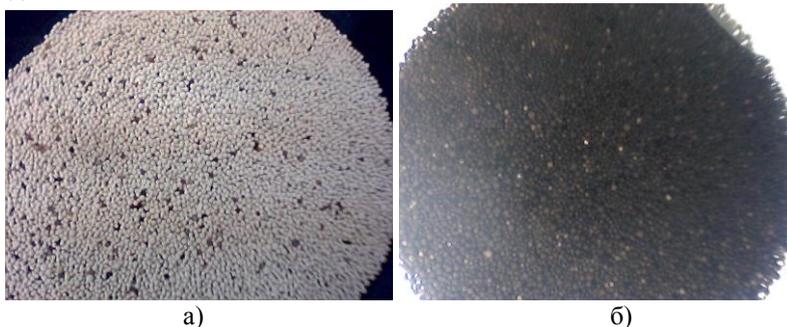


Рис. 1. Смола ВП-1АП до (а) и после (б) нанесения платины.

Параметры колонны с катализатором 2-4% Pt/ ВП-1АП: высота слоя катализатора – 11,5 см, внутренний диаметр колонки ~ 2,7 см. Колоночный объем ~66 мл. Соотношение диаметра насыпного слоя катализатора к его высоте ~1:4,9. Общая схема лабораторной установки представлена на рисунке 2.

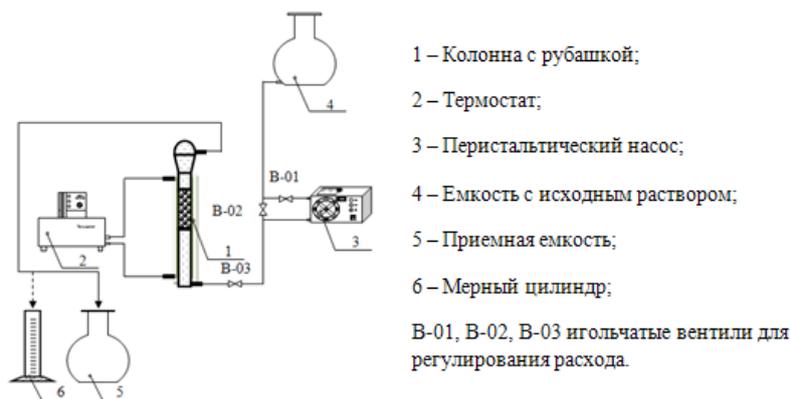


Рис. 2. Лабораторная установка для изучения гетерогенного каталитического метода разложения комплексона трилона Б.

Исходные данные процесса:

- состав исходного раствора: трилон Б, азотная кислота, пероксид водорода, вода;
- расход исходного раствора – 7 колон.об/ч;
- время контакта раствора, содержащего трилон Б, с катализатором ~ 50 с;
- температура – 70÷98 °С.

Раствор после каталитической колонны собирался порциями по 50 мл и анализировался на содержание трилона Б и  $\text{HNO}_3$ .

Обсуждение результатов

В ходе выполнения экспериментов по каталитическому разложению раствора, содержащего комплексон трилон Б и азотную кислоту разных концентраций при различных температурах, были получены следующие данные:

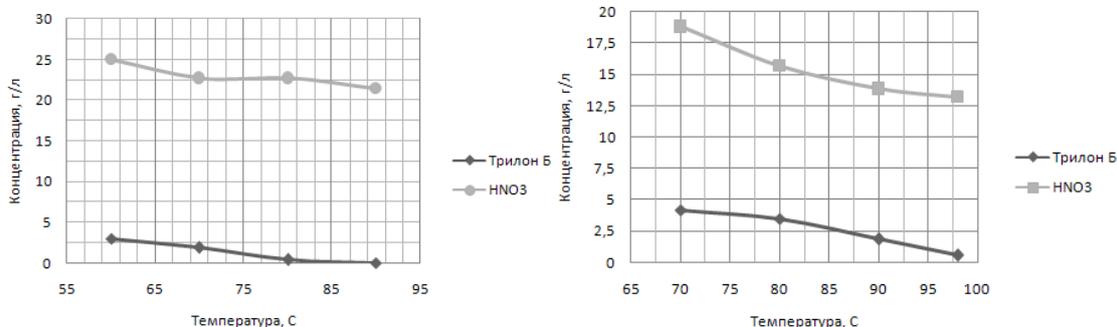


Рис. 3. Зависимость разложения трилона Б от температуры процесса.

При температурах 90-98°С наблюдалось практически полное разложение комплексона (~99,91%), остаточная концентрация трилона Б составила <1 мг/л (при исходной концентрации 10 г/л). Однако в дальнейших экспериментах, руководствуясь данными по составам дезактивирующих растворов радиохимических производств и АЭС, содержащих комплексоны (в том числе трилон Б), содержание трилона Б было установлено на уровне 1-2 г/л.

Скорость пропускания раствора через слой катализатора (скорость потока) – 7 колон.об./ч. Наблюдалось также незначительное разложение азотной кислоты (~5-10%). Возможен незначительный разброс значений степени разложения комплексона (в пределах трех- четырех десятых долей процента) с полученными значениями, что объясняется цикличностью накопления на поверхности катализатора и уноса продуктов разложения трилона Б и  $\text{HNO}_3$ . В результате накопления на поверхности катализатора продуктов разложения уменьшается площадь поверхности катализатора и уменьшается степень разложения катализатора. Данная проблема решалась предварительной активацией колонны 1-3М раствором  $\text{HNO}_3$  в течение 30 минут.

В ходе выполнения работы было изучено влияние концентрации азотной кислоты на процесс каталитического разложения трилона Б. Данные представлены на рисунке 4.

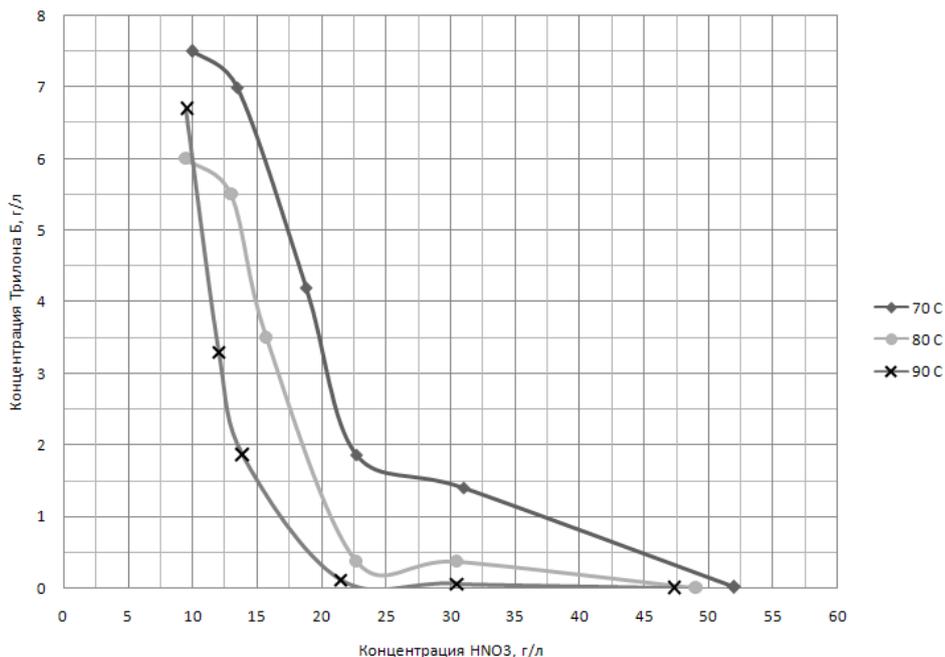


Рис. 4. Влияние концентрации HNO<sub>3</sub> на процесс каталитического разложения трилона Б.

Как видно из графика (рисунок 4), повышение концентрации азотной кислоты значительно увеличивает эффективность процесса гетерогенного каталитического разложения трилона Б. При повышении содержания HNO<sub>3</sub> до 45-50 г/л наблюдается практически полное разложение (до 99,9%) комплексона. Однако, учитывая температурный фактор, возможно добиться полной деструкции трилона Б уже при концентрации HNO<sub>3</sub> 22-25 г/л, повысив температуру процесса до 90°C.

При снижении концентрации HNO<sub>3</sub> до значений 5-8 г/л полного разложения трилона Б не происходит (остаточная концентрация комплексона составляет 0,3-0,4 г/л). Для этого в систему был введен дополнительный окислитель – пероксид водорода. Эффективность процесса значительно повышается даже при содержании азотной кислоты на уровне 0,5 г/л.

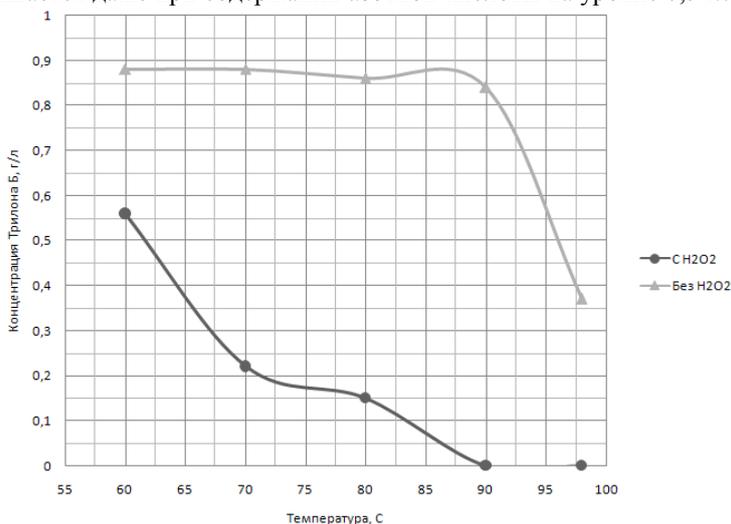


Рис. 5. Разложение трилона Б в отсутствии/присутствии H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

В то же время, температуры свыше 80°C значительно затрудняют использование H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ввиду начала разложения перекиси уже при температурах 50-60°C. В то же время, повышение концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в системе снижает температуру каталитического разложения трилона Б. На рисунке 6 приведены графические зависимости разложения трилона Б в зависимости от концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в исходном растворе.

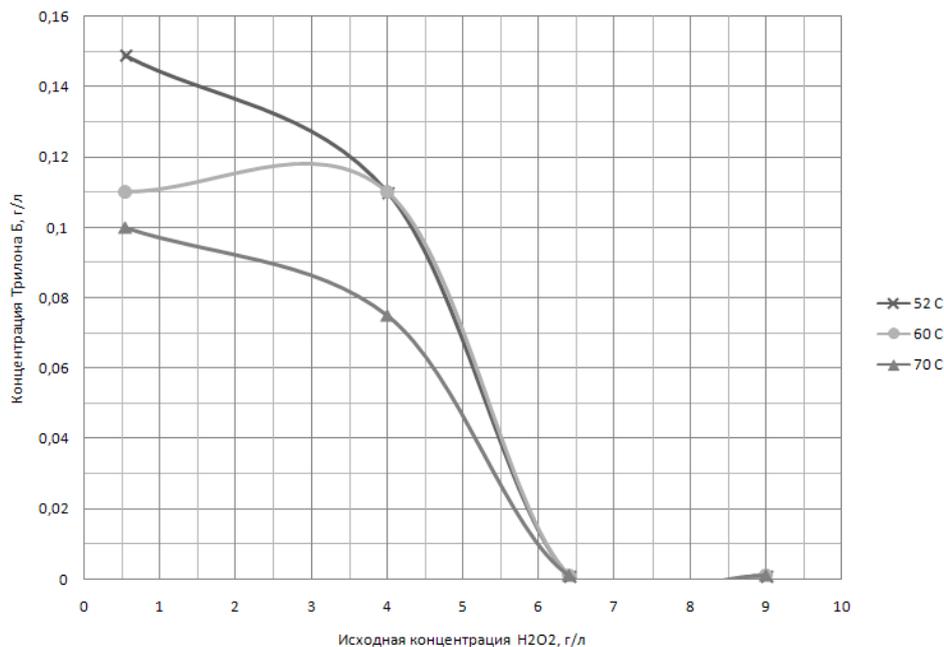


Рис. 6. Влияние концентрации H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> на процесс каталитического разложения трилона Б.

Таким образом, введение в систему H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> увеличивает эффективность разложения трилона Б до остаточных концентраций <1 мг/л уже при температурах 50-70°C. Оптимальная концентрация H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в исходном растворе, содержащем комплексон трилон Б (1-2 г/л), составляет 6-7 г/л.

В настоящее время ведутся работы по дальнейшей оптимизации процесса гетерогенного каталитического разложения комплексона трилона Б в азотнокислых растворах. Рассматривается влияние различных факторов (времени контакта раствора с поверхностью катализатора, характеристик катализатора и др.) на эффективность процесса. Результаты исследований планируется выпустить в виде отдельного сообщения (статьи).

#### Выводы

Исследован процесс гетерогенного каталитического разложения комплексона трилона Б в азотнокислых растворах на платиновом катализаторе с носителем в виде ионообменной смолы ВП-1АП.

Разработана и предложена к использованию лабораторная установка каталитического разложения, показавшая свою эффективность (остаточная концентрация комплексона <1 мг/л).

Показано влияние температуры на процесс каталитического разложения комплексона.

Рассмотрен процесс разложения трилона Б при различных концентрациях азотной кислоты (рН=0-4).

Изучено влияние пероксида водорода на процесс каталитической деструкции комплексона трилона Б.

Оптимальными условиями для проведения каталитического разложения трилона Б на платиновом катализаторе с носителем ВП-1АП можно считать следующие условия: исходная концентрация комплексона – 1-2 г/л, перекиси – 6 г/л, температура – 70-80°C. Степень разложения составляет при этом 99,91%.

#### Список литературы:

1. Combined Methods for Liquid Radioactive Waste Treatment: Final report of a coordinated research project 1997–2001. International Atomic Energy Agency, Vienna, IAEA, 2003. 246 p. (IAEA-TECDOC-1336).
2. Арустамов А.Э., Зинин А.В., Красников П.В., Прилепо Ю.П., Перевезенцев В.В., Савкин А.Е., Свитцов А.А., Хубецов С.Б. Метод ионселективной очистки жидких радиоактивных отходов атомных станций // Безопасность жизнедеятельности. 2005. № 11. С. 13-16.
3. Лагунова Ю.О., Селиверстов А.Ф., Ершов Б.Г., Морозов П.А., Камруков А.С., Ангуладзе Ш. // Фотоокислительное разрушение Трилона Б в щелочных растворах. Материалы 5-й международной научно-технической конференции: «Обращение с радиоактивными отходами». М: «ВНИИАЭС», 2006, С.39 – 40.

4. Лагунова Ю.О., Селиверстов А.Ф., Ершов Б.Г., Морозов П.А., Камруков А.С., Шашковский С.Г. //Окислительное разложение ЭДТА в водных растворах при действии УФ-излучения. Радиохимия, 2008, т.50, № 1, С. 62-66.
5. Короткевич В.М., Теровский В.С., Михайлова Н.А. и др. Восстановление уранилнитрата на платиновом катализаторе с помощью гидразина // I Российская конф. по радиохимии. – г.Дубна, 17–19 мая 1994 г.: Тез. докл. – М.: РНЦ «Курчатовский институт», 1994. – С. 202.
6. Способ разложения комплексонов в азотнокислых растворах. Патент SU 1214607А, С 02 F 1/72, 28.02.86.

#### К расчету возраста нейтронов в графите

**Бас Т.В., Кузьмин А.В.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
kuzminav@tpu.ru*

В начале 40-х годов прошлого века Энрико Ферми в поисках решения уравнения замедления, выраженное через поток замедления, учел функциональную связь между летаргией замедляющихся нейтронов и с возрастом  $\tau$ , т.е. «временем», прошедшим с момента испускания быстрого нейтрона до момента его детектирования. Он ввел новую переменную

$$d\tau = \frac{D(u)}{\zeta \Sigma_s(u)} du \quad \text{или} \quad \tau(u) = \int \frac{D(u)}{\zeta \Sigma_s(u)} du, \quad (1)$$

которая позволяла оценить возраст в заданном интервале энергии по имеющимся экспериментальным данным физических свойств среды.

В выражении (1)  $\zeta$  – среднелогарифмическая потеря энергии за одно соударение;  $\Sigma_s(u)$  – эффективное макроскопическое поперечное сечение рассеяния среды, см-1. Коэффициент диффузии среды, см, может быть определен через макроскопическое транспортное сечение рассеяния  $\Sigma_{tr}(u)$ , см-1:

$$D(u) = \frac{1}{3 \cdot \Sigma_{tr}(u)}. \quad (2)$$

Примеры расчетного определения возраста по имеющимся экспериментальным данным свойств, входящих в уравнения (1)-(2) приводятся в [1,2].

Отрывочные и недостаточно полные сведения энергетической зависимости ядерно-физических свойств элементов нацеливали исследователей на проведение прямых экспериментальных методов определения возраста, а также на расширение и уточнение базы данных по физическим свойствам реакторных материалов. Естественно, в первую очередь основное внимание было уделено углероду как первому замедлителю в ядерных реакторах на тепловых нейтронах. Примерно до 1962 года экспериментальные и аналитические результаты не давали должного согласия [3], что в первую очередь могло говорить о все ещё недостаточно корректных данных по ядерно-физическим свойствам углерода. В табл.1 приведены экспериментальные и теоретические результаты возраста при замедлении нейтронов деления с энергией  $E_0 = 2 \text{ МэВ}$  до энергии индиевого резонанса  $E_m = 1,46 \text{ эВ}$ .

Первые ошутимые результаты, которые можно назвать эталонными, были получены в работе [4], методика и результаты которой подробно изложена в [5].

Таблица 1. Возраст  $\tau_{1,46}$  в графите плотностью 1,60 г/ см3

Ссылка	Возраст, $\tau_{1,46}$ , см2	Ссылка	Возраст, $\tau_{1,46}$ , см2
Эксперимент	Теория		
1. Fermi (1943)	317,0	1. Goldstein (1961)	304,0 ± 3,0
2. Hill (1949)	310,6 ± 3,0	2. Joanou (1962)	305,0
3. Davey (1958)	337,9	3. Alter [4] (1964)	307,4 ± 1,0
4. Hendrie (1959)	312,6 ± 0,5		
5. Paschall [4] (1964)	307,8 ± 1,9		

В справочнике [6] представлены удобные для проведения расчетного определения возраста зависимости микроскопических сечений  $\sigma_s(u)$  и  $\sigma_{tr}(u)$ , полученные в работах [7,8]. Приведем формулу (1) с учетом (2) к виду удобному для проведения расчетов

$$\tau(u) = \int \frac{du}{3\bar{\zeta}\Sigma_s(u)\Sigma_{tr}(u)} = \frac{1}{3\bar{\zeta}N^2} \int \frac{du}{\sigma_s(u)\sigma_{tr}(u)} \quad (3)$$

Найдем произведение микроскопических сечений, результаты сведем в табл.2.

**Таблица 2.** Сечения взаимодействия нейтронов с графитом в зависимости от летаргии [6]

u	$\sigma_s$ , барн	$\sigma_{tr}$ , барн	$\sigma_s\sigma_{tr}$ , (барн) <sup>2</sup>	u	$\sigma_s$ , барн	$\sigma_{tr}$ , барн	$\sigma_s\sigma_{tr}$ , (барн) <sup>2</sup>
0,00	1,732	1,533	2,655	3,00	4,400	4,052	17,829
0,25	1,880	1,664	3,128	3,25	4,450	4,116	18,316
0,50	2,195	1,925	4,225	3,50	4,515	4,190	18,918
0,75	2,505	2,179	5,458	3,75	4,555	4,241	19,318
1,00	2,805	2,438	6,838	4,00	4,590	4,335	19,897
1,25	3,095	2,702	8,323	4,25	4,610	4,354	20,072
1,50	3,385	2,982	10,094	4,50	4,635	4,377	20,287
1,75	3,665	3,254	11,926	4,75	4,675	4,415	20,640
2,00	3,900	3,494	13,627	5,00	4,690	4,429	20,772
2,25	4,100	3,702	15,178	5,25	4,700	4,439	20,863
2,50	4,250	3,872	16,456	...	...	...	...
2,75	4,350	3,989	17,352	18,185	4,700	4,439	20,863

В соответствие с данными [6] значение среднелогарифмического декремента примем постоянным и равным  $\bar{\zeta} = 0,158$ . Ядерную концентрацию графита N, ядер/см<sup>3</sup>, при его физической плотности  $\gamma C = 1,6$  г/см<sup>3</sup> определим по известной формуле

$$N = \frac{N_A \cdot \gamma}{A} = \frac{0,6022 \cdot 10^{24} \cdot 1,6}{12,014} = 0,0802 \cdot 10^{24}$$

Заметим, что в отечественной практике под летаргией понимают  $u = \ln(E_0 / E)$ , где за  $E_0$  принята средняя энергия спектра мгновенных нейтронов деления равная 2 МэВ.

На рис.1 представлена зависимость произведения сечений от летаргии. В диапазоне летаргий  $u = 0 \dots 18,185$ , что соответствует пути замедления от  $E_0$  до стандартной энергии  $E_{cm} = 0,0253$  эВ, выделяются 2 зоны графического интегрирования уравнения (3). В результате выражение (3) с учетом данных табл. 2 можно записать для возраста тепловых нейтронов  $\tau_T$  в виде

$$\tau_T = \frac{1}{3 \cdot 0,158 \cdot 0,006432 \cdot 10^{48}} \times \left( \frac{1}{\langle \sigma_s \sigma_{tr} \rangle} \int_0^{5,25} du + \frac{1}{(\sigma_s \sigma_{tr})_{5,25}} \int_{5,25}^{18,185} du \right),$$

где  $\langle \sigma_s \sigma_{tr} \rangle = 14,3074$  барн<sup>2</sup> – среднее значение произведения сечений, определенное с помощью машинного кода,  $(\sigma_s \sigma_{tr})_{5,25} = 20,8633$  барн<sup>2</sup> – постоянное табличное значение.

Результат расчета возраста нейтронов деления при замедлении до энергии индиевого резонанса  $\tau_{1,46}$  в графите по справочным данным, представленным в [6, стр. 327], равен:  $\tau_{1,46} = 260$  см<sup>2</sup>. Очевидно заметное отличие от теоретической оценки Олтера [4]:

$$\delta = \frac{260 - 307,4}{307,4} = -15,4\%.$$

Наиболее вероятными причинами подобного расхождения могут быть:

- устаревшие экспериментальные данные, представленные в атласах [7,8] по транспортному сечению и сечению упругого рассеяния;

- некорректность в определении среднего значения декремента  $\bar{\xi}$ .

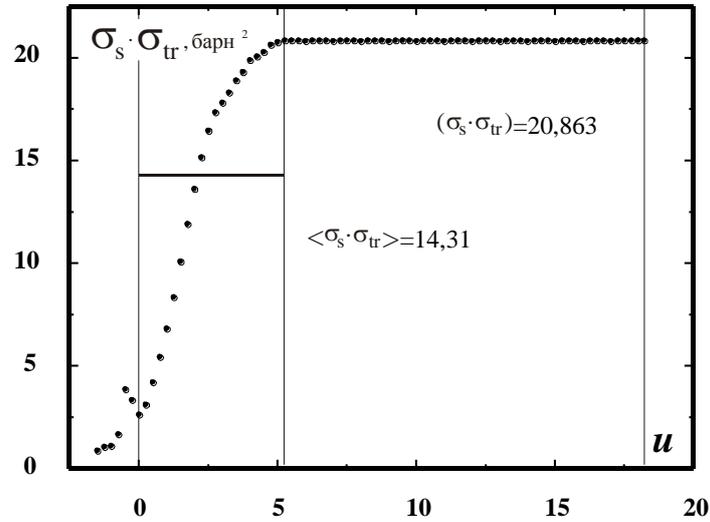


Рис. 1. Среднее  $\langle \rangle$  и постоянное  $( )$  значения произведения сечений в границах замедления нейтронов от  $E_0$  до  $E_{cm}$

Проверка этих предположений с использованием современных доступных экспериментальных данных по сечениям взаимодействия графита была проведена в работе [9] с использованием групповых констант [10].

Эффективное микроскопическое транспортное сечение в табл.4 определялось по формуле  $\sigma_{tr}(u) = \sigma_c(u) + \sigma_{in}(u) + \sigma_s(u) \cdot (1 - \mu(u))$ ,

где  $\sigma_c, \sigma_{in}$  – микроскопические эффективные сечения радиационного захвата и неупругого рассеяния;  $\mu(u)$  – средний косинус угла рассеяния.

Отметим наиболее существенные особенности экспериментальных ядерно-физических констант по углероду, представленных в разное время в справочниках [6,10].

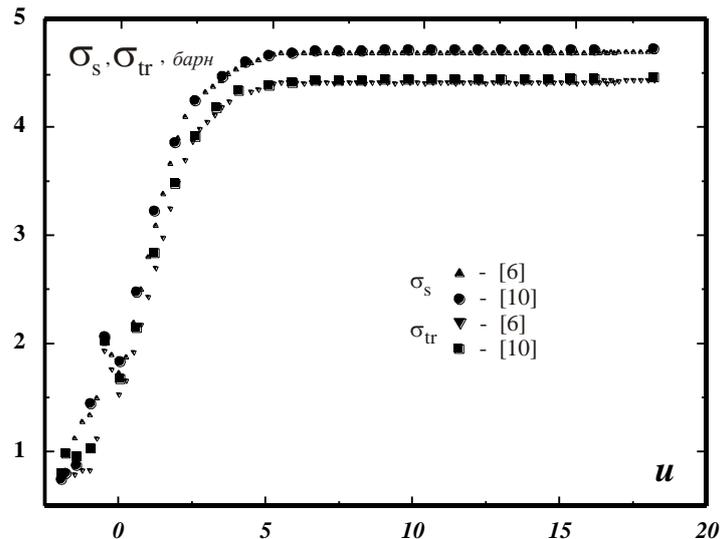


Рис.2. Сравнение сечений по разным источникам

В диапазоне летаргий  $u = 0 \dots 18,185$ , соответствующем пути замедления от  $E_0 = 2 \text{ МэВ}$  до стандартной энергии  $E_{cm} = 0,0253 \text{ эВ}$ , нет резонансного поглощения и это, несомненно, создаст возможности более точного расчёта возраста до детектируемого значения нейтронов.

Если в справочнике [6] предполагается, что среднелогарифмическая потеря энергии за одно соударение нейтрона с ядром атома углерода  $\bar{\xi}$  постоянна на всем интервале замедления, то в 28-групповой системе констант [10] учитывается зависимость её от энергии, особенно заметная в области высоких энергий.

Подобное отличие имеет место и с применением среднего косинуса угла рассеяния  $\mu$ . При пользовании данными [6] эта характеристика считается постоянной и равной  $\mu = 2/(3A)$ , где  $A$  – массовое число элемента. В табл. 4 можно видеть, что в области высоких энергий она заметно изменяется.

Сечения  $\sigma_s(u)$  и  $\sigma_{tr}(u)$ , представленные в [10], имеют несколько завышенные значения в сравнении с данными [6] (см. рис.2). Очевидно, согласно (4), это приведет к меньшему значению возраста и, следовательно, к большей погрешности результата. На этом основании можно говорить о большой методической погрешности данного способа расчета возраста нейтронов и о необходимости поиска других методов.

#### Список литературы:

1. Меррей Р. Физика ядерных реакторов. – М.: АИ, 1961. – 292 с.
2. Кузьмин А.В. Основы теории переноса нейтронов (лабораторный практикум): учеб. пособие для вузов. 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ. 2010. – 192 с.
3. Бекурц К., Виртц К. Нейтронная физика. – М.: Атомиздат, 1968. – 456 с.
4. Campbell R.W., Paschall R.K. and Swanson V.A. The age of fission neutrons to indium-resonance energy in graphite // Nucl. Sci. Engng. – 1964. – V. 20. –P. 445–454.
5. Кузьмин А.В. Экспериментальное и расчетное определение возраста нейтронов деления в различных средах: учеб. пособие для вузов. 1-изд. – Томск: Изд-во ТПУ. 2011. – 232 с.
6. Гордеев И.В., Кардашев Д.А., Малышев А.В. Ядерно-физические константы: Справочник. – М.: Госатомиздат, 1963. – 507 с.
7. Hughes D.J., Magurno B.A. and Brussel M.K. Neutron Cross Sections, BNL325, Suppl. 1, 1960.
8. Hughes D.J. and Schwartz R.B. Neutron Cross Sections, BNL325, 1958.
9. Бас Т. В. Подготовка групповых констант к расчету возраста тепловых нейтронов в графите// Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: Труды XIV Междунар. студ. научно-техн. семинара: в 2-х томах. Т.2 - Томск: Изд-во ТПУ. 2012. – С. 78-81 с
10. Групповые константы для расчета реакторов и защиты: Справочник / Л.П. Абагян, Н.О. Базаянц, М.Н. Николаев, А.М. Цибуля: Под ред. М.Н. Николаева. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 232 с.

#### Расчет возраста нейтронов деления до индиевого резонанса в графите методом групп

**Бас Т.В., Кузьмин А.В.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Приводится алгоритм расчета возраста замедляющихся нейтронов в графите методом групп. Сравнение результатов расчета возраста нейтронов деления при замедлении до энергии индиевого резонанса показало хорошую сходимость с теоретическими и экспериментальными данными.

Ядерно-физические константы в основном предназначены для инженеров-физиков при проектировании и эксплуатации ядерных реакторов и защиты. Эти характеристики постоянно обновляются с получением новых экспериментальных и теоретических результатов и обобщаются в соответствующих справочниках и библиотеках баз данных. В отечественной технической литературе по данной теме наиболее известными являются справочники [1,2]. В первом из них приведены экспериментальные данные, полученные до 1962 г., хотя необходимые нам для анализа макроскопическое транспортное сечение рассеяния  $\Sigma_{tr}(u)$ , см-1 и  $\Sigma_s(u)$ , см<sup>-1</sup> – эффективное макроскопическое поперечное сечения рассеяния среды, см-1 с удобным шагом по летаргии  $\Delta u=0,25$ , были опубликованы несколько ранее. Во втором справочнике [2] приводятся таблицы 28-групповых нейтронных констант, основанных на данных до 1977 г.

Основные энергетические характеристики групп представлены в табл.1, где  $\bar{u}$  – означает среднее значение летаргии в группе.

Таблица 1. Разбиение энергии нейтронов на группы

Группа	$E_n$	$\bar{u}$	Группа	$E_n$	$\bar{u}$
-1	14,5–14,0·МэВ	-1,96361	13	4,65–2,15·кэВ	6,37713
0	14,0–10,5·МэВ	-1,81238	14	2,15–1,0·кэВ	7,14665
1	10,5–6,5·МэВ	-1,44692	15	1,0–0,465·кэВ	7,91219
2	6,5–4,0·МэВ	-0,96508	16	465–215·эВ	8,67971
3	4,0–2,5·МэВ	-0,48551	17	215–100·эВ	9,44923
4	2,5–1,4·МэВ	0,02532	18	100–46,5·эВ	10,21478
5	1,4–0,8·МэВ	0,59784	19	46,5–21,5·эВ	10,98230
6	0,8–0,4·МэВ	1,20397	20	21,5–10,0·эВ	11,75182
7	0,4–0,2·МэВ	1,89712	21	10,0–4,65·эВ	12,51736
8	0,2–0,1·МэВ	2,59027	22	4,65–2,15·эВ	13,28488
9	100,0–46,5·кэВ	3,30702	23	2,15–1,0·эВ	14,05440
10	46,5–21,5·кэВ	4,07454	24	1,0–0,465·эВ	14,81995
11	21,5–10,0·кэВ	4,84406	25	0,465–0,215·эВ	15,58747
12	10,0–4,65·кэВ	5,60961	Г	0,0253 эВ	18,18561

В табл. 2 представлена часть среднегрупповых сечений из работы [2], необходимых для проведения расчета возраста нейтронов до любого детектируемого значения.  $\sigma_c$  – микроскопическое эффективное сечение радиационного захвата;  $\sigma_{in}$  – сечение неупругого рассеяния с учетом сечений реакций  $(n, 2n)$  и  $(n, 3n)$ ;  $\sigma_s \equiv \sigma_e$  – сечение упругого рассеяния;  $\mu$  – средний косинус угла рассеяния, вычисленный без учета того в какую группу попадет нейтрон после рассеяния;  $\zeta$  – среднее приращение летаргии при упругом рассеянии (среднелогарифмический декремент);  $\sigma_z$  – сечение упругого замедления. Помимо этого по приведенным данным [2], таблица дополнена расчетом эффективного микроскопического транспортного сечения, которое определялось по формуле:

$$\sigma_{tr}(u) = \sigma_c(u) + \sigma_{in}(u) + \sigma_s(u) \cdot (1 - \mu(u)) \quad (1)$$

Согласно теории метода групп [3] возраст нейтронов в  $i$ -ой группе определяется из следующей формулы

$$\tau_i = \frac{D^{(i)}}{N \cdot (\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)})}, \quad (2)$$

где  $N$  – ядерная концентрация графита плотностью 1,60 г/см<sup>3</sup>; сечение поглощения определяется выражением  $\sigma_a^{(i)} = \sigma_c^{(i)} + \sigma_{in}^{(i)}$ , а сечение увода нейтрона из группы за счет упругого соударения нейтрона с ядром углерода есть сечение упругого замедления  $\sigma_R^{(i)} \equiv \sigma_z^{(i)}$ . Сумму сечений в (2)  $\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)}$  по терминологии [3] называют действующим сечением замедлителя.

Коэффициент диффузии нейтронов в группе определяется выражением:

$$D^{(i)} = \frac{1}{3 \cdot \Sigma_{tr}^{(i)}} = \frac{1}{3 \cdot N \sigma_{tr}^{(i)}}. \quad (3)$$

Таким образом, формулы (1)-(3) позволяют провести расчет возраста в каждой энергетической группе. Поскольку нас интересует область замедления, которая моделировалась в экспериментах по определению возраста в графите [4]: диапазон летаргий  $u = 0 \dots 14,125$ , соответствующий пути замедления от  $E_0 = 2 \text{ МэВ}$  до энергии индиевого резонанса  $E_m = 1,46 \text{ эВ}$ , то результаты расчета возраста в группах, представленные в табл. 3, охватывают только этот диапазон энергий.

Таблица 2. Основные групповые константы углерода [2]

Группа	$\sigma_s$ , барн	$\mu$	$\zeta$	$\sigma_c$ , барн	$\sigma_{in}$ , барн	$\sigma_{tr}$ , барн	$\sigma_z$ , барн
-1	0,751	0,617	0,022	0,081	0,438	0,80626	0,473
0	0,806	0,4436	0,068	0,09	0,454	0,99246	0,343
1	0,878	0,2682	0,104	0,06	0,262	0,96452	0,366
2	1,451	0,3247	0,081	0	0,059	1,03886	0,43
3	2,07	0,0164	0,153	0	0	2,03605	0,767
4	1,84	0,0869	0,16	0	0	1,6801	0,509
5	2,48	0,1323	0,158	0	0	2,1519	0,703
6	3,23	0,1191	0,161	0	0	2,84531	0,749
7	3,86	0,0972	0,158	0	0	3,48481	0,882
8	4,25	0,0787	0,159	0	0	3,91553	0,972
9	4,49	0,0683	0,156	0	0	4,18333	0,912
10	4,62	0,06	0,158	0	0	4,3428	0,947
11	4,68	0,0573	0,157	0	0	4,41184	0,962
12	4,7	0,056	0,159	0	0	4,4368	0,968
13	4,72	0,056	0,159	0	0	4,45568	0,972
14	4,72	0,056	0,159	$1 \cdot 10^{-5}$	0	4,45569	0,972
15	4,72	0,056	0,159	$2 \cdot 10^{-5}$	0	4,4557	0,972
16	4,73	0,056	0,159	$3 \cdot 10^{-5}$	0	4,46515	0,974
17	4,73	0,056	0,159	$4 \cdot 10^{-5}$	0	4,46516	0,974
18	4,73	0,056	0,159	$7 \cdot 10^{-5}$	0	4,46519	0,974
19	4,73	0,056	0,159	$1 \cdot 10^{-4}$	0	4,46522	0,974
20	4,73	0,056	0,159	$1,4 \cdot 10^{-4}$	0	4,46526	0,974
21	4,73	0,056	0,159	$2,1 \cdot 10^{-4}$	0	4,46533	0,974
22	4,73	0,056	0,159	$3,1 \cdot 10^{-4}$	0	4,46543	0,974
23	4,73	0,056	0,159	$4,5 \cdot 10^{-4}$	0	4,46557	0,974
24	4,73	0,056	0,159	$6,6 \cdot 10^{-4}$	0	4,46578	0,974
25	4,73	0,056	0,159	$9,7 \cdot 10^{-4}$	0	4,46609	0,974
T	4,729	0,056	–	0,0034	0	4,46758	

Поскольку требуемые границы являются только частью 4 и 23 групп, то необходимо сделать правку значений возраста, используя простую интерполяцию. Так как в диапазоне 4 группы с энергией 2,5...1,4 МэВ возраст нейтронов при замедлении в этом интервале энергий равен  $\tau_1 = 60,6 \text{ см}^2$ , то, очевидно, что в интервале 2,0...1,4 МэВ возраст будет иметь значение равное 32,7272 см<sup>2</sup>, а в последней группе 7,1457 см<sup>2</sup>.

Таблица 3. Результаты расчета возраста в группах

Группа	$E_n$	$D^{(i)} \times N$ , барн <sup>-1</sup>	$\sigma_a^{(i)} + \sigma_R^{(i)}$ , барн	$\tau_i$ , см <sup>2</sup>
4	2,5–1,4·МэВ	0,1984	0,509	60,60086
5	1,4–0,8·МэВ	0,1549	0,703	34,25753
6	0,8–0,4·МэВ	0,11715	0,749	24,31766
7	0,4–0,2·МэВ	0,09565	0,882	16,86108
8	0,2–0,1 МэВ	0,08513	0,972	13,616840
9	100,0–46,5·кэВ	0,07968	0,912	13,58362
10	46,5–21,5·кэВ	0,07676	0,947	12,60123
11	46,5–21,5·кэВ	0,07555	0,962	12,21064
12	10,0–4,65·кэВ	0,07513	0,968	12,06667
13	4,65–2,15·кэВ	0,07481	0,972	11,9661
14	2,15–1,0·кэВ	0,07481	0,97201	11,96595

15	1,0–0,465·кэВ	0,07481	0,97202	11,9658
16	465–215·эВ	0,07465	0,97403	11,91583
17	215–100·эВ	0,07465	0,97404	11,91568
18	100–46,5·эВ	0,07465	0,97407	11,91523
19	46,5–21,5·эВ	0,07465	0,9741	11,91479
20	21,5–10,0·эВ	0,07465	0,97414	11,91419
21	10,0–4,65·эВ	0,07465	0,97421	11,91315
22	4,65–2,15·эВ	0,07465	0,97431	11,91166
23	2,15–1,0·эВ	0,07465	0,97445	11,90957

После сложения всех составляющих в группах с учетом правки в 4 и в 23 группах получим следующее значение возраста которое с погрешностью менее 3 % отличается от теоретической оценки Олтера [5].

$$\sum \tau_i^{2 \text{ МэВ} \dots 1,46 \text{ эВ}} = 298,6866 \text{ см}^2,$$

Таким образом, применение метода групп, базирующего на более полных и достаточно корректных экспериментальных данных [2] позволяет получить наиболее точные значения возраста замедляющихся нейтронов.

#### Список литературы:

1. Гордеев И.В., Кардашев Д.А., Малышев А.В. Ядерно-физические константы: Справочник. – М.: Госатомиздат, 1963. – 507 с.
2. Групповые константы для расчета реакторов и защиты: Справочник / Л.П. Абагян, Н.О. Базаянц, М.Н. Николаев, А.М. Цибуля: Под ред. М.Н. Николаева. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 232 с.
3. Основы теории и методы расчёта ядерных энергетических реакторов: Учеб. пособие для вузов / Г.Г. Бартоломей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков, М.С. Алхутов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 512 с., ил.
4. Бас Т.В., Кузьмин А.В. К расчету возраста нейтронов в графите. В настоящем сборнике.
5. Campbell R.W., Paschall R.K. and Swanson V.A. The age of fission neutrons to indium-resonance energy in graphite // Nucl. Sci. Engng. – 1964. – V. 20. –P. 445–454.

#### Проектный облик термоэмиссионной электрогенерирующей сборки вынесенного типа с тугоплавкой высокотемпературной тепловой трубой

*Баучкин Ф.А.*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва*

[fedorb2006@rambler.ru](mailto:fedorb2006@rambler.ru)

Термоэмиссионные ядерные энергетические установки (ЯЭУ) являются наиболее перспективными для межорбитальных космических буксиров и космических энергетических установок повышенной мощности и не имеют альтернативы среди источников электрической энергии в космических системах в ближайшей и среднесрочной перспективе в диапазоне до 500 кВт. Они отличаются повышенными температурами холодильников-излучателей (ХИ) и потому пониженными габаритами и массой по сравнению с другими типами установок.

Отсутствие вращающихся инерционных масс в термоэмиссионной энергетической установке облегчает работу системы ориентации при эволюциях космического аппарата (КА) в пространстве. Отсутствие же больших поверхностей панелей (как у солнечных батарей) позволяет облегчить компенсацию момента сил солнечного лучевого давления относительно центра масс космического аппарата.

В России проводились разработки термоэмиссионных ядерных энергетических установок целого спектра мощностей: от 5...6 кВт («Топаз», «Енисей») до 2...3 МВт, обладающих целым рядом преимуществ по сравнению с другими видами энергоснабжения. Конструктивная схема термоэмиссионной ЯЭУ представлена на рис. 1. ЯЭУ включает в себя:

- термоэмиссионный реактор-преобразователь (1) с обслуживающими системами: система управления и защиты (СУЗ) реактора, устройство подачи рабочего тела в электрогенерирующие каналы;
- теньевую радиационную защиту (2), обеспечивающую ослабление радиационного излучения реактора до уровня, допустимого для приборов КА;

- систему отвода неиспользованного тепла от реактора (3) с жидкометаллическим теплоносителем, включающую электромагнитный насос, холодильник-излучатель для сброса тепла в космическое пространство и другие агрегаты.



Рис. 1. Конструктивная схема ЯЭУ в орбитальном положении

ЯЭУ, проектируемые в настоящее время в России, строятся по классической схеме, когда термоэмиссионные преобразователи (ТЭП) находятся в пределах активной зоны ядерного реактора, а топливные элементы объединены с ТЭП в составе так называемых многоэлементных электрогенерирующих каналов (ЭГК) гирляндного типа.

Несмотря на то, что данная схема была успешно применена на ЯЭУ «Топаз» в составе космического аппарата «Плазма-А» в 1987 г., а также доказала свою работоспособность во время многочисленных испытаний, она обладает рядом недостатков, главными из которых являются:

Свеллинг топлива в полости эмиттера и, как следствие, нарушение величины межэлектродного зазора (МЭЗ) в ЭГК и существенное падение характеристик ЯЭУ. В настоящее время проблема частично решена благодаря освоению новых технологий.

Попадание газообразных продуктов деления в МЭЗ, которые загрязняют межэлектродный зазор и рабочее вещество ТЭП, осаждаются на поверхностях электродов и ухудшают их эмиссионные свойства. Решить эту проблему можно либо применением расходной схемы подачи цезия (открытый цикл), либо, в случае с замкнутым циклом, установкой в цезиевый контур сепаратора, который бы отделял и сбрасывал в открытый космос газообразные продукты деления. Причем в первом случае существенно возрастает стартовая масса установки, а во втором – возрастает стоимость установки и понижается ее надежность.

Неизотермичность ЭГК по длине, обусловленная перепадами температур и потерями на коммутационных перемычках.

Решить эти проблемы возможно, используя другую принципиальную схему относительного расположения ядерного топлива и ТЭП, основная идея которой – вынос ТЭП за пределы активной зоны ядерного реактора и подвод тепла к ним с помощью тугоплавких высокотемпературных тепловых труб (ТВТТ). Преимуществами такой схемы являются: обеспечение изотермичности ТЭП по длине, ликвидация вероятности загрязнения МЭЗ и электродов газообразными продуктами деления, а также отсутствие ядерного топлива в ЭГК. Кроме того, в отличие от гирляндовой схемы, в ЭГК практически отсутствуют радиальные нейтронные потоки.

Однако такая схема никогда не применялась на практике, более того, она содержит в себе ряд серьезных технических и технологических сложностей, главные из которых – проблема обеспечения длительного ресурса высокотемпературных тепловых труб (они должны работать 7...10 лет при температурах порядка 2000 К и радиальных тепловых потоках выше 150 кВт/м<sup>2</sup>), проблема пуска высокотемпературных тепловых труб из замороженного состояния и проблема обеспечения последовательной коммутации ЭГК (что необходимо для получения большей выходной электрической мощности ЯЭУ).

Предлагаемый одноэлементный вынесенный из активной зоны ТРП электрогенерирующий канал представляет собой цилиндрический ТЭП, расположенный на конденсационном конце ТВТТ переменного сечения – 1, испарительный конец которой помещен в активную зону РП, причем ЭГК представлен в двух исполнениях – прямой и обратной полярности, которые не отличаются внешне, но имеют различную развязку электродов ТЭП. За счет чередования ЭГК прямой и обратной полярности при коммутации, можно обеспечить последовательное соединение ЭГК и, тем самым, большее напряжение в цепи питания, чем при параллельном соединении, и, как следствие, большую электрическую мощность. Продольное сечение ЭГК представлено на рис. 2.

На поверхность ТВТТ на длине 619 мм (отсчитываемой от конца зоны конденсации ТВТТ) методами ионно-плазменного напыления нанесен слой электрической изоляции – 2 из окиси алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> толщиной 500 мкм. Эмиттер – 3, изготовленный из монокристаллического вольфрама, устанавливается на ТВТТ с помощью газостата. Длина эмиттера составляет 590 мм для

ЭГК прямой полярности и 498,5 мм после соединения с надставкой токовывода для ЭГК обратной полярности. Толщина эмиттера – 500 мкм. Цилиндрический коллекторный пакет выполнен на основе несущей трубки – 6 из ниобия, на внутреннюю поверхность которой нанесен слой «мокрой» изоляции – 5 толщиной 500 мкм, а на внешнюю поверхность – слой «сухой» изоляции – 7 толщиной 500 мкм. Поверх слоя «мокрой» изоляции нанесен коллектор – 4 из молибдена толщиной 600 мкм. В качестве материала изоляции выбрана высокочистая окись алюминия с присадкой SiO<sub>2</sub> (для получения надежной металлизации керамики и обеспечения возможности пайки изоляции с металлом), в качестве материала защитного чехла выбран ниобий, который при 1000 К расширяется чуть больше, чем окись алюминия.

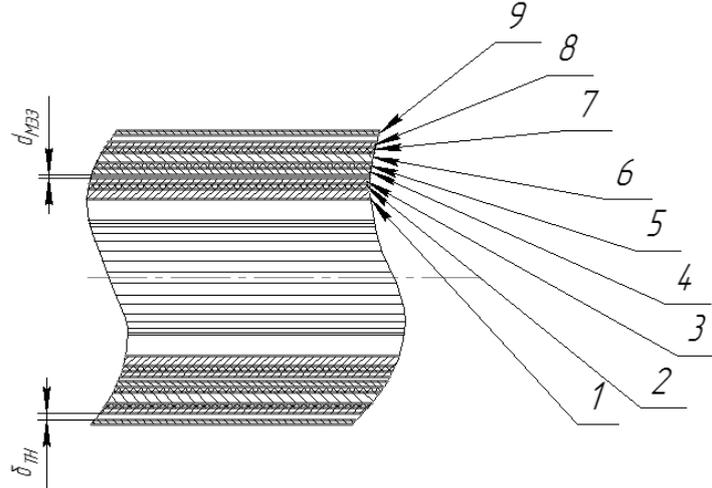


Рис. 2. Продольное сечение ЭГК

Эмиттерный и коллекторный пакеты разделены межэлектродным зазором толщиной 400 мкм, заполненным паром рабочего тела – цезия. При сборке ТРП на внешнюю поверхность коллекторного пакета устанавливается тонкостенная обечайка – 8 толщиной 500 мкм, а сам ЭГК устанавливается в кожух охлаждения – 9 толщиной 400 мкм. Внешняя поверхность ЭГК отделена от кожуха охлаждения зазором для ТН толщиной 1,3 мм.

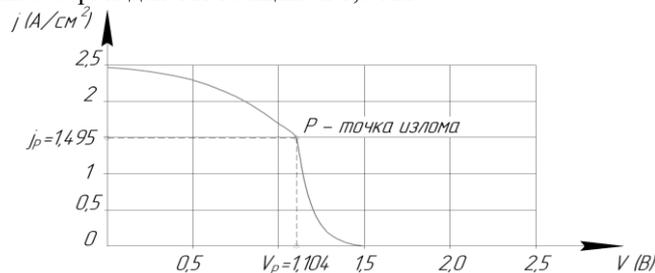


Рис. 3. ВАХ ТЭП

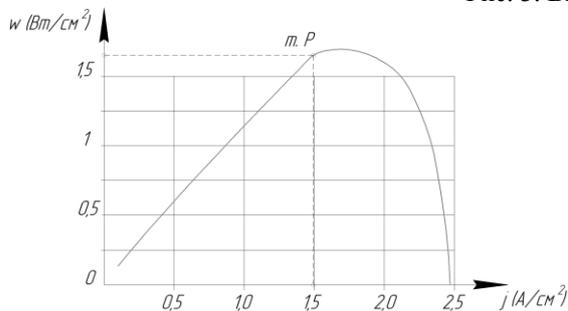


Рис. 4. Удельная мощность ТЭП

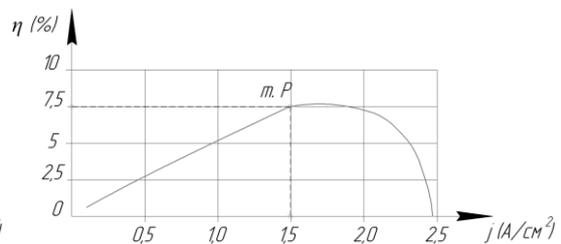


Рис. 5. КПД ТЭП

Для пайки материалов коллекторного пакета и металлокерамических узлов (МКУ) выбран припой состава: 65 вес. % V, 30 вес. % Nb, 5 вес. % Ti. Температура плавления такого припоя: **2080 К**. В качестве материала компенсаторов температурных деформаций, манжет МКУ,

деталей токовывода по тем же причинам, выбран ниобий, а в качестве материала мостов МКУ – монокристаллический  $Al_2O_3$ .

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) ТЭП, зависимость его удельной электрической мощности и КПД от плотности тока представлены на рис. 3, 4, 5.

Характеристики ТЭП на номинальном режиме работы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики ТЭП

Температура эмиттера, К	2000
Температура коллектора, К	1000
Давление паров цезия, торр	1
Высота ТЭП, мм	490
Напряжение на токовыводах ЭГК, В	1,1
Удельная электрическая мощность, Вт/см <sup>2</sup>	1,65
Электрическая мощность, Вт	483
Ток через ЭГК, А	437
Электронный КПД, %	44,6
Полный КПД, %	7,5

На рис. 6 представлена конструкция электрогенерирующей сборки (ЭГС) с тугоплавкой высокотемпературной тепловой трубой, где 1 – элементы торцевых отражателей, 2 – ядерное топливо, 3 – ТВТТ, 4 – ТЭП.

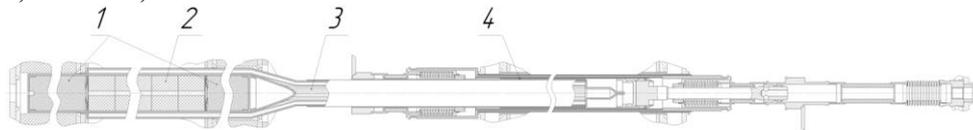


Рис. 6. Конструкция ЭГС

Тепловая мощность, которую требуется передать через одну ТВТТ в составе ТРП к эмиттеру ЭГС, составляет 6448 Вт, а плотность теплового потока в осевом направлении –  $6,8 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Температура рабочего тела ТВТТ при работе ЯЭУ на номинальном режиме составляет 2025 К, температура внешней поверхности ТВТТ в активной зоне реактора – 2016 К, температура внешней поверхности ядерного топлива – 2027 К. Радиальный тепловой поток в зоне испарения (в активной зоне реактора) – 220 кВт/м<sup>2</sup>, в зоне конденсации – 246 кВт/м<sup>2</sup>.

Очевидно, что при таких температурах использование составных или комбинированных фитилей с применением пористых экранов или сеток существенно понизит надежность и ресурс конструкции, так как высока вероятность отслоения фитиля от корпуса трубы. Поэтому в качестве капиллярной структуры (КС) была выбрана система канавок прямоугольного сечения, выполненных на внутренней поверхности ТВТТ. В качестве теплоносителя выбран литий. В качестве материала корпуса тепловой трубы выбран вольфрам, который обладает высокой температурой плавления, а также химически не взаимодействует с литием.

Распределение давлений в тепловой трубе описывается с использованием уравнения баланса давлений по парожидкостному тракту тепловой трубы. Режим течения в жидкой и паровой фазах – ламинарный. График перепада давлений по длине ТВТТ представлен на рис. 7:

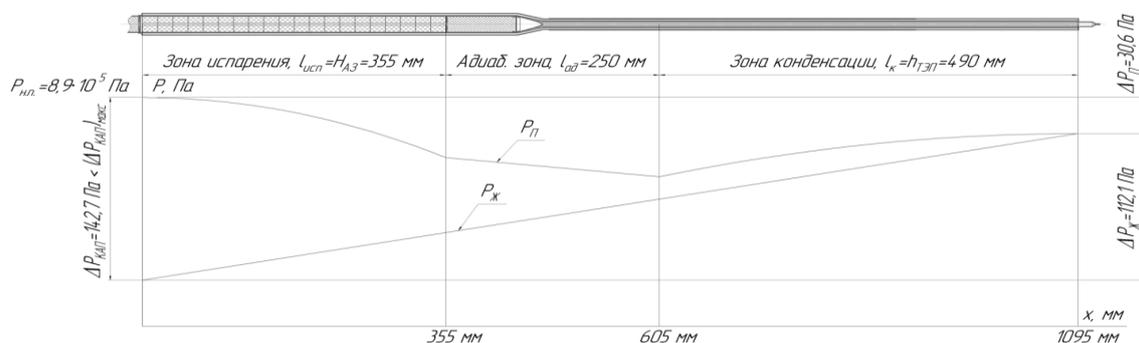


Рис. 7. Распределение давления в ТВТТ.

Геометрические параметры ТВТТ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Геометрические параметры ТВТТ

Длина ТВТТ	1095 мм
Длина зоны испарения	355 мм
Длина адиабатической зоны	250 мм
Длина зоны конденсации	490 мм
Внешний радиус ТВТТ	8,5 мм
Радиус парового канала ТВТТ в зоне конденсации	5,5 мм
Толщина стенки корпуса ТВТТ	1 мм
Глубина канавки КС	2 мм
Ширина канавки КС	1 мм
Число канавок КС	16

Таким образом, ТЭП, выполненный по предложенной в данной работе конструктивной схеме, по своим расчетным характеристикам не уступает преобразователям, экспериментальные характеристики которых описаны в [1]. Спроектированная ЭГС соответствует модульному принципу построения ТРП: повышая количество ЭГС, можно получать и большую полезную электрическую мощность ЯЭУ. В то же время в данной конструкции решены основные проблемы гирляндной схемы ЭГК. Недостатками этой схемы являются технологические сложности и неподтвержденный на сегодняшний день ресурс.

#### Список литературы:

1. Квасников Л.А., Кайбышев В.З., Каландаришвили А.Г. Рабочие процессы в термоэмиссионных преобразователях ядерных энергетических установок / Под редакцией Л.А. Квасникова. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 208 с.: ил.
2. Кузнецов В.А. Ядерные реакторы космических энергетических установок. – М.: Атомиздат, 1977. 240 с.
3. Ивановский М.Н., Сорокин В.П., Ягодкин И.В. Физические основы тепловых труб. – М.: Атомиздат, 1978. 256 с.
4. Дан П.Д., Рей Д.А. Тепловые трубы: Пер. с англ.: Зейгарник Ю.А. – М.: Энергия, 1979. – 272 с.: ил.
5. Технология термоэмиссионных преобразователей. Справочник. Под ред. канд. техн. наук Рябикова С.В. – М.: Атомиздат, 1974. 232 с.
6. Технологические основы тепловых труб / Ивановский М.Н., Сорокин В.П., Чулков Б.А., Ягодкин И.В. – М.: Атомиздат, 1980. – 160 с.

#### К анализу поведения ТВЭЛА в зависимости от выгорания топлива

*Дашевский Р.В., Кузьмин А.В.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Одним из путей решения существующей в ядерной энергетике проблемы по снижению топливной составляющей себестоимости производства электроэнергии цикла является перевод ВВЭР на 18- и 24-месячные топливные циклы. При этом увеличение глубины выгорания ядерного горючего снижает не только себестоимость топливной составляющей, но и расходы на переработку, транспортировку и хранение отработавшего топлива. Помимо этого, увеличение длительности использования тепловыделяющих сборок в ядерных реакторах, т.е. увеличение выгорания топлива, снижает эксплуатационные расходы и повышает коэффициент использования установленной мощности АЭС.

Повышение выгорания топлива необходимо рассматривать в контексте с его надежностью [1]. Для этого важно понять причины и характер всевозможных изменений, происходящих в топливе по мере увеличения глубины выгорания в разных условиях эксплуатации, с тем, чтобы воплотить их в рабочие вычислительные модели, используемые для решения самых различных задач. Например, в работе [2] рассматривались 3 различные модели деформации сердечника и оболочки твэла с целью определения эффективной температуры топлива в процессе выгорания топлива активной зоны 1-го блока Ростовской АЭС. Характер основных изменений, происходящих в твэле при высоких выгораниях (рис.1) связан, в основном, с уменьшением внешнего диаметра твэла вследствие ползучести материала оболочки при радиационном

облучении, с распуханием топлива в процессе выгорания и с изменением теплопроводности топлива в процессе выгорания.

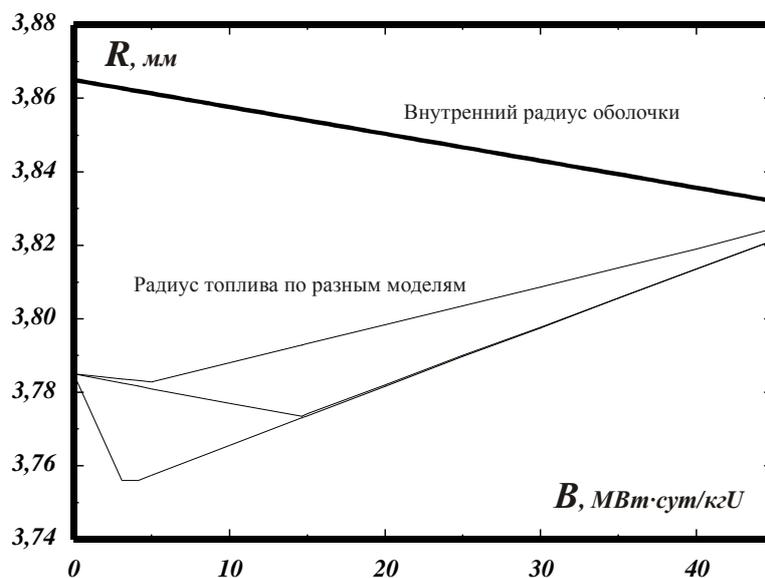


Рис. 1. Модели деформации сердечника и оболочки твэла

Целями настоящей работы являются выбор расчетной модели твэла с соответствующими аппроксимациями по изменению характерных его размеров, а также анализ и отбор расчетных зависимостей по теплопроводности окисного топлива в зависимости от его выгорания в процессе кампании.

У авторов разных моделей единодушным мнением выбрана линейная зависимость изменения внутреннего радиуса циркониевой оболочки твэла  $R_{iá}$  от выгорания  $B$ , которую можно представить в виде:

$$R_{об}(B) = 3,865 - 7,33 \cdot 10^{-4} \cdot B.$$

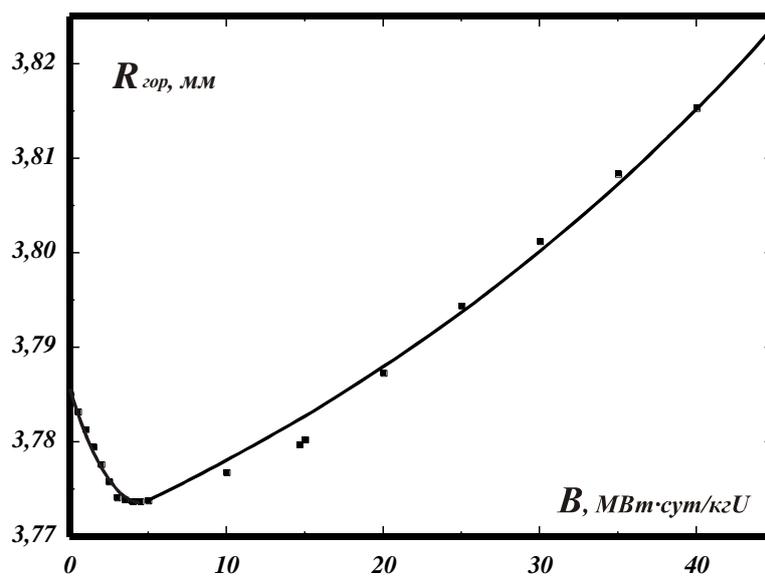


Рис.2. Изменение радиуса топлива в процессе выгорания

Весьма заметное расхождение данных наблюдается в поведении топлива (рис.1). Это вполне объяснимо многофакторностью воздействия на топливные элементы и связанное с этим отсутствие согласованного математического описания. Если предположить, что диапазон описываемый моделями охватывает всю возможную область деформации топлива, то уже это позволяет выбрать модель с осредненными характеристиками и провести тепловой и нейтронно-физический анализ на текущую микрокампанию топлива.

Выбрав среднеарифметическое значение траектории деформации топлива в процессе выгорания, можно отметить следующие наиболее важные особенности (рис.2).

С начала работы реактора происходит заметная усадка окисного топлива, достигая минимума при выгорании около 4,5 МВт·сут/кгU. На этом промежутке кампании топлива изменение радиуса горячего может быть определено следующей зависимостью:

$$R_{гор}(B) = 3,7856 - 0,0053 \cdot B + 5,79 \cdot 10^{-4} \cdot B^2.$$

Последующая стадия роста примерно в диапазоне 15-20 МВт·сут/кгU достигает первоначальных конструктивных размеров и затем продолжает возрастать по закону слабой экспоненты:

$$R_{гор}(B) = 3,736 + 0,034 \cdot \exp(B/47,3).$$

С увеличением выгорания топлива весьма заметно меняется зависимость теплопроводности от температуры (рис.3). Для сравнения и выбора расчетной формулы зависимости теплопроводности от выгорания были привлечены данные модели Halden и Start-3 из [3] и результаты, полученные по аппроксимационной зависимости [4] для выгораний 20, 40 и 60 МВт·сут/кгU.

Аппроксимация экспериментальных данных для расчета теплопроводности облученного UO<sub>2</sub> с плотностью 95% от теоретической рекомендовано в [5,6] и работает для диапазона выгораний до 75 МВт·сут/кгUO<sub>2</sub> с неоднозначностью до 2000 К в пределах 20%:

$$\lambda = [0,1148 + 0,0035B + 2,475 \cdot 10^{-4}(1 - 0,00333B)^t]^{-1} + 0,0132 \exp(0,00188t),$$

где  $t = T - 273$

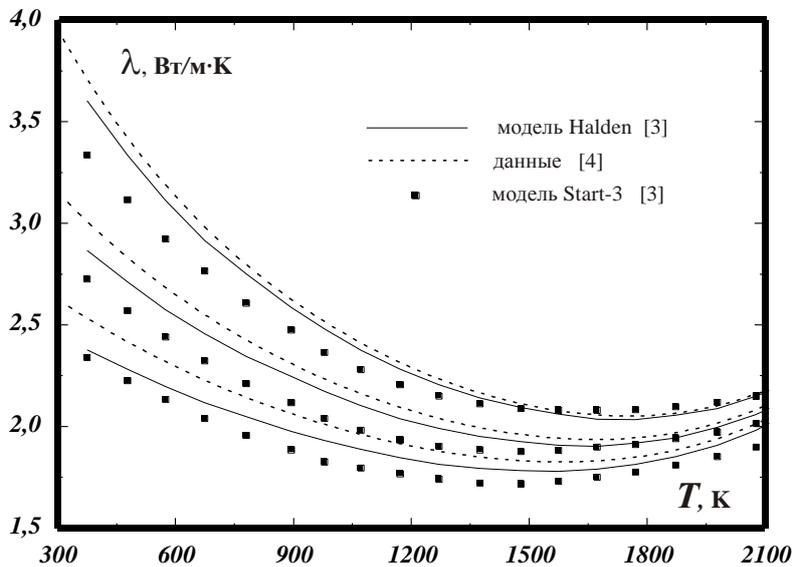


Рис. 3. Изменение теплопроводности двуокиси урана в зависимости от температуры и выгорания

Сравнение результатов расчетов по модели Halden и аппроксимации работы [4] показывает, что изменения теплопроводности UO<sub>2</sub> от выгорания и температуры незначительно отличаются на малых значениях выгорания и постепенно расходятся с его увеличением.

Результаты расчетов по модели Start-3 дают самые низкие значения в сравнении с остальными моделями. Для оценочных расчетов можно рекомендовать эту более консервативную схему расчета, по которой желательно подготовить соответствующую аппроксимацию.

Таким образом, аппроксимации для расчета изменения радиуса оболочки и топлива, а также расчетная формула [4-6] и данные численных расчетов [3] позволят провести анализ температурных режимов ТВЭЛ на различных стадиях выгорания.

#### Список литературы:

1. Рябинин Ю. Надёжность топлива. Обеспечение эффективности и безопасности эксплуатации топлива с позиции заказчика // РЭА. 2011. – №10. – С. 3-7.
2. Артемов В.Г., Артемова Л.М., Шемаев Ю.П. Исследование влияния выгорания топлива на теплофизические свойства ТВЭЛ в совместных нейтронно-физических и теплогидравлических моделях ВВЭР // «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР». Сборник тезисов докладов 5-й МНТК. – Подольск, 2007.
3. Medvedev, S. Bogatyr, V. Kuznetsov, V. Lagovsky, L. Korystin. Fuel Rod Behaviour at High Burnup WWER Fuel Cycles (FSUE, VNIINM, Moscow). Proceedings of the Fourth International Conference “WWER Fuel Modeling and Experimental Support”, Bulgaria, 2003, с.354-364.
4. Кириллов П.Л., Терентьева М.И., Денискина Н.Б. Теплофизические свойства материалов ядерной техники: Учебное справочное пособие для студентов специальностей: 14.03.05 — Ядерные реакторы и энергетические установки, 14.04.04. – Атомные электрические станции и установки / Под общ. ред. проф. П.Л.Кириллова; 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ИздАт, 2007. – 200 с.
5. Thermophysical of Materials Properties Database of Materials for Light Water Reactors and Heavy Water Reactors: Final Report of a Coordinated Research Project 1999-2005; IAEA-TECDOC-1496. – Vienna: IAEA, 2006.
6. Walker C.T., Staicu E.G., Sheindlin M. et al. On the Thermal Conductivity of UO<sub>2</sub> Fuel at a High Burn-up of around 100 MWd/kgHM // Journal of Nuclear Materials. – 2006. – Vol. 350. – P. 19-39.

#### Перспектива внедрения процесса перколяции в технологии переработки оят

*Бондин В.В., Смирнов С.И., Коробейников А.И., Даровских П.Н., Дьяченко А.С.*

*ФГУП «Горно-химический комбинат», Россия, г. Железногорск.*

*sage2006@sibmail.com*

В 2012 году на ОАО «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара» (ОАО «ВНИИНМ») г. Москва было начато исследование процесса щелочной перколяции ОЯТ с целью извлечения из него таких элементов, как Мо, Тс, Cs. Данный процесс важен для технологии переработки ОЯТ в связи с тем, что Мо является основной причиной образования осадков, Тс «размазывается» по всех экстракционной цепи и мешает всему экстракционному переделу, Cs является основным носителем радиоактивности. Извлечение даже части Мо, Тс, Cs до экстракционного передела способно улучшить как технологические, так и экономические показатели переработки в целом.

Учитывая достаточно интересные результаты, полученные на модельных образцах, была поставлена задача проверки процесса перколяции на реальном ОЯТ.

Исследование проводилось на ФГУП «Горно-химический комбинат» с использованием порошка U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, полученного газотермической обработкой (волоксидацией) реального ОЯТ. Порошок закиси-окси на 98 % представлен частиц размером менее 38 мкм.

Состав материала представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание урана и ПД в используемом порошке U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>

Элемент	U	La	Ru	Nd	Sm	Zr	Mo	Sn	Pr	Tc
Содержание в закиси-окси, % масс.	71,4	0,14	0,13	0,25	0,27	0,35	0,37	0,27	0,64	0,068

В качестве перколяционных растворов применяли ряд щелочей (LiOH, KOH, NaOH) с концентрацией 0,1 моль/л, перекись водорода и перекисно-щелочной раствор с добавкой фторид-иона.

На первом этапе были проведены эксперименты, в которых навески волоксирированного топлива обрабатывалась дистиллированной водой, гидроокисью натрия или пероксидом водорода при температуре 250С, отношении Т:Ж 1:10, времени обработки 3 часа. После обработки

растворы анализировали на содержание Тс и Мо. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Содержание Тс и Мо в перколирующих растворах, мг/г ОЯТ

Перколирующий раствор	Технеций		Молибден	
	Содержание в растворе, мг/г ОЯТ	Выход в раствор, %	Содержание в растворе, мг/г ОЯТ	Выход в раствор, %
Дистиллированная вода	0,16	17,2	0,25	4,8
Гидроокись натрия	0,26	27,2	0,21	4,1
Перекись водорода	0,30	52	0,40	7,7
Примечание: Начальное содержание технеция в растворе 0,95 мг/г ОЯТ, молибдена 5,2 мг/г ОЯТ				

Лучшие показатели по результатам экспериментов показаны при щелочной и перекисной обработке.

На втором этапе опробованы различные щелочные растворы и щелочно-перекисный раствор с добавкой фтор-иона. Условия проведения эксперимента были такими же, как на первом этапе. Результаты экспериментов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание Тс и Мо по продуктам, из расчета на 1 г. ОЯТ.

Перколирующий раствор	Технеций		Молибден	
	Содержание в растворе, мг/г ОЯТ	Выход в раствор, %	Содержание в растворе, мг/г ОЯТ	Выход в раствор, %
Гидроокись натрия	0,26	27,2	0,21	4,0
Гидроокись лития	0,12	12,6	0,29	5,6
Гидроокись лития	0,13	13,6	0,28	5,4
Щелчно-перекисный раствор с добавкой NaF	0,15	15,8	0,3	5,8
Примечание: Начальное содержание технеция в растворе 0,95 мг/г ОЯТ, молибдена 5,2 мг/г ОЯТ				

Результаты показывают, что обработка гидроокисью натрия дает лучший результат. Обработки гидроокисью калия и лития показали, что технеций хуже переходит в раствор, а молибден – лучше, чем при обработке гидроокисью натрия. Щелочно-перекисная обработка с добавлением фтор-иона не показала какого-либо преимущества перед другими растворами.

Исходя из полученных результатов принято решение о проведении перколяционной обработки волоксирированного ОЯТ растворами гидроокиси натрия и пероксида водорода в 2 стадии, что согласуется с рекомендациями ВНИИНМ, сделанными на основании работ на модельных образцах.

Приведенные результаты экспериментов показали невысокую эффективность перколяционного процесса по извлечению молибдена и технеция. Причинами этого могло быть нахождение значительной части Мо в ОЯТ в закрытой от перколирующего раствора форме и отсутствие активного перемешивания двухфазной системы. При проведении дальнейших экспериментов планируется оптимизировать состав перколирующего раствора посредством увеличения концентрации щелочи с 0,1 моль/л до 0,2-0,4 моль/л и пероксида водорода с 3% до 5-10%, а так же проведения интенсивного перемешивания суспензии.

#### Список литературы:

1. Волк В.И., Веселов С.Н., Арсеенков Л.В., К.Н. Двоеглазов и др. «Проведение операций газотермической обработки и перколяции. Отработка процесса выпаривания перколяционных вытяжек. Определение предельных значений кратности упаривания.» - Отчет ОАО «ВНИИНМ» инв.№ 11890, 2012. – 47с.
2. Волк В.И., Веселов С.Н., Арсеенков Л.В., «Определение возможности щелочной перколяции волоксирированного ОЯТ: этап 1» - Рекомендации по организации технологического процесса перколяции ОАО «ВНИИНМ» Учетный № 200/1821, 2013 – 15с.

### Определение эффективной температуры топлива реактора на тепловых нейтронах

Кан А.Ю., Кузьмин А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск

В современной атомной энергетике наиболее популярными источниками энергии являются водо-водяные энергетические реакторы с водой под давлением (ВВЭР, PWR) и водяные кипящие реакторы (BWR). Эти реакторы работают в тепловом спектре нейтронов, вызывающих деление ядерного горючего, что и определило основную пару материалов тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов): циркониевые сплавы и диоксид урана. Стремление повысить экономическую эффективность за счет увеличения единичной мощности блока и кампании топлива постоянно приводило к поиску нового горючего, надежных материалов и конструкций тепловыделяющих сборок (ТВС).

В энергетических реакторах материалы активной зоны (а.з.) находятся при весьма высоких температурах, например, в ВВЭР температура в центре топливной таблетки из двуоксида урана может быть близка к 2000°C, поэтому даже относительно малые отклонения от номинальных режимов работы приводят к значительным абсолютным изменениям температур. Особенно велики эти изменения при переходных режимах работы реакторов. Увеличение температуры приводит к расширению материалов, из-за чего изменяются соотношения между массовыми и объемными долями компонентов реактора и увеличиваются размеры а.з. и реактора в целом. Кроме того, при этом повышаются скорости движения атомов и существенно уширяются резонансы в зависимостях сечения поглощения от энергии для тяжелых ядер. Все эти температурные эффекты вызывают изменение эффективного коэффициента размножения (или реактивности) и достаточно подробно изложены в [1-3].

Для определения степени влияния температуры на реактивность вводятся:

интегральные характеристики – температурный эффект реактивности (ТЭР)  $\rho_T$ , который для удобства разбивается на изотермический или температурный  $\rho_t$  и мощностной  $\rho_N$  эффекты реактивности;

и дифференциальные коэффициенты реактивности – изотермический  $\alpha_t = d\rho_t/dT$ , 1/°C и мощностной  $\alpha_N = d\rho_N/dN$ , 1/МВт, которые определяют надёжность и безопасность ядерного реактора.

Все эти характеристики зависят от эффективной или средней температуры  $T_{эф}$  по всему объему топлива в а.з. Их значения получают в результате сложных поэтапных тепловых и нейтронно-физических расчётов на ЭВМ [4] и последующих достаточно трудоемких нейтронно-физических измерений [5]. Методы тепло-гидравлических расчётов [6] ориентированы в основном на определение максимальных температур и тепловых потоков наиболее энергонапряжённых ТВС и последующее сравнение с допустимыми значениями, что не отвечает поставленной нами задаче.

Поэтому целью настоящей работы является формирование методики приближенной оценки  $T_{эф}$  с последующей апробацией.

Принцип расчета этих эффектов покажем на примере ВВЭР с известными массовыми и объемными характеристиками эквивалентной двухзонной макроячейки Вигнера-Зейца.

Мощностной эффект связан в основном с доплеровским уширением резонансных уровней  $^{238}\text{U}$  и определяется зависимостью эффективного резонансного интеграла от эффективной абсолютной температуры топлива. Для её определения воспользуемся следующей формулой [1]:

$$T_{эф} = T_c + 0,4 \cdot (T_{\max} - T_c),$$

где  $T_{\max}$  и  $T_c$  – температуры на оси и на поверхности топливного блока, соответственно. Очевидно, что при определении температурного эффекта эффективная температура холодного реактора условно может быть принятой температуре равной 20°C, а температура горячего реактора – средней температуре теплоносителя в а.з. ЯР.

Таким образом, для определения мощностного эффекта на любое текущее значение тепловой мощности ЯР достаточно провести тепловой расчет для эквивалентной макроячейки средней мощности с целью определения  $T_{\max}$  и  $T_{cm}$ .

Не учитывая выделения тепла в замедлителе, найдем средний по реактору поверхностный тепловой поток  $\bar{q}_F$ :

$$\bar{q}_F = \frac{Q_p}{S_{TO}}$$

Учет этого эффекта позволит выделить возможную область изменения  $\dot{Q}_{y6}$ .

Поверхность теплообмена  $S_{TO}$  определяется выражением:

$$S_{TO} = \Pi_{об} \cdot n_{твэл} \cdot H_{аз} = \Pi_{об} \cdot n_{твэл}^{ТВС} \cdot N_{ТВС} \cdot H_{аз},$$

где  $\dot{I}_{iá}$  – обогреваемый периметр твэла;  $n_{твэл}$  и  $n_{\dot{O}á\ddot{N}}^{\dot{O}á\ddot{N}}$  – число твэл в а.з. ЯР и в одной ТВС, соответственно.

Температуру на поверхности оболочки твэла  $T_{cm}$  найдем по формуле:

$$T_{cm} = T_f + \frac{\Delta T_f}{2} + \Delta T_\alpha,$$

где  $\dot{O}_f = (T_1 + T_2)/2$  – средняя температура теплоносителя в зоне;  $\Delta T_f = (T_2 - T_1)$  – полный подогрев ТН в реакторе;  $\Delta T_\alpha$  – температурный напор «стенка-жидкость», определяемый формулой

$$\Delta T_\alpha = \frac{\bar{q}_F}{\alpha},$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи пучка стержней, принимаемый постоянным по высоте канала. Значения  $\alpha$  в ТВС находятся по зависимостям для разной упаковки твэлов [4].

С учётом всех термических сопротивлений значение максимума температуры топлива определяется следующим выражением:

$$T_{max} = T_f + \frac{\Delta T_f}{2} + \Delta T_\alpha + \Delta T_{об} + \Delta T_{зaz} + \Delta T_{гор},$$

где  $\Delta T_{об}$  означает температурный перепад на оболочке твэла;  $\Delta T_{зaz}$  – температурный перепад в газовом зазоре;  $\Delta T_{\dot{a}d}$  – температурный перепад в топливном блоке.

Перепад на тонкой оболочке твэла можно представить в виде

$$\Delta T_{об}^{max} = \bar{q}_F \cdot \frac{2d_n}{d_n + d_e} \cdot \frac{\delta_{об}}{\lambda_{об}},$$

где  $2d_i/(d_i + d_e)$  – множитель, корректирующий значение потока на средний диаметр оболочки;  $\delta_{iá}$ ,  $\lambda_{iá}$  – толщина и коэффициент теплопроводности оболочки, соответственно.

Аналогично запишем выражение для перепада на газовом зазоре:

$$\Delta T_{зaz} = \bar{q}_F \cdot \frac{2d_e}{d_e + d_m} \cdot \frac{\delta_{зaz}}{\lambda_{зaz}},$$

где  $d_m$  – диаметр топливной таблетки.

Если пренебречь зависимостью профиля распределения плотности потока тепловых нейтронов, значение которого в поверхностных слоях топливного блока более высокое, и взять среднее значение энерговыделения, то получим параболический закон распределения температуры:

$$T_{гор}(r) = T_c + \frac{\bar{q}_v}{4\lambda_{гор}} \cdot (r_{гор}^2 - r^2),$$

а радиальный перепад по топливному блоку будет равен:

$$\Delta T_{гор} = T_{max} - T_c = \frac{\bar{q}_v \cdot r_{гор}^2}{4\bar{\lambda}_{гор}} = \frac{\bar{q}_l}{4\pi \cdot \bar{\lambda}_{гор}}$$

В этих зависимостях  $\bar{q}_v$  и  $\bar{q}_l$  означают средние по реактору объёмный и линейный тепловые потоки.

Следует заметить, что при проведении оценочного расчёта эффективной температуры топлива  $T_{эф}$  важную роль играют теплофизические свойства контактирующих сред, которые за последние десятилетия существенно уточнены и представлены в справочнике [7]. Кроме того сам процесс теплового расчёта носит итерационный характер.

Результаты расчетов  $T_{эф}$  по предлагаемой методике сравнивались с расчётными исследованиями изменения средней температуры топлива в процессе первых 3-х микрокампаний первого блока Волгодонской АЭС [5] и показали удовлетворительную сходимость.

#### Список литературы:

1. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов: Учеб. пособие для вузов / Бартоломей Г.Г., Бать Г.А., Байбаков В.Д., Алтухов М.С. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
2. Дементьев Б.А. Кинетика регулирования ядерных реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
3. Владимиров В.И. Физика ядерных реакторов: Практические задачи по их эксплуатации. Изд. 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 480 с.
4. Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) / Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П. / Под общ. ред. П.Л. Кириллова.–2-е изд., перераб. и доп.–М: Энергоатомиздат, 1990. – 360 с.
5. Артемов В.Г., Артемова Л.М., Шемаев Ю.П. Исследование влияния выгорания топлива на теплофизические свойства твэла в совместных нейтронно-физических и теплогидравлических моделях ВВЭР. // «Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР». Сборник тезисов докладов 5-й МНТК. – Подольск, 2007.
6. Зенов В.М. Нейтронно-физические измерения на АЭС с ВВЭР: Учеб. пособие. –Севастополь: СНИЯЭиП, 2003 – 40 с.: ил.
7. Кириллов П.Л., Терентьева М.И., Денискина Н.Б. Теплофизические свойства материалов ядерной техники: Учебное справочное пособие для студентов специальностей: 14.03.05 – Ядерные реакторы и энергетические установки, 14.04.04. – Атомные электрические станции и установки / Под общ. ред. проф. П.Л.Кириллова; 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ИздАт, 2007. – 200 с.

#### Процесс перевода ИРТ-Т на низкообогащенное топливо

*Минин Т.И., Чуйкина А.В.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

*[t-min@mail.ru](mailto:t-min@mail.ru)*

В настоящей работе был смоделирован перевод реактора ИРТ-Т с ВОУ топлива на НОУ топливо в режиме штатных перегрузок. Основная цель данного исследования – экономическая выгода проекта и сохранение рабочих параметров реактора в допустимых пределах.

Реактор ИРТ-Т является водо-водяным реактором бассейнового типа на тепловых нейтронах. Основная задача реактора – получение высокого потока нейтронов для проведения облучения образцов. Тепловая мощность реактора составляет 6 МВт. Активная зона реактора ИРТ-Т представляет собой прямоугольную плиту изготовленную из сплава алюминия марки АД-1. Активная зона расположена в бассейне реактора на глубине 6,5 м. В корпусе активной зоны имеется 56 ячеек для установки ТВС и бериллиевых блоков. Четыре центральные ячейки заняты бериллиевыми блоками, образуя ловушку нейтронов. В бериллиевых блоках располагаются вертикальные экспериментальные каналы. Так же к активной зоне подводятся горизонтальные экспериментальные каналы.

Моделирование реактора проводилось в программном комплексе TIGRIS. Программа разработана для расчетного сопровождения эксплуатации типа ИРТ МИФИ и предназначена для нейтронно-физического расчета стационарных состояний активной зоны установки с учетом выгорания топлива. В качестве модели переноса нейтронов в программе использована трехмерная групповая диффузионная модель. Библиотека четырех групповых макросечений для программы TIGRIS была подготовлена с использованием программного кода GETERA [2]. Данная программа рассчитывает гетерогенные ячейки и поля ячейки на основе метода вероятности первых столкновений.

В качестве исходной принимается загрузка перед компанией от 06.05.10, где использовались штатные ТВС с ВОУ топливом.

Основными расчетными данными, которые принимаются во внимание при эксплуатации, являются запас реактивности, характеристики органов СУЗ и распределение глубины выгорания по ТВС.

Прежде всего, необходимо было провести проверку корректности расчетной модели полученной в программе TIGRIS. Для этого были проведены расчеты реальных компаний реактора ИРТ-Г. Основным критерием являлось значение Кэфф при критическом положении стержней регулирования (рис.1).

Производилось моделирование компании реактора с последующим расчетом основных параметров: запас реактивности, длительность компании, выгорание топлива, распределение энерговыделения, плотность потока нейтронов в экспериментальных каналах. После чего была изменена конфигурация активной для того, что бы достигнуть наилучшей равномерности потока нейтронов. Также частично меняли ТВС с ВОУ топливом на ТВС с НОУ топливом. Алгоритм повторялся до полной замены всех ТВС с ВОУ топливом на НОУ топливо. Процесс перевода занял 5 компаний.

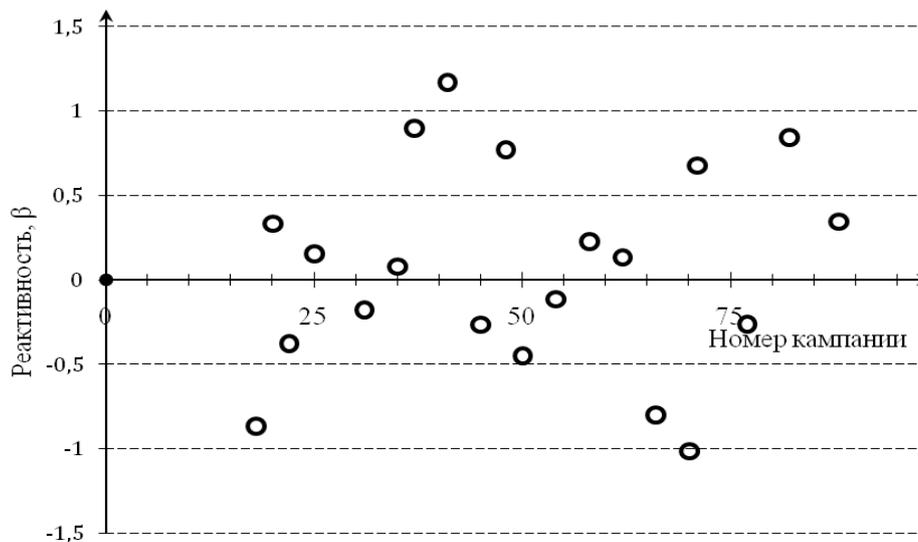


Рис. 1. Отклонение Кэфф от критического положения для реальных компаний

В каждой компании были выбраны ячейки с наибольшим энерговыделением для последующего расчета теплофизических характеристик. Расчеты выполнялись в программном комплексе ТГРК, где рассчитывались тепловые потоки и распределение температур по сечению и высоте сборки. Проведенные расчеты показали, что температура начала кипения составляет 114,5 °С.

Результаты проведенных исследований показывают, что реализация переходного режима возможна в процессе штатных перегрузок реактора без дополнительных специальных мер. При этом выполняются требования по значениям подкритичности и длительности компаний которая увеличится в среднем на 33 дня.

Результаты теплофизических расчетов позволяют отметить, что в кампаниях с НОУ топливом значения мощности и температур не превышают (и лежат немного ниже) соответствующих аналогичных параметров, полученных для ВОУ топлива.

При номинальной мощности реактора ИРТ-Т температурные режимы работы твэлов укладываются в предельные значения и соответствуют требованиям безопасности эксплуатации реактора. Максимальные температуры поверхности твэлов и их сердечников при мощности реактора 6 МВт не превышают 84 °С, а максимальная плотность теплового потока с поверхности твэла не превышает 500 кВт/м<sup>2</sup>.

Проведенные расчеты позволяют отметить, что при переводе реактора ИРТ-Т на НОУ топливо :

- уменьшаются размножающие свойства топлива (запас реактивности снижается на 1,4 бэфф);
- уменьшается эффективность системы регулирования на 2,5 бэфф;
- уменьшается плотность потока тепловых нейтронов в экспериментальных каналах на 6-7 %.

Но все эти эффекты перевешиваются тем, что снижаются затраты реактивности на производство единицы тепловой энергии, тем самым снижаются ежегодные затраты свежих сборок, и увеличивается длина кампании.

Использование сборок с топливом низкого обогащения приводит к увеличению в активной зоне реактора воспроизводящего материала – U238 и, как следствие, более интенсивной наработке вторичного топлива – Pu239.

#### Список литературы:

1. Бать Г.А., Коченов А.С., Кабанов Л.П. Исследовательские ядерные реакторы. — Москва Энергоатомиздат 1985
2. Методика и результаты теплового расчета твэлов реактора ИРТ-Т : Известия вузов. Физика. №4/2 / Наймушин А. Г., Чертков Ю. Б., Лебедев И. И. [и др.]. Томск : Изд-во ТГУ, 2013.
3. Кирилов П.Л., Богословская Г.П. Теплообмен в ядерных энерго- установках. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 456 с.

## Секция 5 Экология и защита окружающей среды

### Интеллектуальная система комплексного мониторинга использования энергетических ресурсов в условиях территориально-рассредоточенных потребителей минерально-сырьевого комплекса

*Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Федоров А.В., Зимин Р.Ю.*

*Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, Россия  
[sychev\\_yura@mail.ru](mailto:sychev_yura@mail.ru)*

Энергетические системы на основе распределенной генерации за последние 20 лет во всем мире приобретают особую актуальность с учетом растущих требований к уровню энергосбережения и энергетической эффективности, а также к снижению энергетической составляющей в себестоимости промышленной продукции. Системы распределенной генерации на сегодняшний день являются наиболее реальной альтернативой традиционным централизованным энергетическим сетям. Распределенная генерация в первую очередь нацелена на децентрализацию существующих энергетических систем с максимальным использованием местных источников.

Технологии и принципы распределенной генерации направлены на повышение эффективности энергообеспечения промышленных и бытовых объектов с максимальным приближением источника к потребителю в условиях отсутствия или значительного удаления централизованных энергетических сетей. Предприятия минерально-сырьевого комплекса (МСК), занимающие значительный сегмент в экономике РФ, в большинстве своем расположены на территории, не охваченной централизованным электроснабжением, и имеют в своем составе ответственные с точки зрения непрерывности технологического процесса территориально-рассредоточенные потребители. Таким образом, в условиях РФ технологии и принципы распределенной генерации наиболее целесообразно внедрять именно на предприятиях МСК в условиях территориальной рассредоточенности технологических и энергетических объектов.

Основой технологии и принципа распределенной генерации является комплексное совместное использование различного типа альтернативных и возобновляемых источников энергии. В условиях МСК РФ согласно результатам многочисленных теоретических и экспериментальных исследований [1, 2] наиболее целесообразно по критериям надежности, бесперебойности, энергосбережения и энергоэффективности совместное использование энергии попутного нефтяного газа, ветра и солнца.

Для успешного функционирования энергетических систем распределенной генерации в условиях МСК РФ необходимо решение следующих актуальных научно-технических задач:

- эффективный мониторинг использования и управление расходом различных энергоресурсов;
- повышение качества электрической энергии и обеспечение электромагнитной и электромеханической совместимости электрооборудования;
- обеспечение эффективных режимов совместной работы различных альтернативных и возобновляемых источников энергии в рамках единого электротехнического комплекса;
- возможность параллельной работы местных источников с централизованной энергосистемой;
- адаптивность к характеру изменения графиков электрических нагрузок и режимов энергопотребления.

При внедрении систем распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии и независимости от централизованных энергосистем, в первую очередь необходимо наличие эффективных методов и средств по мониторингу и контролю использования энергоресурсов и уровню качества электрической энергии, для создания которых нужно объединить в единый комплекс различные функции, каждая из которых направлена на фиксирование заданного набора показателей [3].

Функция мониторинга ориентирована на решение задач контроля технического состояния, включающей в себя процессы контрольно-диагностических измерений, сбор и хранение контрольно-диагностической информации, предварительную обработку, анализ, визуализацию и представление данных для последующей обработки.

Функция управления предполагает решение задач по подготовке и формированию вариантов информационно-управляющих воздействий и решений в зависимости от параметров текущей ситуации в системе энергообеспечения.

Реализация двух указанных ключевых функций осуществляется техническими средствами и решениями относящихся к подклассу информационных технологий, ориентированных на создание и применение автоматизированных систем поддержки принятия решений на основе комплексного анализа ситуаций и прогнозирования состояния сложных динамических систем в нестационарных и неоднородных средах. В рамках указанных систем и технологий осуществляется разработка виртуальных прогностических сценариев развития сложных многомерных ситуаций в условиях комплексной динамической неопределенности, проводится ситуационный анализ текущей обстановки и т.п. В случае систем распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии сложной многомерной ситуацией является совокупность режима энергообеспечения от какого-либо одного или нескольких типов источников энергии, режима энергопотребления какой-либо одной или нескольких функциональных групп электроприемников, электромагнитная обстановка, уровня качества электрической энергии, электромагнитной и электромеханической совместимости электрооборудования, структуры рассматриваемой энергетической системы.

Исходя из этого, для создания интеллектуальной системы комплексного мониторинга и контроля использования энергоресурсов, а также уровня качества электрической энергии в условиях распределенной генерации необходимо учитывать ключевые характеристики и параметры режимов генерации и потребления энергии, а также показатели качества электрической энергии, уровень электромагнитной совместимости электрооборудования и текущую конфигурацию энергетической системы.

В условиях предприятий МСК РФ помимо указанных особенностей значимую роль играет степень ответственности потребителей по критерию устойчивости и обеспечения непрерывности технологического процесса при кратковременных перерывах энергоснабжения, что определяет требуемый уровень надежности и бесперебойности энергообеспечения от различных источников. Исходя из этого необходимо создание классификатора потребителей МСК РФ по длительно допустимому времени перерыва энергообеспечения, при котором срыва технологического процесса не произойдет, для возможности ситуационного управления совместной работой различных альтернативных и возобновляемых источников энергии и параллельной работой с централизованной энергосистемой.

Таким образом, при разработке интеллектуальной системы комплексного мониторинга, контроля использования энергоресурсов, а также уровня качества электрической энергии в условиях распределенной генерации необходимо в первую очередь учитывать степень значимости конкретных технических факторов на процесс генерации, распределения, преобразования и потребления электрической энергии от различных источников.

#### **Список литературы**

1. Абрамович Б.Н., Бельский А.А., Яковлева Э.В. Возобновляемые источники энергии для электроснабжения территориально рассредоточенных объектов горной промышленности // XXXVIII неделя науки СПбГПУ: материалы между-народной научно-практической конференции, ч. II, изд-во Политехн. ун-та, С-Пб, 2009 г, с.49-504.
2. Абрамович Б.Н., Турышева А.В. Эффективное энергоиспользование попутного нефтяного газа // XXXIX Неделя науки СПбГПУ : материалы между-народной научно-практической конференции. - Ч.II. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2010 г., с. 60-62.
3. Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Устинов Д.А. Интеллектуальная энергосистема предприятий минерально-сырьевого комплекса // Материалы X Международной конференции «Новые идеи в науках о земле». 12-15 апреля 2011 г. Сборник докладов. Том 2. Издательство РГГРУ, Москва, 2011 г. с. 202.

#### **Акустический расчет трехкамерного глушителя шума со звукопоглощающими элементами методом конечных элементов**

**Аграфонова А.А., Смирнов С.Г.**

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, г. Москва*

[agrafonova\\_anna@mail.ru](mailto:agrafonova_anna@mail.ru)

Одним из основных путей снижения шума в канале является использование

высокоэффективных глушителей шума. Наиболее распространенными являются камерные глушители, которые состоят из одной или нескольких камер, представляющих собой расширения трубопровода по его сечению. Здесь звуковые волны отражаются от противоположной стенки и, возвращаясь к началу в противофазе по отношению к прямой волне, уменьшают ее интенсивность.

Задачей данной работы было проведение оптимизации системы снижения шума газодувки. Рутс, уровень которого сильно превышал допустимые значения. В качестве системы шумозаглушения было предложено установить трехкамерный глушитель шума, несколько вариантов конструкции которого было исследовано.

Трехкамерный глушитель шума представляет собой цилиндрический корпус, ограниченный торцевыми стенками, на которых смонтированы соответственно впускной и выпускной патрубки, внутренние срезы которых размещены в узловых зонах низших мод собственных колебаний газового объема, заключенного в камере глушителя. Камеры такого глушителя, образованные перегородками внутри корпуса, соединены между собой узкими кольцевыми каналами, выполненными двумя концентрическими цилиндрами, укрепленными в перегородках.

Спектр шума энергоустановок, как правило, содержит дискретные гармонические составляющие в диапазоне частот  $100 \div 1000$  Гц, поэтому первая камера глушителя должна быть настроена на первую или более мощную гармонику. Частота гармонических составляющих шума может быть измерена или рассчитана, т.к. она кратна частоте вращающихся рабочих органов энергоустановок и количеству поршней, роторов или лопаток. Для того чтобы осуществить широкий частотный диапазон заглушения шума, без провалов, последующие камеры глушителя, образованные поперечными перегородками в его корпусе, должны отличаться по длине и не быть кратными первой камере. Акустические волны, порожденные работающей энергоустановкой, проникающие в камеры глушителя, образуют в них стоячие волны двух типов: продольные – вдоль оси глушителя, и радиальные – от центральной оси к периферии цилиндрического корпуса. Эти стоячие волны называются модами. У радиальных первой, второй и третьей мод стоячих волн узлы давления находятся, соответственно, в центре, на расстоянии  $0,68$  и  $0,789$  диаметра камеры глушителя. Для снижения радиальных резонансных мод впускной патрубков глушителя должен располагаться в центре, а кольцевые каналы, соединяющие камеры, должны иметь средний диаметр  $D_{k1}$  равный  $D \cdot 0,68$  для второй радиальной моды и  $D_{k2}$  равный  $D \cdot 0,789$  для третьей радиальной моды, где  $D$  – диаметр корпуса глушителя (рис. 1). Эти особенности конструкции описаны в патенте на полезную модель № 128246 [1].

Однако часть звуковой энергии из-за конечного размера трубок может проникать в следующую камеру и не заглушаться. В предлагаемой конструкции для захвата минимальной зоны, в которой расположен узел стоячей радиальной волны, предлагается расположение патрубка, соединяющего две соседние камеры. В двух имеющихся перегородках, разделяющих весь объем глушителя на три камеры, соединительные патрубки расположены на разных диаметрах, соответствующим различным модам колебаний.

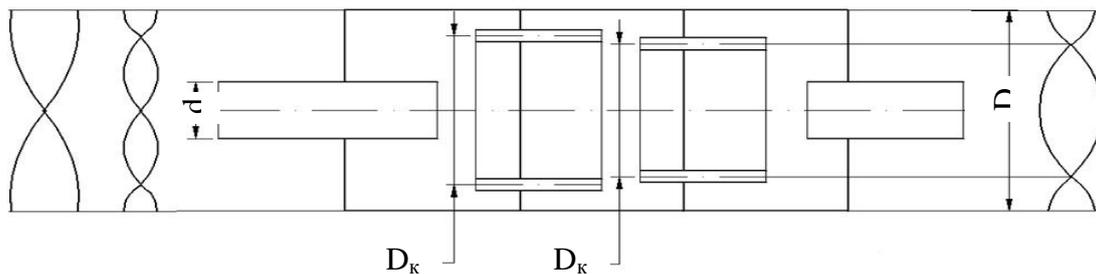


Рис. 1. Схема трехкамерного глушителя

В незаглушенном спектре присутствуют явно выраженные области с высоким значением уровня звукового давления. Таким образом, для хорошего заглушения нужно снижать шум именно на этих частотах. Для достижения этого подбирались соответствующие размеры патрубков, равные четверти длины волны, соответствующей той частоте, на которой должно наблюдаться максимальное снижение звука. В данной работе был применен расчет методом конечных элементов, так как аналитические формулы не позволяют учесть особенности конструкции рассматриваемых вариантов глушителя.

Математическое моделирование глушителей шума, как правило, проводится в рамках линейной теории акустики. При этом глушитель можно представить в виде некоторой системы с одним входом и одним выходом, рассматривая его в качестве преобразователя звуковых колебаний. Поступающая по входному патрубку на вход глушителя звуковая волна частично отражается, образуя встречную волну, а частично проходит внутрь глушителя. Внутри глушителя часть звуковой мощности поглощается, а часть излучается в окружающее пространство наружными стенками глушителя, если не предусмотрены специальные мероприятия (звукоизоляция корпуса глушителя).

В качестве основной акустической характеристики глушителя используются так называемые потери передачи звуковой энергии ( $TL$ ), представляющие собой логарифмическое отношение волны, поступающей на вход глушителя, к прошедшей в глушитель при согласованной нагрузке на его выходе. Потери передачи зависят только от свойств самого глушителя и в общем случае являются функцией частоты. Этот показатель довольно легко может быть измерен и определен расчетным путем. Поэтому эту оценку целесообразно использовать в исследовательских целях для оценки эффективности той или иной конфигурации глушителя, а также при сравнении теоретических и экспериментальных результатов с целью проверки правильности разрабатываемых расчетных схем [2,3].

Метод конечных элементов для расчета глушителей шума имеет преимущество в том, что с его помощью в принципе можно моделировать глушители очень сложной конфигурации. Основу метода составляет разбиение объема глушителя на множество малых элементарных объемов — конечных элементов. Для каждого такого элемента записывается приближенное уравнение относительно неизвестной амплитуды звукового давления. Сопрягая решения для всех конечных элементов, находят звуковые давления в каждом элементарном объеме глушителя. Число элементов, на которые разбивается глушитель, зависит от конфигурации глушителя, его размеров по отношению к длинам волн в интересующем исследователя частотном диапазоне, а, в конечном счете, от требуемой точности получаемых результатов. Другим важным моментом рассматриваемого метода является задание граничных условий. Как правило, полагают, что поверхности глушителя являются абсолютно жесткими. Для внутреннего объема глушителя задаются параметры среды. А также необходимо задать условия на входном и выходном сечениях[4].

Исследования проводились в программных комплексах ANSYS и SYSNOISE. В первом из них создавалась геометрия модели, объем которой разбивался на элементы. Стоит отметить, что разбиение вследствие большого объема было неравномерное: вблизи концов патрубков и мелких деталей конструкции размер элементов задавался мельче, основной объем камеры был разбит более крупными элементами. Затем конечно-элементная модель импортировалась в программу SYSNOISE, где назначались граничные условия и проводился непосредственно расчет распределения звукового давления в области глушителя при заданной нагрузке.

В результате расчета были определены значения звукового давления в канале до и после глушителя, по которым вычислены значения потерь передачи звуковой энергии в канале во всем рассматриваемом диапазоне частот.

В качестве исследуемых конструкций были рассчитаны четыре варианта трехкамерного глушителя, описанного выше, отличающиеся конструктивным исполнением внутренних элементов.

В первом варианте (модель 1) переток из одной камеры в другую осуществлялся через щель, образуемую двумя концентрическими цилиндрами, расположенными в соответствии с распределением узлов давления и имеющих площадь, равную площадям входной и выходной труб.

Во втором варианте (модель 2) для повышения эффективности в высокочастотной области спектра (более 1000 Гц) внешние цилиндры, образующие кольцевые щели, которые соединяют соседние камеры, выполнялись перфорированными. Полости, образованные этими перфорированными цилиндрами и корпусом глушителя заполнялись звукопоглощающим материалом (например, базальтовым волокном). Для того чтобы звуковые волны беспрепятственно проникали в звукопоглощающий материал (ЗПМ) и в нем затухали, степень перфорации цилиндра должна составлять не менее 20%, т.е. цилиндр должен быть акустически прозрачным.

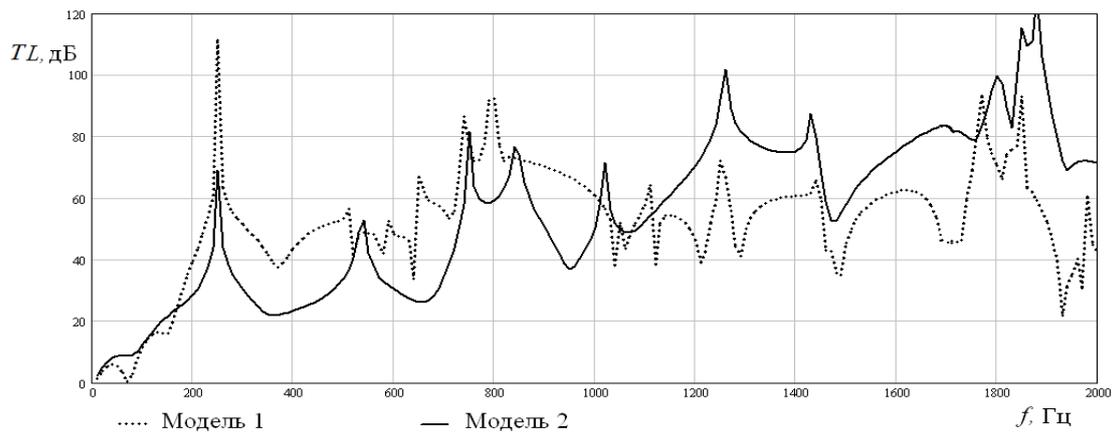


Рис. 2. Потери передачи звуковой энергии моделей 1 и 2

Расчет при помощи моделирования позволяет увидеть особенности прохождения потока в этих случаях и, как следствие, изменения в распределении звукового давления в объеме и работе глушителя. Спектры потерь передачи звуковой энергии в диапазоне при расчете от 10 до 2000 Гц с шагом 10 Гц для двух конструктивных вариантов, а также спектр требуемого снижения представлены на рис.2, по которому видно, как меняется характеристика работы глушителя при добавлении в его объем звукопоглощающего материала. На частотах выше 1000 Гц наблюдается улучшение работы, но на частотах до 1000 Гц потери передачи звуковой энергии оказываются меньше вследствие уменьшения объема резонансных камер. Поэтому было предложено добавлять ЗПМ не по всему кольцу, а только в половине его объема, вторая же половина как и в модели 1 оставалась бы резонансной. При этом были исследованы два варианта такого исполнения. В первом случае ЗПМ заполнял 1 и 3 четверти обоих колец (модель 3), во втором случае в первом кольце были заполнены 1 и 3 четверть, во втором – 2 и 4 (модель 4). Спектр потерь передачи звуковой энергии в этих случаях свыше 1200 Гц практически не отличается от показанного моделью 2, поэтому на рис. 3 представлены результаты расчета в диапазоне от 10 до 1200 Гц. Видно, что уменьшение объема ЗПМ позволило повысить эффективность работы глушителя относительно модели 2. Так же можно сказать, что спектры потерь передачи моделей 3 и 4 носят схожий характер, однако обладают своими особенностями, что в данном случае проявляется в диапазонах 750-800 и 850-1050 Гц.

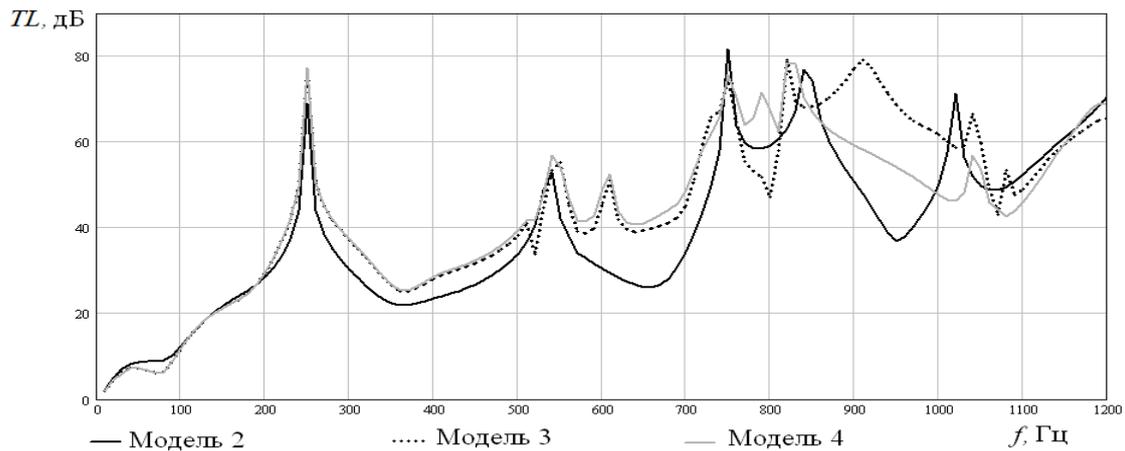


Рис. 3. Потери передачи звуковой энергии моделей 2, 3 и 4

Таким образом, можно сделать вывод о том, что расчет при помощи конечно-элементного моделирования позволяет проводить оценку работы глушителей довольно сложной конструкции, а также помогает определить влияние особенностей моделей близких в целом, но имеющих свои конструктивные отличия, аналитическое описание которых затруднительно. А потери передачи звуковой энергии, служащие критерием в качестве сравнения работы глушителей, позволяют проводить сравнение различных конструкций друг с другом.

## Список литературы

1. Глушитель шума энергетических установок: патент на полезную модель 128246 Рос. Федерация. №201218036/06; заявл. 28.12.2012; опубл. 20.05.2013 – 10 с.
2. Bilawchuk S., Fyfe K.R. Comparison and implementation of the various numerical methods used for calculating transmission loss in silencer systems // Applied Acoustics. — 2003. — V. 64, — № 9. — P. 903–916.
3. Аграфонова А.А. Оценка акустической эффективности глушителей шума // Труды XIX Школы-семинара молодых ученых и специалистов под руководством академика А.И. Леонтьева. Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках – 20-24 мая 2013 г. – Орехово-Зуево – стр. 323-327.
4. Комкин А.И., Аграфонова А.А. Исследование излучения шума системой выпуска автомобиля методом конечных элементов // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 5. – С. 17–22.

## Эколого-геохимическая характеристика территории г. Павлодара

*Ажаев Г.С.<sup>1</sup>, Кадырова М.С.<sup>2</sup>**Павлодарский Государственный университет им. С. Торайгырова, Республика Казахстан, г. Павлодар**Инновационный Евразийский университет, Республика Казахстан, г. Павлодар  
[mayya.kadyrova@mail.ru](mailto:mayya.kadyrova@mail.ru)*

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду городов существенно ухудшает экологическое состояние территорий, вызывает изменение химического состава всех природных компонентов урбоэкосистемы, отрицательно сказывается на здоровье населения. Поэтому оценка экологического состояния урбанизированных территорий является на сегодняшний день одной из актуальных проблем. Попадающие в атмосферу загрязняющие вещества выпадают на почвенно-растительный покров, как на территории города, так и на прилегающий к нему пригород, загрязняя последние многими химическими веществами, составляющими целый блок токсичных, канцерогенных и мутагенных химических элементов, включая и тяжелые металлы.

Эколого-геохимическая оценка состояния снежного покрова, территорий урбоэкосистем в условиях многолетнего техногенного загрязнения представляется важной для осознания экологического риска для населения, необходимости оздоровления городской среды, разработки стратегии рационального природопользования, а также совершенствования организации геохимического мониторинга.

Снежный покров, являясь накопителем атмосферных выпадений (в холодное время года), широко используется многими исследователями в целях определения вещественного состава загрязнителей, мощности их потока и дальности переноса. В целом, снежный покров отражает состояние воздушного бассейна той или иной территории и дает первое визуальное представление о качестве среды обитания человека. Более глубокое его изучение позволяет оценить уровень загрязнения природной среды в количественных показателях.

Целью исследований было определение тяжелых металлов и микроэлементов в твердой и водной фазах снега на территории города Павлодара Республики Казахстан.

Город Павлодар - многопрофильный промышленный центр. На период исследований в городе зарегистрировано 87 средних и крупных промышленных предприятий. К наиболее крупным промышленным предприятиям относятся алюминиевый, электролизный, машиностроительный, химический, нефтехимический, картонно-рубероидный, судостроительно-судоремонтный, инструментальный, тракторный, резинотехнический заводы, завод металлоконструкций и электромонтажных изделий и др. Кроме того, на территории города расположены 3 ТЭЦ, более 20 котельных и около 5800 единиц частного домостроения, которыми в год сжигается общей сложностью более 3,5 млн. т. угля. Следует иметь в виду и тот факт, что в черте города Павлодара находится свыше 60300 садовых участков, где сосредоточено производство овощей, картофеля, фруктово-ягодных культур.

Выбросы предприятиями загрязняющих веществ в атмосферу города Павлодара составили 131 тыс. тонн. Еще 13 тыс. тонн поступает в нее с выхлопными газами автотранспорта.

Исследования снега проводились в различных районах города Павлодара и его промышленных зонах (северной, восточной, центральной) согласно методическим рекомендациям [1].

При исследовании загрязнения окружающей среды вопрос о фоне имеет первостепенное значение. Для этих целей на удалении 80 км от города в противоположную сторону от розы ветров были отобраны пробы, место отбора которых удовлетворяет условию минимальной урбанизации прилегающей территории, что позволило авторам принять уровень накопления микроэлементов в этих пробах за региональный фон (таблица 1).

**Таблица 1.** Фоновое содержание химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова

Фаза	Cu	Zn	Cd	Pb
Водная, мкг/дм <sup>3</sup>	0,3	25,5	0,14	0,11
Твердая, мг/кг	20,5	48,3	0,16	23,2

Среднее содержание и пределы колебаний химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова на территории г. Павлодара представлены в таблице 2.

**Таблица 2.** Среднее содержание химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова на территории г. Павлодара

Элемент	Водная фаза мкг/дм <sup>3</sup>	Kc	Твердая фаза мг/кг	Kc
Cu	<u>14,7</u> 0,4-79,9	<u>49,0</u> 1,3-266,3	<u>137,4</u> 29,8-392,7	<u>6,8</u> 1,5-19,2
Zn	<u>95,3</u> 18,9-270,6	<u>3,7</u> 0,7-10,6	<u>264,3</u> 54,5-785,5	<u>5,6</u> 1,1-16,3
Cd	<u>3,2</u> 0,1-45,0	<u>23,1</u> 0,9-321,3	<u>2,1</u> 0,2-7,0	<u>13,2</u> 1,1-43,6
Pb	<u>4,1</u> 0,1-16,2	<u>34,1</u> 0,8-147,6	<u>102,5</u> 28,7-198,8	<u>4,5</u> 1,2-8,6

*Примечание:* Kc - коэффициент концентрации, в числителе – средняя концентрация; в знаменателе - пределы колебаний.

По результатам анализа снегового покрова установлено, что средняя концентрация химических элементов в водной фазе превышает фон в 3,7-48,9 раза, в твердой фазе - 4,1-10,2 раза.

Средняя концентрация Cu, Zn, Cd, Pb в твердой фазе снегового покрова в 2,9-15,9 раза выше их кларка в земной коре и в 4,1-10,2 раза их кларка в почве.

Уровень концентрации химических элементов в твердой и водной фазах снегового покрова различных зон г. Павлодара неодинаков (таблица 3), что отражает специфику разнопрофильных производств, их неодинаковую техногенную нагрузку, степень очистки выбросов и т.д.

**Таблица 3.** Среднее содержание химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова различных зон г. Павлодара

Зоны города	Cu	Zn	Cd	Pb
Северная зона (химический, нефтехимический, тракторный, картонно-рубероидный заводы, ТЭЦ-3, ОАО «Казэнергокабель» и др.)	<u>12,7</u> 161,7	<u>90,7</u> 290,1	<u>1,6</u> 2,4	<u>3,5</u> 110,7
Восточная зона (алюминиевый, электролизный, машиностроительный заводы, ТЭЦ-1, АО «Строймонтаж» и др.)	<u>24,4</u> 135,2	<u>110,9</u> 260,4	<u>7,8</u> 2,3	<u>5,8</u> 107,0
Центральная (Селитебная) зона (АО «Павлодармолоко», ТОО ФК «Ромат», АО «Энергострой»)	<u>3,8</u> 65,3	<u>79,1</u> 190,1	<u>0,5</u> 0,7	<u>1,1</u> 69,1

*Примечание:* в числителе - водная фаза, мкг/дм<sup>3</sup>; в знаменателе - твердая фаза, мг/кг.

Самые высокие концентрации химических элементов в компонентах снегового покрова характерны для восточной и северной зон города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия и ТЭЦ. Указанные зоны характеризуются высоким уровнем запыленности (более 146,3 кг/км<sup>2</sup>·сут) и естественным притоком химических элементов с атмосферной пылью. Так, только алюминиевым и нефтехимическим заводами и тремя ТЭЦ города в атмосферу в 2011 году было выброшено 126,2 тыс. т. загрязняющих веществ (из 130,5 тыс. т. в целом по городу от стационарных источников). Наиболее выраженные концентрации химических элементов в снеговом покрове располагаются по направлениям господствующих ветров (юго-западное, юго-

восточное, западное). По мере удаления от промышленных центров концентрация элементов в снеговом покрове постепенно уменьшается.

Поскольку в городе предприятия образуют территориально-промышленные узлы, очаги загрязнения имеют не один центр, к которому приурочено максимальное содержание в снеге того или иного элемента, а несколько центров, различающихся по составу накапливающихся элементов и по интенсивности их накопления (таблицы 4-5).

**Таблица 4.** Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения водной фазы снегового покрова г. Павлодара

Ареал (зоны) города	Среднее значение $Z_c$	Формула геохимической специализации
Северная зона (химический, нефтехимический, тракторный, картонно-рубероидный заводы, ТЭЦ-3, ОАО «Казэнергокабель» и др.)	249,3	$Cu_{42,4}Pb_{31,5}Cd_{11,1}Zn_{3,6}$
Восточная зона (алюминиевый, электролизный, машиностроительный заводы, ТЭЦ-1, АО «Строймонтаж» и др.)	235,2	$Cu_{81,3}Cd_{55,7}Pb_{52,8}Zn_{4,3}$
Центральная (Селитебная) зона (АО «Павлодармолоко», ТОО ФК «Ромат», АО «Энергострой»)	53,6	$Cu_{12,8}Pb_{9,6}Cd_{3,6}Zn_{3,1}$
Общее по городу	179,4	$Cu_{45,5}Pb_{31,3}Cd_{23,5}Zn_{3,7}$

**Таблица 5.** Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения твердой фазы снегового покрова г. Павлодара

Зоны города	Среднее значение $Z_c$	Формула геохимической специализации
Северная зона (химический, нефтехимический, тракторный, картонно-рубероидный заводы, ТЭЦ-3, ОАО «Казэнергокабель» и др.)	30,6	$Cd_{14,9}Cu_{7,9}Zn_{6,0}Pb_{4,8}$
Восточная зона (алюминиевый, электролизный, машиностроительный заводы, ТЭЦ-1, АО «Строймонтаж» и др.)	27,7	$Cd_{14,1}Cu_{6,6}Zn_{5,4}Pb_{4,6}$
Центральная (Селитебная) зона (АО «Павлодармолоко», ТОО ФК «Ромат», АО «Энергострой»)	11,7	$Cd_{4,6}Zn_{3,9}Cu_{3,2}Pb_{3,0}$
Общее по городу	23,3	$Cd_{11,2}Cu_{5,9}Zn_{5,1}Pb_{4,1}$

Наиболее контрастными по содержанию химических элементов в снеговом покрове являются северная и восточная зоны вокруг крупных промышленных узлов, наименее - центральная зона, где практически отсутствуют промышленные предприятия, ТЭЦ, котельные. На основе полученных данных, на территории города выделены аномальные зоны, относящиеся к высокому ( $Z_c = 128-256$ ), среднему ( $Z_c = 64-128$ ) и низкому уровням загрязнения ( $Z_c = 32-64$ ). Зоны подробно охарактеризованы с точки зрения преобладающих источников загрязнения, геохимических спектров и адресной привязки наиболее интенсивно загрязненных участков.

Выполненные исследования показали, что среда обитания обследованных территорий характеризуется значительной нагрузкой на все виды природных деponирующих сред: почвенный покров, водные объекты, атмосферный воздух, снеговой покров. Техногенное загрязнение г. Павлодара тяжелыми металлами происходит за счет пылевых выбросов промпредприятий, деятельности металлургических, нефтехимического заводов, объектов теплоэнергетики, хранения отходов производства (шламонакопители, шлакоотвалы, золоотвалы, золошлакоотвалы), сточных вод предприятий, автотранспорта, спецтехники и др. [2]. Загрязнение снежного покрова города Павлодара носит полиметалльный характер и распределяется по территории г. Павлодара мозаично, образуя очаги в зависимости от источников выбросов.

#### Список литературы

1. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при

- контроле загрязнения окружающей среды металлами. - М.: Метеоиздат, 1982. - 109 с.
2. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Эколого-геохимическая характеристика огородных культур, выращенных на садово-огородных почвах г. Павлодара // Материалы V Международной биогеохимической школы «Актуальные проблемы геохимической экологии». - Семипалатинск, 2005. - С. 388-392.

УДК 629.113.62-235; 621.85

**Правило десяти моментов холостого хода механической передачи****И.К.Александров**

Вологодский гос. техн. ун-т, Россия

[alex@mh.vstu.edu.ru](mailto:alex@mh.vstu.edu.ru)

В классических курсах «Теория машин и механизмов» и «Детали машин» [1, 2] в целях упрощения определения величины фрикционных потерь в элементах механических передач принято допущение о возможности использования в инженерных расчетах формулы, предложенной Амонтоном (1699 г.) [3]:

$$F_{TP} = f_{TP} \cdot F_H, \quad (1)$$

где  $F_H$  - нормальная сила, передаваемая на площадку контакта между взаимодействующими телами,  $H$ ;  $F_{TP}$  - сила трения – сила, возникающая при относительном перемещении тел в касательном направлении,  $H$ ;  $f_{TP}$  - коэффициент трения.

Однако реально в соответствии с законом Амонтона-Кулона (в его полной форме) [4,5,6] фрикционные силы в паре трения определяются зависимостью:

$$F_{\Phi P} = F_{TP} + F_{CC} = f_{TP} \cdot F_H + F_{CC}, \quad (2)$$

где  $F_{\Phi P}$  - суммарная фрикционная сила,  $H$ ;  $F_{CC}$  - сила молекулярного сцепления, величина которой не зависит от значения силы  $F_H$ ,  $H$ .

Допущение отсутствия сил сцепления в элементах кинематической цепи, определяемое зависимостью (1), приводит к тому, что относительные механические потери, оцениваемые КПД, как в элементах кинематической цепи (КЦ), так и в целом для всей КЦ считаются постоянными, то есть не зависят от нагрузочного режима передаточного механизма. В таком случае расчёт суммарного КПД всей КЦ сводится к очень простому выражению

$$\eta_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n R_i, \quad (3)$$

где  $\eta_{\Sigma}$  - суммарное значение КПД кинематической цепи;  $n$  – количество элементов кинематической цепи;  $R_i$  - предельное (максимальное) значение КПД соответствующего ( $i$ -го) элемента КЦ.

Ущербность расчета КПД как произведения постоянных коэффициентов очевидна, так как при этом не учитывается влияние на КПД нагрузочных, скоростных и температурных режимов, вида и состояния смазки и других условий эксплуатации. Во многих случаях такая методика расчета энергетической эффективности механической передачи становится неприемлемой.

Важнейшим фактором, принципиально изменяющим значение КПД, является нагрузочный режим работы механизма, определяемый передаваемым крутящим моментом, который при работе любой машины меняется в широких пределах: от нуля до максимально допустимых значений. Остальные факторы: скоростной и температурный режимы и другие эксплуатационные условия зачастую можно стабилизировать в пределах номинальных значений.

Впервые ревизию упрощенной методики энергетического анализа механической передачи провел Левит Г.А. [7], который представил КПД механической трансмиссии как функцию, зависящую от нагрузочного (мощностного) режима.

Левит Г.А. предложил разделить общие потери в передаче на нагрузочные и постоянные:

$$N_C = N_H + N_X, \quad (4)$$

где  $N_C$  - суммарные потери мощности;  $N_H$  - нагрузочные (переменные) потери мощности (эти потери прямо пропорциональны реализуемой полезной мощности);  $N_X$  - постоянные потери – мощность, необходимая для совершения холостого хода механизма.

Отсюда возникла принципиальная формула КПД передачи:

$$\eta = 1 - \frac{N_H}{N} - \frac{N_X}{N}, \quad (5)$$

где  $N$  - полная мощность на приводном валу.

Справедливо полагая, что при выполнении холостого хода КПД передачи равен нулю, а близкое к максимальному стабильное значение КПД достигается только при значительной полезной нагрузке, Левит предложил для расчёта текущего значения КПД функцию вида:

$$\eta = \eta_{\Sigma} \left(1 - \frac{N_X}{N}\right). \quad (6)$$

Здесь  $\eta_{\Sigma}$  - предельное суммарное значение КПД передачи, определяемое по традиционной формуле (3).

Следует, однако, отметить, что гиперболическая зависимость (6) содержит методологическую некорректность, которая заключается в том, что использование отношения мощностей  $N_X / N$  допустимо только при условии соблюдения равной частоты вращения приводного вала как при холостом ходе, так и при нагрузочном режиме работы механизма:  $\omega_X = \omega = const$ . В противном случае формула (6) не работает.

Допустим, что привод механизма осуществляется двигателем с мягкой характеристикой (например, электродвигателем постоянного тока последовательного возбуждения), который имеет механическую характеристику, близкую к режиму постоянной мощности. В этом случае  $N_X \cong N$  и КПД, вычисленный по формуле Левита, во всем диапазоне нагрузок окажется равным нулю.

Следовательно, мы вынуждены принять условие постоянства скоростного режима и внести коррективы в формулу (6), а именно, заменить отношение мощностей отношением моментов:

$$\frac{N_X}{N} = \frac{M_{X\Sigma} \cdot \omega}{M \cdot \omega} = \frac{M_{X\Sigma}}{M},$$

при  $\omega = const$

где  $M$  - полный момент на приводном валу;  $M_{X\Sigma}$  - суммарный момент холостого всех элементов передачи, приведенный к приводному валу;  $\omega$  - заданная частота вращения приводного вала.

Итак, перепишем формулу Левита в корректном виде:

$$\eta = \eta_{\Sigma} \left(1 - \frac{M_{X\Sigma}}{M}\right). \quad (7)$$

при  $\omega = const$

На рис. 1 зависимость (7) представлена графически.

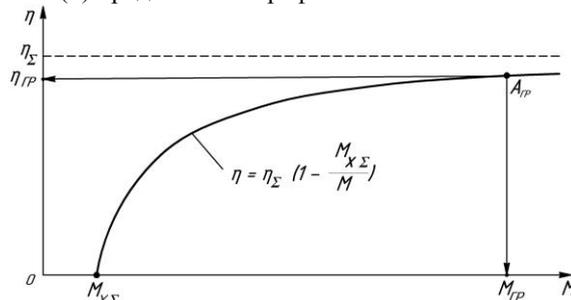


Рис. 1. Гиперболическая зависимость КПД механической передачи от величины момента на приводном валу  $\eta = f(M)$

Поскольку в формуле (7) значения  $\eta_{\Sigma}$  и  $M_{X\Sigma}$  - константы, то функция  $\eta = f(M)$  является гиперболой, для которой соблюдаются два очень важных для нас условия:

$$1) \lim_{M \rightarrow \infty} \left( \eta_{\Sigma} - \frac{\eta_{\Sigma} M_{X\Sigma}}{M} \right) = \eta_{\Sigma}; \quad 2) \eta_{\Sigma} - \frac{\eta_{\Sigma} M_{X\Sigma}}{M} = 0$$

при  $M \rightarrow \infty$  при  $M = M_{X\Sigma}$

Для данной зависимости характерно то, что по мере увеличения нагрузочного режима КПД вначале существенно возрастает, но, достигнув некоего граничного значения (на графике точка  $A_{ГР}$ ), его величина стабилизируется. Следовательно, за пределами граничного КПД значения допустимо использовать упрощенную (традиционную) методику расчета. Определение величины граничного нагрузочного режима подробно будет рассмотрено ниже.

Предложенная Левитом математическая модель КПД требует четкого обоснования с позиции физических законов взаимодействия сил в парах трения. Иначе возникает сомнение: является ли эта функция гиперболой, а может быть имеет экспоненциальную или какую-либо иную функциональную зависимость.

Представим столь необходимое доказательство.

Абсолютно очевидно, что взаимодействие между касательной (фрикционной) и нормальной силой в кинематической паре скольжения для передачи вращательного движения также подчиняется закону Амонтона-Кулона, который изначально был установлен для пар трения на плоскости. На рис. 2 представлено это взаимодействие сил в паре трения скольжения для передачи вращательного движения по аналогии с взаимодействием этих сил на плоскости. Показано, что при выполнении вращательного движения возникающие в паре фрикционные силы уравниваются окружным усилием  $F_C$ :

$$F_C = f_{TP} \cdot F_H + F_{CC} \quad (8)$$

где  $F_C = -F_{\Phi P}$  - окружное усилие в кинематической паре, затрачиваемое на преодоление суммарных фрикционных сил;  $F_H$  - нормальное усилие, действующее в кинематической паре (заметим, что усилие, передаваемое от одного элемента кинематической пары к другому, в данном случае всегда является нормальным по отношению к поверхности контактируемых тел независимо от его (усилия) направленности в вертикальной плоскости);  $F_{TP}$  - сила трения, часть фрикционных сил, определяемая пропорционально величине нормальной нагрузки на кинематическую пару;  $F_{CC}$  - сила сцепления, часть фрикционных сил, определяемая величиной сил молекулярного сцепления в кинематической паре.

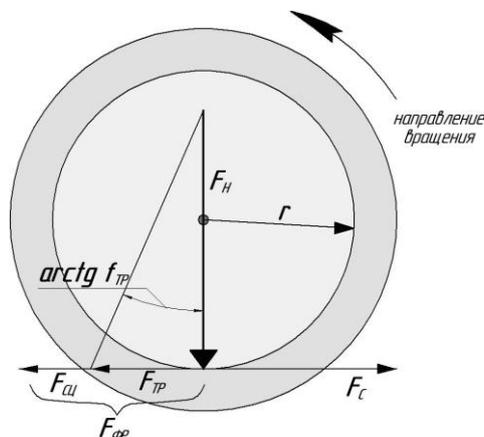


Рис. 2. Взаимодействие сил в паре трения для передачи вращательного движения

Следовательно, в данном случае мы получаем все основания перенести модель взаимодействия фрикционных сил на плоскости к условиям вращательного движения. Однако, в качестве нагрузочного показателя при передаче вращательного движения, как известно, используют крутящий момент. Для этой цели умножим правую и левую части уравнения (8) на плечо  $r$ , на котором возникают фрикционные силы, и в результате получим уравнение моментов:

$$F_C \cdot r = (f_{TP} \cdot F_H + F_{СЦ}) \cdot r = f_{TP} \cdot F_H \cdot r + F_{СЦ} \cdot r, \quad H \cdot m \quad (9)$$

Перепишем уравнение (9) в более удобной форме

$$M_C = f_{TP} \cdot M_{ПОЛ} + M_{СЦ}, \quad H \cdot m, \quad (10)$$

где  $M_C$  - момент сопротивления кинематической пары прокручиванию,  $H \cdot m$ ;  $M_{ПОЛ} = F_H \cdot r$  - полезный (нагрузочный) крутящий момент, передаваемый кинематической парой,  $H \cdot m$ ;  $M_{СЦ}$  - момент, обусловленный силами молекулярного сцепления, т.е. момент, который возникает при прокручивании кинематической пары даже при отсутствии полезного крутящего момента. Иными словами, этот показатель как раз и является моментом холостого хода кинематической пары,  $M_{СЦ} = M_X, \quad H \cdot m$ .

Итак, окончательно:

$$M_C = f_{TP} \cdot M_{ПОЛ} + M_X \quad (11)$$

Таким образом, получаем зависимость механических потерь в паре трения скольжения для передачи вращательного движения в функции от полезной нагрузки (рис. 3). Как видим, эта зависимость по форме взаимодействия между нагрузкой и фрикционными потерями аналогична закону Амонтона-Кулона.

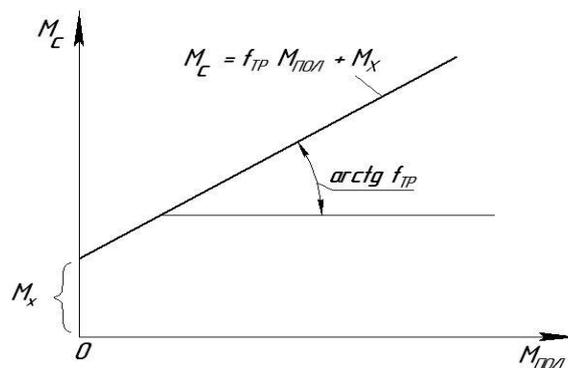


Рис. 3. Зависимость момента сопротивления пары трения для передачи вращательного движения от передаваемого полезного момента

Формула (11) имеет весьма ограниченную область использования, так как коэффициент трения характеризует энергетическое взаимодействие только в паре контактируемых тел. Для определения же потерь в элементах КЦ и, тем более, в КЦ в целом, как правило, применяют такой универсальный показатель как КПД ( $\eta$ ), который определяют отношением энергетического показателя на выходе из элемента КЦ к аналогичному энергетическому показателю на его входе. В некоторых случаях бывает удобно использовать также величину относительных механических потерь в передаче:

$$k = 1 - \eta \quad (12)$$

Между коэффициентом трения и КПД, безусловно, существует взаимосвязь.

Примем условие  $M_{ПОЛ} = M - M_C$ , где  $M$  - полный момент, передаваемый кинематической парой. Тогда, используя уравнение (11), запишем:

$$M_C = f_{TP} \cdot (M - M_C) + M_X = f_{TP}M - f_{TP}M_C + M_X,$$

$$M_C(1 + f_{TP}) = f_{TP}M + M_X.$$

В результате получаем:

$$M_C = \frac{f_{TP}}{1 + f_{TP}} \cdot M + \frac{M_X}{1 + f_{TP}}. \quad (13)$$

Упростим форму записи выражения (13)

$$M_C = k \cdot M + M_0, \quad (14)$$

здесь  $k$  - величина относительных механических потерь в передаче (см. (12));  $M_0$  - условное начальное значение момента сопротивления – ордината точки пересечения аппроксимирующей зависимости с осью ординат.

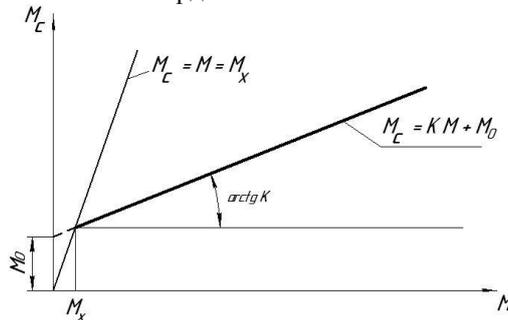


Рис. 4. Зависимость момента сопротивления пары трения для передачи вращательного движения от полного момента на приводном валу

Обратимся к графическому представлению функции  $M_C = f(M)$  (рис.4), где кроме указанной зависимости проведена прямая  $M_C = M$ , которая определяет соотношение масштабов, выбранных по осям координат (обычно принимают более крупный масштаб по оси ординат). Равенство  $M_C = M$  означает отсутствие при передаче вращения полезной нагрузки, т.е. передача работает в режиме холостого хода, а значит правомерно записать условие:

$$M_C = M = M_X. \quad (15)$$

На графике видим, что  $M_0 \neq M_X$ . Соотношение между этими величинами будет показано ниже.

Теперь представим КПД рассматриваемого элемента КЦ с учетом установленных выше зависимостей.

В соответствии с общим понятием КПД запишем:

$$\eta = \frac{N_{ПОЛ}}{N}. \quad (16)$$

Здесь  $N_{ПОЛ}$  - полезная (выходная) мощность элемента КЦ.

Преобразуем (16):

$$\eta = \frac{N - N_C}{N} = \frac{(M - M_C)\omega}{M \cdot \omega} = 1 - M_C / M.$$

Запишем последнее выражение с учетом (14):

$$\eta = 1 - \frac{kM + M_0}{M} = (1 - k) - M_0 / M = R - M_0 / M, \quad (17)$$

где  $R$  - некоторая константа, значение которой всегда меньше единицы.

Определим максимальное значение КПД:

$$\lim \eta = R - M_0 / M = R \quad (18)$$

при  $M \rightarrow \infty$

То есть величина  $R$  и есть максимальное (предельное) значение КПД рассматриваемого элемента КЦ. Именно предельные значения КПД отдельных кинематических пар предлагают использовать классические курсы в качестве констант для формулы (3).

Поскольку  $R = 1 - k$ , следовательно, предельное значение КПД элемента КЦ легко может быть установлено путем аппроксимации массива экспериментальных значений зависимости  $M_C = f(M)$  функцией (14).

Теперь представим выражение КПД кинематической пары (или элемента КЦ) в более удобном виде для применения в инженерных расчетах.

КПД при условии  $M = M_X$  равен нулю:  $\eta = R - M_0 / M_X = 0$ . Откуда следует  $M_0 = M_X \cdot R$ .

Тогда, используя (17), получаем для элемента КЦ:

$$\eta = R - \frac{M_X R}{M} = R(1 - M_X / M) \quad (19)$$

По аналогии функциональная зависимость КПД для КЦ в целом будет представлена в виде:

$$\eta = \eta_\Sigma (1 - M_{X\Sigma} / M)$$

Последняя зависимость полностью совпадает с предложенным выражением (7). Таким образом, соответствие гиперболической модели КПД механической передачи законам физики считаем доказанным.

Теперь вернемся к вопросу о граничном значении КПД (рис.1). Ранее в работах [8,9,10 и др.] автором было предложено определять положение точки  $A_{ГР}$  на основе стабилизации производной (скорости изменения) функциональной зависимости  $\eta = f(M)$ . В данной статье впервые рассмотрен метод, который значительно упрощает энергетический анализ механической передачи, фактически не снижая качество результата, что способствует внедрению данного метода в инженерную практику.

Примем условие, что достоверность вычислений предельного значения КПД по формуле (3) составляет 90% (что, кстати, в большинстве случаев соответствует действительности). Таким образом, получаем величину граничного значения КПД:  $\eta_{ГР} = 0,9\eta_\Sigma$ . Далее находим значение граничного момента, при котором КПД передачи становится стабильным (см. рис. 1):

$$\begin{aligned} 0,9\eta_\Sigma &= \eta_\Sigma (1 - M_{X\Sigma} / M_{ГР}) && \implies 0,9 = 1 - M_{X\Sigma} / M_{ГР} \\ \implies 0,1 &= M_{X\Sigma} / M_{ГР} \end{aligned}$$

В результате получаем весьма примечательное соотношение:

$$M_{ГР} = 10M_{X\Sigma} \quad (20)$$

На основе зависимости (20) энергетическая оптимизация механической передачи решается очень просто. Назовем этот методический подход: «Правилом десяти моментов холостого хода».

Суть «Правила» заключается в том, что сначала экспериментально (путем прокручивания) находят величину холостого хода передачи. Затем за счет увеличения полезной нагрузки на механизм создают на приводном валу крутящий момент, десятикратно превышающий величину момента холостого хода. Соответственно, с учетом заданного скоростного режима определяют и минимально необходимую мощность приводного двигателя:

$$N_{ДВ} = M_{ГР} \cdot \omega, \quad Вт$$

Однако следует указать, что не всегда представляется возможным реализовать указанное Правило (20). Приведем примеры таких неблагоприятных ситуаций.

Отсутствие возможности увеличения нагрузки на рабочем органе из технологических условий. Например, на металлорежущих станках изменение режима обработки детали ухудшает качество продукции.

Механизм имеет тихоходный рабочий орган, который приводится в действие через трансмиссию, имеющую большое передаточное отношение. Например, механический подъемник или домкрат (и т.п.). В данном случае существенное повышение нагрузки на рабочем органе приводит к незначительному изменению крутящего момента на приводном валу. К тому же такие передачи обладают моментом холостого хода по величине сопоставимой с нагрузочным моментом. Ввиду указанных обстоятельств, граничный нагрузочный режим, как правило, оказывается недостижимым.

Ограничение возможности увеличения нагрузки на привод по прочностным показателям его конструктивных элементов.

Во всех указанных ситуациях работа механизма будет происходить в «дограничных» режимах, а, следовательно, использование при расчете гиперболической функции (7) становится обязательным.

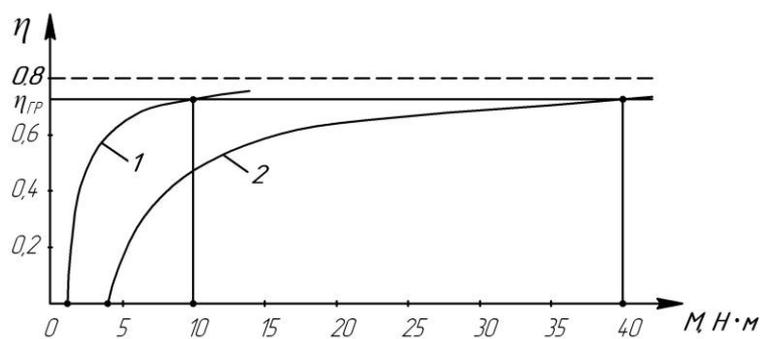


Рис. 5. Влияние момента холостого хода на энергетическую эффективность механической передачи:

1 - зависимость  $\eta = 0,8(1 - 0,1/M)$ , 2 - зависимость  $\eta = 0,8(1 - 0,4/M)$

Необходимо обратить особое внимание на высокую чувствительность функциональной зависимости КПД к изменению величины момента холостого хода.

На графике представлены зависимости изменения КПД от момента на приводном валу двух трансмиссий, имеющих одинаковое значение предельного КПД, но потери на холостой ход у первой трансмиссии в четыре раза меньше, чем у второй.

Как видим, вторая трансмиссия имеет весьма значительный диапазон нерациональных («дограничных») нагрузочных режимов и стабилизация КПД данной трансмиссии возникает при существенно большем крутящем моменте. Очевидно, что эксплуатационный КПД машины с таким передаточным механизмом будет намного ниже.

Таким образом, приходим к выводу, что любые мероприятия по уменьшению величины момента холостого хода являются весьма эффективным методом снижения фрикционных потерь в механической передаче.

Рекомендуем читателю ознакомиться с работой [11], где приведен пример энергетического расчета механизма, работающего в дограничном нагрузочном режиме

#### Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория машин и механизмов. - М.: Наука, 1988. - 639 с
2. Решетов Д.Н. Детали машин. - М.: Машиностроение, 1989. - 496 с.
3. Amotos V. De resistance caus ee dans mashines. Motores de l'Аkademie Royal. 1699. P. 203-222.
4. Colomb С. А. Theorie des mashines simples. Memoires de mathematique de physigue l'Аkademie des seiences. 1785. Т. 10. P. 161-331.
5. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. - Киев: Техника, 1970. - 396 с.
6. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. - М.: Машиностроение, 1977. - 526с.
7. Левит Г.А. Расчет потерь на трение в приводах станков// Станки и инструмент. - 1959.- №9. - С. 3-10.
8. Александров, И.К. Энергосбережение в машинных агрегатах (основы энергетического анализа,

- пути снижения энергоёмкости машин и механизмов)/ И.К. Александров. - Вологда: Сев.-Двинское отд. инженерной академии РФ, 1993. - 192с.
9. Александров, И.К. К определению потерь в механических передачах/ И.К. Александров// Вестник машиностроения. - 1998.- №6. – С. 12-14.
  10. Александров И.К. Определение потерь в механических трансмиссиях с учетом нагрузочных режимов //Техника в сельском хозяйстве. 1999. №1. С.20-24.
  11. Александров, И.К. Энергетический расчет механического подъемника на основе гиперболической модели КПД / И.К. Александров// Вестник машиностроения. - 2013.- №5. – С. 28-31.

### Тренды ионосферных параметров над Новосибирском в концепции охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы.

Белинская А.Ю., Грехов О.М.

Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, Россия, г. Новосибирск  
[anbell@ngs.ru](mailto:anbell@ngs.ru)

В научном сообществе от года к году растет интерес к проблеме долговременных трендов параметров верхней атмосферы. Увеличение количества парниковых газов вызывает общие изменения во всей толще атмосферы от тропосферы до термосферы, что находит свое отражение в трендах параметров ионосферы. В последние десятилетия сформулирована концепция охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы [1].

Исследовать долговременные тренды параметров нейтрального газа верхней атмосферы достаточно сложно, т.к. данные по ним получены со спутников, поэтому ряды относительно короткие (несколько лет) и их практически невозможно сравнивать из-за различия орбит, аппаратуры и прочих факторов. Данные вертикального зондирования на ионосферных станциях дают обширный материал для исследования трендов ионосферных параметров и получения на их основе представлений о трендах параметров термосферы (см., например, [2-5]).

На Геофизической обсерватории «Ключи» (54,84° с.ш., 83,23° в.д.), расположенной в 10 км от Новосибирского научного центра, ионограммы для каждого часа и непрерывные ряды основных параметров ионосферы [6]. Для исследования морфологических особенностей поведения ионосферы над Новосибирском методом текущих медиан в качестве параметра, характеризующего состояние ионосферы, была выбрана критическая частота слоя F2 ( $f_oF2$ ).

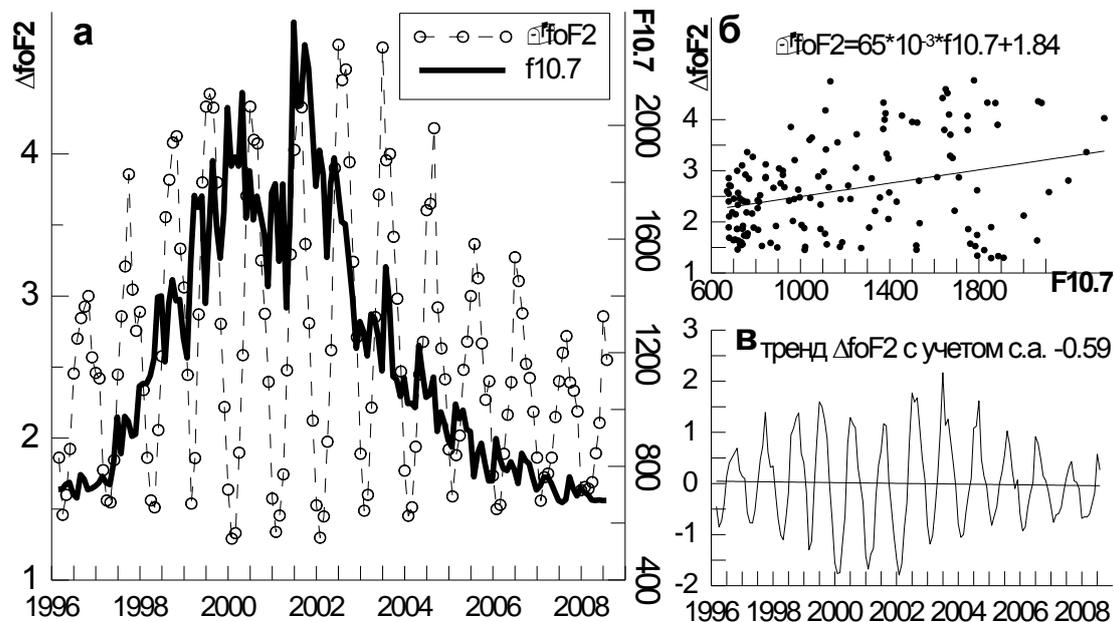


Рис.1. Зависимость  $\Delta foF2$  от уровня солнечной активности (с.а.). а) временной ход  $\Delta foF2$  и индекса с.а.  $f_{10.7}$ , б) зависимость  $\Delta foF2$  от  $f_{10.7}$ , в) временной ход отклонений  $\Delta foF2$  от аппроксимирующей прямой зависимости  $\Delta foF2$  от  $f_{10.7}$  с трендом.

Нами рассмотрен период с мая 1996 по декабрь 2008 гг., т.е. период 23-го солнечного цикла [7]. 23-й цикл солнечной активности начался в мае 1996 года и завершился в январе 2009 года. Он продолжался 12,6 года. Максимум отмечен в марте 2000 и вторичный максимум - в ноябре 2001 года, минимум – в декабре 2008 г.. В качестве индекса солнечной активности (с.а.) используется величина потока радиоизлучения на волне 10,7 см ( $f_{10.7}$ ).

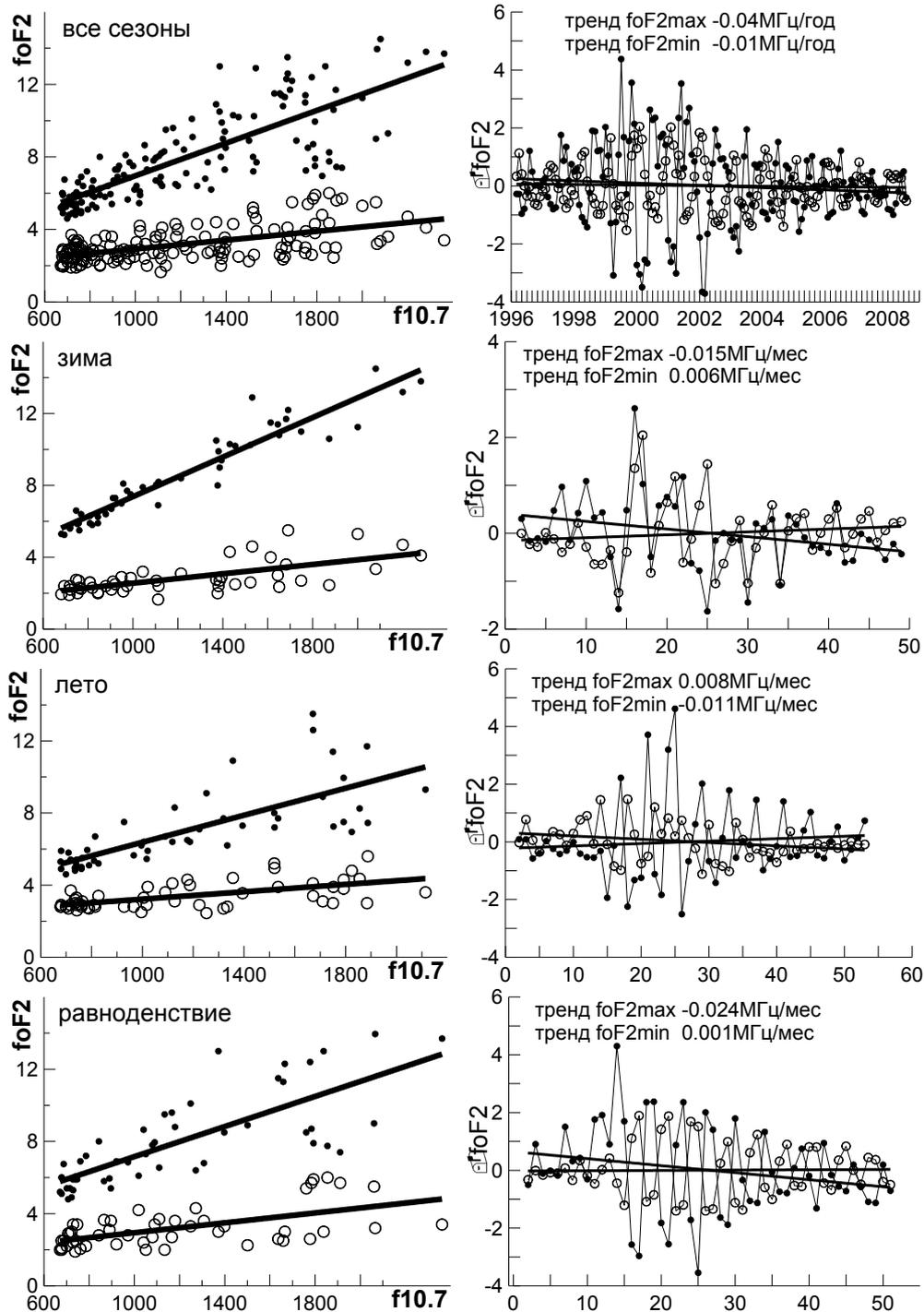


Рис.2. Зависимость максимальных и минимальных суточных медианных значений foF2 от  $f_{10.7}$  и временной ход их отклонений от аппроксимирующей прямой зависимости foF2 от  $f_{10.7}$  с вычисленным трендом для всего периода и по сезонам.

Для исключения влияния геомагнитной активности в вариациях критических частот слоя  $F2$  рассчитывались месячные медианы для всех часовых измерений. Используя эти медианы, были получены ряды максимальных и минимальных значений  $foF2$  для каждого дня месяца для рассматриваемого периода.

Нами выявлена зависимость безразмерной величины отношения максимального и минимального значений суточного медианного хода критической частоты слоя  $F2$  ( $\Delta foF2 = foF2_{max}/foF2_{min}$ ) от уровня солнечной активности в 23 солнечном цикле. Мы рассматривали зависимость от солнечной активности отношений величины  $foF2$  для двух моментов времени по двум причинам. Во-первых, известно, что некоторые факторы, которые могут влиять на абсолютные величины (систематическая ошибка в измерении и обработке, наличие какого-то внешнего возмущения), могут значительно уменьшиться при анализе относительных величин. Во-вторых, в разные моменты местного времени величина  $foF2$  контролируется различными физическими процессами (ионизация солнечным ультрафиолетовым излучением, вертикальный дрейф плазмы, потоки из плазмосферы и т.д.). На рис.1 приведены вариации  $\Delta foF2$  на фоне индекса солнечной активности  $f10.7$  и полученный тренд по этим данным составил  $-0,59$  в месяц.

Для оценки тренда максимальных и минимальных значений  $foF2$  суточного хода была проведена аналогичная процедура с разделением по сезонам (рис.2). Выяснено, что за 1996-2008 гг. в зимний период скорость возрастания максимальных значений составила  $0,006$  МГц/мес, а для минимальных - уменьшение составило  $0,015$  МГц/мес; летом:  $0,0084$  МГц/мес и уменьшения  $0,011$  МГц/мес, соответственно; для периода равноденствия уменьшения  $0,024$  МГц/мес и скорость возрастания  $0,0011$  МГц/мес, соответственно. Причем надо заметить, что максимальные и минимальные значения в разные периоды ведут себя по-разному. Так что при анализе трендов ионосферных рядов необходимо учитывать не только сезон, но местное время наблюдений, избегая среднесуточных значений.

Проведенный анализ трендов  $foF2$ , для разных моментов времени с учетом уровня солнечной активности показал, что эта зависимость противоположна для летнего и зимнего сезонов. Ионосферные наблюдения указывают на более сильные тренды параметров области  $F$ , чем предсказывается моделями. Таким образом, концепция охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы, сформулированная в 2008 г. группой западных ученых под руководством J. Lastovicka (Чехия), находит все новые подтверждения. В то же время, этот процесс идет в термосфере гораздо быстрее, чем предсказывается даже самыми совершенными современными моделями, что заставляет пересматривать сами механизмы охлаждения, которые считались хорошо известными.

*Благодарность.* Авторы благодарят операторов ионозонда обсерватории "Ключи" за своевременную и точную обработку ионограмм.

#### Список литературы

1. Lastovicka J., Akmaev R.A., Beig G. et al. Emerging pattern of global change in the upper atmosphere and ionosphere. // Ann. Geophysical. - 2008. - V.26. - №5. - P.1255-1268.
2. Данилов А.Д., Ванина-Дарт Л.Б. Параметры ионосферного слоя  $F2$  как источник информации о трендах динамики термосферы // Геомагнетизм и аэронавигация. - 2010. - Т.50. - №2. - С.1-14.
3. Danilov A.D. Critical frequencies  $foF2$  as an indicator of trends in thermospheric dynamics // J. Atmos. Solar-Terr. Phys. - 2009. -V.71. - №13. - P.1430-1440.
4. Elias A.G. Possible Sources of Long-Term Variations in the Mid-Latitude Ionosphere // The Open Atmos. Sci. J. - 2011. - №5. - P.9-15.
5. J. Bremer Long-term trends in the ionospheric  $E$  and  $F1$  regions // Ann. Geophys. - 2008. - 26. - P.1189-1197.
6. Белинская А.Ю., Колесник С.А., Хомутов С.Ю. Создание банка данных вертикального зондирования ионосферы на Геофизической обсерватории "Ключи", позволяющие решать задачи программы "Космическая погода" // Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике, VI Сессия молодых ученых «Волновые процессы в проблеме космической погоды», Программа и тезисы докладов. Иркутск, 15-20 сентября 2003 г. Иркутск. - 2003. - С. 51.
7. <http://www.swpc.noaa.gov/SolarCycle/>

**К вопросу о параметрах электроаппаратуры судовой телефонной связи****Бутенко Ю.В., Федюк Р.С., Даниленко В.В., Миронов К.К.***Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток*[roman442012@gmail.com](mailto:roman442012@gmail.com)

Телефонная связь осуществляется при наличии телефонного тракта, который включает в себя: микрофон, телефон, линии связи, коммутационные устройства (телефонные станции), согласующие устройства.

Ухо человека воспринимает звуковые сигналы в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц. Однако эксперименты показывают, что с достаточным качеством человек воспринимает голос, если его спектр ограничен частотой  $300 \text{ Гц} \div 3,4 \text{ кГц}$ . Это типовое значение принято в виде стандарта Международного консультационного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ). В ряде аппаратуры связи стоят специальные частотные фильтры, жестко регламентирующие этот частотный спектр [1].

Ухо человека воспринимает звуковые сигналы в диапазоне амплитуд  $10^{-5} \div 10^2 \text{ Па}$ , что составляет 70дБ. Этот диапазон, в котором расположены амплитуды звукового сигнала, называют динамическим диапазоном.

В голосе человека присутствуют амплитудные составляющие, амплитуда которых превышает амплитуду среднего уровня сигнала в  $10 \div 20$  раз по мощности.

Эксперимент показывает, что эти пики голосового сигнала могут быть при помощи ограничителей амплитуд обрезаны, отфильтрованы, при этом качество голосовых сигналов не изменяется. Этот метод используется во всех телефонных системах, использующих уплотнение телефонного сигнала (передача по одному проводу нескольких телефонных разговоров), а также во всех радиотелефонных каналах.

Ощущение звука человеком зависит от его интенсивности  $J \text{ [Вт/м}^2\text{]}$ , которая определяется как количество звуковой энергии в единицу времени, проходящей через единичную площадку перпендикулярную вектору скорости звуковой волны. Восприятие звука человеком подчиняется закону Вебера-Фехнера. Закон Вебера-Фехнера - эмпирический психофизиологический закон, заключающийся в том, что интенсивность ощущения пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя. В ряде экспериментов, начиная с 1834 года, Э. Вебер показал, что новый раздражитель, чтобы отличаться по ощущениям от предыдущего, должен отличаться от исходного на величину, пропорциональную исходному раздражителю. Так, чтобы два предмета воспринимались как различные по весу, их вес должен различаться на  $1/30$ , а не на  $x$  грамм. Для различения двух источников света по яркости необходимо, чтобы их яркость отличалась на  $1/100$ , а не на  $x$  люмен и т. д.

На основе этих наблюдений Г. Фехнер в 1860 году сформулировал «основной психофизический закон», по которому сила ощущения  $P$  пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя  $S$ :

$$p = k \ln \frac{S}{S_0}$$

где  $S$  — значение интенсивности раздражителя.  $S_0$  — нижнее граничное значение интенсивности раздражителя: если  $S < S_0$ , раздражитель совсем не ощущается.  $k$  — константа, зависящая от субъекта ощущения.

Так, люстра, в которой 8 лампочек, кажется нам настолько же ярче люстры из 4-х лампочек, насколько люстра из 4-х лампочек ярче люстры из 2-х лампочек. То есть количество лампочек должно увеличиваться в одинаковое число раз, чтобы нам казалось, что прирост яркости постоянен. И наоборот, если абсолютный прирост яркости (разница в яркости «после» и «до») постоянен, то нам будет казаться, что абсолютный прирост уменьшается по мере роста самого значения яркости. Например, если добавить одну лампочку к люстре из двух лампочек, то кажущийся прирост в яркости будет значительным. Если же добавить одну лампочку к люстре из 12 лампочек, то мы практически не заметим прироста яркости.

Можно сказать и так: отношение минимального приращения силы раздражителя, впервые вызывающего новые ощущения, к исходной величине раздражителя есть величина постоянная [2].

Закон Вебера — Фехнера можно объяснить тем, что константы скорости химических реакций, проходящих при рецептировании, нелинейно зависят от концентрации химических посредников физических раздражителей или собственно химических раздражителей. В XX веке

Стивенсом была доказана ограниченность закона Вебера-Фехнера, справедливого лишь для средних значений ощущения некоторых модальностей. В целом же зависимость носит характер общей степенной функции с различными показателями степени для каждого рода условий.

Кроме того человек обладает свойством маскирования звука, то есть при одновременном воздействии громкого и тихого звуков, громкий давит тихий.

При аттестации телефонных каналов и оценки их качества используются следующие методы [3]:

Метод мнений, то есть выбираются эксперты, которые выставляют оценку по 5-ти бальной шкале, 5 баллов – слышно всё хорошо, 1 балл – разговор возможен, но с большим напряжением слуха.

Метод артикуляции, в микрофон произносятся не имеющие смысла слоги, которые на другом конце телефонной линии прослушиваются и записываются. Если правильность более 70% - нормально.

Метод экспериментального затухания, основан на сравнении на слух испытуемого и эталонного тракта. При этом в эталонный тракт вводится затухание путём подключения «удлинителя». Типовые значения при этом: затухание по громкости менее 40 дБ; по разборчивости менее 49 дБ.

Для линии связи допустимое затухание сигнала по требованиям МККТТ составляет <28,7 дБ. Измерение затухания производят при помощи звукового генератора, имеющего симметричный, относительно земли выход или трансформатор.

Кроме того, если имеется несколько телефонных линий, то производится измерение переходного затухания между этими сигналами, которое должно быть >69,5 дБ.

#### Список литературы

1. Самодлов Т.Т. Электрооборудование и радиосвязь речных судов. – М.: Транспорт, 1988. – 303 с.
2. Миронов В.В. Электрооборудование судов: конспект лекций. –Херсон: Херсонский морской институт, 752 с
3. Фесенко В.И. Электрооборудование промысловых судов. - Л.: Судостроение, 1983, 334 с.

621.928.9

#### Анализ работы газоочистки и определение дисперсного состава уноса в зависимости от режима работы печи в производстве керамзита

*Е.Г. Зыков, В.А. Полюшко\*, А.С. Разва\*\*, М.В. Василевский\*\**

*ООО «Томсказоочистка»*

*\*Томский государственный университет*

*\*\* Томский политехнический университет*

*E-mail: vasmix40@mail.ru*

Представлены результаты обследования аспираций вращающихся печей дегидратации глины, и печей производства керамзита. Отмечено 4 режима работы, которые определяют аэродинамическую обстановку и характер сепарационных процессов. Проведен анализ причин неудовлетворительной работы пылеулавливающей аппаратуры.

При обследовании линий аспираций вращающихся печей ООО «ЗКПД ТДСК» (г.Томск), проводился отбор проб уноса печи дегидратации глины, вращающейся печи для производства керамзита, определялся фракционный состав уноса; проводились работы по повышению эффективности пылеулавливания существующих систем, представленных двумя параллельными линиями последовательно расположенных пылеуловителей: групповой циклон ЦН-15 и батарейный циклон.

На ООО «ЗКПД ТДСК» установлены вращающаяся печь дегидратации глины (D=2,8 м, длина 14 м) и вращающаяся печь для производства керамзита (D=2,5 м, длина 40 м), аэродинамически связанные друг с другом. В качестве горячего агента для нагрева гранул глины и получения керамзита используются дымовые газы, образующиеся при сжигании природного газа. Расход природного газа составляет 8 млн. м<sup>3</sup>/год, расход глины составляет 98550 т/год (11,3 т/ч), влагосодержание глины - 20-23% масс. производительность по керамзиту составляет 80 000 м<sup>3</sup>/год.

Аспирация печей обеспечивается тягодутьевыми машинами. В качестве тягодутьевых машин используются дымосос Д-15,5 750 об/мин (2 шт.).

Системы аспираций представляют собой две параллельные линии последовательно расположенных пылеуловителей: групповой циклон ЦН-15,  $D=1000$  мм (8 шт.) и батарейный циклон.

Наибольшая запыленность аспирационного воздуха наблюдается при проведении формовки гранул керамзита, поэтому все работы по отбору проб проводились во время проведения данной операции.

Отбор проб уноса пыли осуществлялся из горячих дымовых газов работающей печи, очистка которых осуществлялась в последовательно расположенных пылеуловителях: групповой циклон ЦН-15 и батарейный циклон. Схема отбора проб пыли показана на рис. 1.

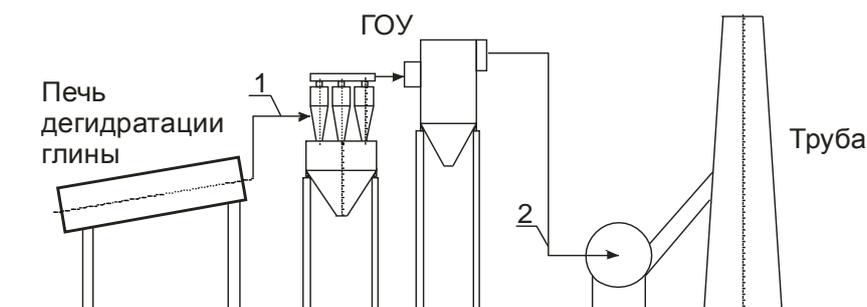


Рис. 1. Схема отбора проб пыли (1, 2 – точки отбора проб пыли входа и выхода из существующих ГОУ)

Для определения фракционного состава золы-уноса был проведен отбор проб запыленных газов способом внешней фильтрации, позволяющим определять дисперсный состав пыли: запыленные газы отбираются через штуцер пробоотборника диаметром 20 мм, с размерами входного отверстия 20x10 мм, поступают в пробоотборный циклонный аппарат (ПЦА) типа СК-ЦН-34 диаметром 90 мм, где пыль улавливается и накапливается в пылеприемном бункере [1]. Характеристика ПЦА:  $\delta_{50} = 0,75$  мкм,  $\lg \sigma_{\eta} = 0,308$ , где  $\delta_{50}$  - размер частиц пыли, улавливаемой на 50%, мкм;  $\lg \sigma_{\eta}$  - острота улавливания пыли. Неподлежащие улавливанию центробежными силами частицы поступают в рукавный фильтр. Давление/разрежение в газоходах замерялось трубкой Пито-Прандтля, величина определялась по цифровому диф. манометру Testo-512, температура газов определялась с помощью термометра электронного ТМ 902С (номер DF 5292531), масса уловленных частиц, рукавных фильтров измерялась с помощью весов электронных AND HL-400 (номер H509002074). Отбор проб производился через существующие технологические лючки на входе и выходе из пылеуловителей линии аспирации. Величину эффективности пылеулавливания определяли методом баланса масс по формуле:

$$\eta = \frac{M_{ЦА}}{M_{ЦА} + M_{Ф}} \cdot 100,$$

где  $M_{ЦА}$  – масса пыли, уловленная ПЦА, г;  $M_{Ф}$  - масса пыли, уловленная рукавным фильтром, г. Определение фракционной концентрации частиц на входе в ГОУ и на выходе проводилось в соответствии с методом, представленным в [1].

Режимы работы определялись степенью задействования дымососов, частотой тока, числом оборотов барабана, степенью сырватости формовки и процентным соотношением добавленной черной пыли в формовку. Режимы влияют на изменения дисперсного состава пыли, концентрации пыли в газе, скоростные характеристики потоков. В таблице 1 приведены результаты оценки эффективности работы установки.

Определение фракционного состава частиц проводилось методом лазерной дифракции в водном растворе с использованием анализатора размера частиц (АРЧ) «Mastersizer 2000». В качестве размера частицы применялся объемный диаметр – это диаметр сферы, равный объему частицы. Выборочные результаты измерений фракционного состава уловленной пыли приведены в таблице 2. В столбце 2 таблицы 2 показана весовая доля неулавливаемой в инерционных аппаратах пыли, в процентах от суммарного веса всей остальной пыли.

Таблица 1. Сводная таблица полученных результатов эффективности

№ опыта	Расход газа, м <sup>3</sup> /час	Массовая концентрация, г/м <sup>3</sup>	Эффективность ПЦА, %	Эффективность ГОУ, %	Комментарии
<b>Режим №1</b>					
1	38 965	4,16	97,76		Правая нитка, вход в ГОУ
2	36 404	2,48	97,53	100(4,16-2,48)/4,1=40	Правая нитка, выход из ГОУ
3	39 767	3,0	95,8		Левая нитка, вход в ГОУ
4	30 171	0,57	89,74	100(3-0,57)/3=81	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №2</b>					
5	38 564	1,95	98,04		Правая нитка, вход в ГОУ
6	41 823	2,87	98,59	----	Правая нитка, выход из ГОУ
7	29 726	3,35	98,65		Левая нитка, вход в ГОУ
8	31 025	0,5	87,64	100(3,35-0,5)/3,35=85	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №3</b>					
9	44 233	1,64	98,31		Левая нитка, вход в ГОУ, формовка
10	34 849	2,48	98,36		Левая нитка, вход в ГОУ, формовки нет
11	34 436	2,83	98,15		Правая нитка, вход в ГОУ
12	40 070	0,76	90,58	100(2,83-0,76)/2,8=73	Правая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №4</b>					
13	37 701	6,028	97,13		Правая нитка, вход в ГОУ
14	31 995	0,86	90,68	100(6,028-0,86)/6,028 =85,7	Правая нитка, выход из ГОУ
15	27 129	3,082	95,8		Левая нитка, вход в ГОУ
16	32 009	0,57	88,46	100(3,082-0,57)/3,082 =81,5	Левая нитка, выход из ГОУ

Таблица 2. Характеристика фракционного состава пыли

Расчетные параметры	Унос Менее 0,5	Размер частиц, мкм						Комментарии
		0,5-10	10-20	20-30	30-60	60-90	Более 90	
1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Режим №1</b>								
Фракционный состав уловленной ПЦА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{iBX}$ , %, до ГОУ (опыт №3)	4,2	53	24	11	10	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ

Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №4)	10,26	75	20	3	0,66	0,66	0,66	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №2</b>								
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВХ}}$ , %, до ГОУ (опыт №7)	1,35	56	23	11	8	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №8)	12,36	75	20	3	0,66	0,66	0,66	Левая нитка, выход из ГОУ
<b>Режим №3</b>								
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВХ}}$ , %, до ГОУ (опыт №9)	1,69	44	30	14	10	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ, формовка
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №10)	1,64	40	28	16	14	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ, формовки нет
<b>Режим №4</b>								
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВХ}}$ , %, до ГОУ (опыт №15)	4,2	47	25	13	13	1	1	Левая нитка, вход в ГОУ
Фракционный состав уловленной ПЩА пыли, уносимой дымовыми газами из печи, $\Phi_{i\text{ВЫХ}}$ , %, после ГОУ (опыт №16)	11,54	76	19	3	0,66	0,66	0,66	Левая нитка, выход из ГОУ

В результате выяснено, что существенными факторами являются коагуляционные процессы. Разработано техническое решение по усовершенствованию систем обеспыливания газов  
*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №11-08-00059).*

#### Список литературы

1. Василевский М.В., Зыков Е.Г., Полюшко В.А., Романдин В.И., Разва А.С.. Расчет дисперсного состава пыли в потоке газа по эффективности пробоотборного циклона //Материалы восемнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: эффективность, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2012. С. 170–173.

621.928.9

#### Определение напряжения трения поршня дисперсного материала разного грансостава в трубопроводе

*М.В. Василевский, В.И. Романдин\*, А.С. Разва*

*Томский политехнический университет \*Томский государственный университет*

*E-mail: [vasmix40@mail.ru](mailto:vasmix40@mail.ru)*

Проведены оценки напряжений трения поршня дисперсного материала в трубопроводе при механическом воздействии плунжера. Материал уплотняется с образованием свода и сдвигается как целое. Определены диапазоны коэффициентов бокового давления и кулоновского трения. Полученные значения бокового давления выше, чем дает расчет по известным формулам. Значения коэффициентов зависят от длины поршня, усилий на плунжере.

Необходимость перемещения материалов на значительные расстояния по трассам сложной пространственной геометрии, транспортирование с высокой производительностью при малой скорости движения дисперсной среды привело к разработке систем с импульсным перемещением материала в виде поршней [1]. Пневмотранспорт сыпучих материалов с концентрацией, близкой к насыпной, является наиболее экономичным по сравнению с другими режимами транспортирования. При больших весовых концентрациях наиболее полно используется энергия несущей среды, нет необходимости в обеспечении скорости взвешивания частиц в начале трубопровода, уменьшается скорость материала на выходе из магистрали, улучшается возможность пылеотделения. Однако дальность транспорта сплошным потоком при любом перепаде ограничивается 20 м [2]. С увеличением дальности поток становится неустойчивым: наблюдается хаотичное образование поршней сыпучего материала с последующей неравномерностью их движения относительно друг друга, их объединением, разрушением, а некоторых случаях закупоркой трубопровода. В [3] проведен анализ механизмов образования разрывов, неустойчивости в структурах перемещаемых слоев материала. Для реализации транспорта повышенной дальности необходимо выполнение ряда трудно выполнимых мероприятий, одним из которых является использование ступенчатого расширяющегося трубопровода и уменьшение скорости движения по повороту. Делается вывод, что наиболее действенным при транспортировании на значительные расстояния является использование импульсного поршневого пневмотранспорта, в котором за счет использования малого перепада давления на порции сыпучей среды распределение давления близко к линейному и растягивающие усилия незначительны [3–6].

Основным препятствием движению поршней под воздействием газового потока является сила сопротивления трения материала о стенку трубопровода. Для оценки этой силы водится гидродинамический коэффициент трения материала о стенку, зависящий от крупности частиц, плотности частиц, насыпной массы, шероховатости стенки трубы, отношения длины поршня к диаметру трубы, концентрации частиц в потоке [1, 2, 6]. Этот коэффициент определяется экспериментально на основании модельных запусков и измерений параметров потоков в экспериментальных установках и промышленных системах. В работах [4–5] определялись коэффициенты кулоновского трения различных материалов о стенку трубы в момент срабатывания поршня. Выяснено, что при возникновении перепада давления происходит уплотнение слоя тонкодисперсного материала, в материале возникают необратимые деформации в тыльной части поршня. На сдвиговые характеристики, кроме скорости нарастания давления, влияют отношение длины поршня к диаметру трубопровода, уплотнение материала (плотность укладки). Кроме того, существенное влияние оказывает давление материала на стенку за счет силы тяжести, зависящей от диаметра трубы. В [7] показано, что при перемещении поршня под воздействием на частицы фильтрующегося через поршень потока напряжения трения на стенке намного меньше, чем при перемещении поршня механическим плунжером.

С помощью устройства на рис. 1 были проведены исследования напряжения трения сыпучего о стенку при перемещении поршня плунжером. Целью исследования являлось оценка коэффициента трения при горизонтальном и вертикальном расположении трубопровода. Для предотвращения защемления частиц между телом плунжера и стенкой трубы была установлена эластичная вставка, которая создавала начальное сопротивление сдвигу.

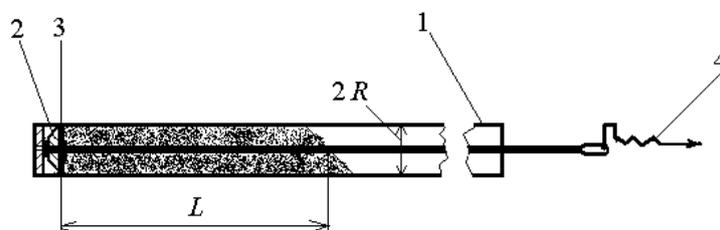


Рис. 1 Устройство для определения напряжения трения на стенке поршня сыпучего:

1–трубка  $2R=21$ мм; 2–тело плунжера; 3–эластичная вставка; 4–динамометр.

Использовались обеспыленные хорошо сыпучие материалы: порошок нержавеющей стали полученный диспергацией расплава, окатанный песок, песок обычный (речной), гранулированный полипропилен, крупа перловая шлифованная. Характеристики материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики материалов

Наименование	Параметры			Примеч.
	Угол ест. откоса $\alpha^\circ$	Нас. плотность $\rho_n$ г/см <sup>3</sup>	Размер мм	
1. Нерж. сталь	22	4,71	0,1–1	сфероидные
2. Песок окатанный	33	1,78	0,1–1	сфероидные
3. Песок обычный	34	1,57	0,1–1	угловатые
4. Гранулы полипроп.	27	0,55	3–4	Цилиндры $\Phi 4, H 3$
5. Крупа перловая	32	0,82	3–6	Эллипсоиды

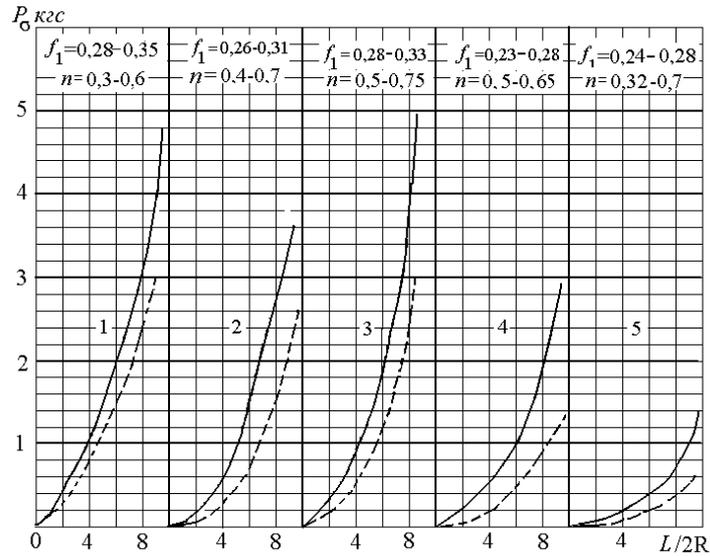


Рис. 2. Зависимость усилия плунжера за вычетом сопротивления эластичной вставки от относительной длины поршня дисперсного материала для вертикального (сплошные кривые) и горизонтального трубопровода (пунктирная кривая). Номера кривых соответствуют номерам материалов в таблице 1.

На рис. 2 приведены значения усилий на динамометре в зависимости от относительной длины поршня при вертикальном и горизонтальном расположении трубопровода.  $P_0 = P_d - P_3$ , где  $P_d$  — сила сопротивления, фиксируемая в опыте динамометром,  $P_3$  — сила сопротивления эластичной вставки с материалом высотой 1 см ( $L/2R = 0,05$ ) в вертикальном трубопроводе. Воспроизводимость результатов составляла 78%.

В обобщенном законе трения [8] учитываются как внешняя нагрузка, так и адгезионное взаимодействие. Под действием нагрузки происходит сплющивание частиц и рост адгезионного взаимодействия. Для крупных частиц адгезионное взаимодействие проявляется в меньшей степени, чем для мелких. Однако с ростом давления между контактирующими телами возможно сводообразование (трубообразование), что определяет особенность напряжений трения и коэффициента трения [9, 10].

На рис.3 представлена схема сил, действующих на элемент слоя сыпучего в горизонтальном трубопроводе.

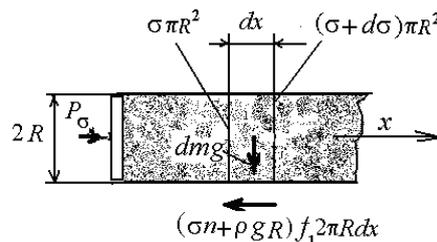


Рис. 3. Схема сил на элементе слоя при воздействии плунжера.

Уравнение равновесия элемента под воздействие сил имеет вид

$$-d\sigma - (\sigma n + \rho g R) \frac{2f_1}{R} dx = 0, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – среднее по сечению осевое напряжение,  $\rho$  – плотность слоя в элементе,  $n$  – коэффициент бокового давления,  $R$  – радиус трубопровода,  $f_1$  – коэффициент внешнего трения. Интегрируя уравнение (1) в пределах  $\sigma=0$  и  $x=L$ , в предположении постоянства  $f_1$  и  $n$ , получим следующие выражение распределения осевых напряжений в горизонтальном трубопроводе

$$\sigma_r = \frac{\rho g R}{n} \left[ \exp \frac{2f_1 n (L-x)}{R} - 1 \right]. \quad (2)$$

Для вертикального трубопровода решение для распределения осевых напряжений известно [11]

$$\sigma_v = \frac{\rho g R}{2nf_1} \left[ \exp \frac{2f_1 n (L-x)}{R} - 1 \right] \quad (3)$$

При  $f_1 \rightarrow 0$   $\sigma_r \rightarrow 0$ ,  $\sigma_v \rightarrow \rho g (L-x)$ . Вводя средние значения напряжений по длине поршня

$$\bar{\sigma}_r = \frac{1}{L} \int_0^L \sigma_r dx, \text{ получим } \bar{\sigma}_r = \frac{\rho g R}{n} \left\{ \left[ \frac{R}{2f_1 n L} \exp \left( \frac{2f_1 n L}{R} \right) - 1 \right] - 1 \right\},$$

$$\bar{\sigma}_v = \frac{\rho g R}{2f_1 n} \left\{ \left[ \frac{R}{2f_1 n L} \exp \left( \frac{2f_1 n L}{R} \right) - 1 \right] - 1 \right\}. \quad (4)$$

Средние значений напряжений трения определяются по соотношениям

$$\bar{\tau}_r = nf_1 \frac{R}{2L} \bar{\sigma}_r, \bar{\tau}_v = nf_1 \frac{R}{2L} \bar{\sigma}_v$$

Учитывая соотношения (4), получим

$$\bar{\tau}_r / \bar{\tau}_v = 2f_1 = P_{\sigma r} / P_{\sigma v}. \quad (5)$$

Соотношение (5) позволяет, используя кривые рис.2, провести оценку коэффициента трения, а соотношения (2)–(4) – оценку значений коэффициента  $n$ .

Значения величины  $nf_1$  найдется из выражения (3) при  $x \rightarrow 0$ , значения величин  $n$ ,  $f_1$  приведены на рис. 2. Приведенные значения величин  $n$  превышает расчетные [11] значения в 1,5–2 раза.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №11–08–00059).*

#### Список литературы

1. Шваб В.А. Аэромеханические методы в технологии производства порошковой продукции. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984. – 161 с.
2. Вельшоф Г. Пневматический транспорт при высокой концентрации частиц перемещаемого материала. Пер. с нем. – М.: Колос.–1964, 160 с.
3. Севастьянов А.Т. Появление и пути ликвидации поршнеобразования при пневмотранспорте плотным слоем. // Вопросы прикладной аэрогидромеханики и тепломассообмена – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1983, с. 69–74.
4. Воронин В. Н. Исследование стабильности дисперсных потоков поршневой структуры применительно к работе пневмотранспортных установок: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / В. Н. Воронин; Томский государственный университет. –Томск : Изд-во ТГУ, 1996. –19 с.
5. Воронин В.Н., Егоров В.М., Экспериментальное исследование особенностей трения тонкодисперсных сыпучих материалов // Вопросы аэрогидромеханики и тепломассообмена. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1983. С. 85–91.
6. Klinzing G.E., Risk F., Marcus R., Leung L.S. Pneumatic Conveying of Solid– Springer, 2010.
7. Василевский М.В., Романдин В.И., Зыков Е.Г. Оценки состояния дисперсной среды с несвязными частицами в установке поршневого пневмотранспорта //Материалы восемнадцатой Всеросс. науч.-техн. конференции "Энергетика: эффективность, надежность, безопасность." – Томск: Изд-во ТПУ, – 2012. С. 154–158.

8. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. – М.: Химия, 1976. – 432 с.
9. Дженике Э.В. Складирование и выпуск сыпучих материалов. Пер. с англ./ под ред. М.И. Агашкова –М.: «Мир», – 1968, 162 с.
10. Островский, Г. М. Пневматический транспорт сыпучих материалов в химической промышленности / Г. М. Островский. –Л. : Химия, 1984. 104 с.
11. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. –М.: Машиностроение, 1964. – 251 с.

#### Региональная группировка температурных данных, полученных на метеостанциях Евразии

*Волков Ю.В.\*, Тартаковский В.А.\*\**

*\*Томский политехнический университет, г. Томск*

*\*\* Институт мониторинга климатических и экологических систем, г. Томск*

[yvvolkov@tpu.ru](mailto:yvvolkov@tpu.ru), [trtk@list.ru](mailto:trtk@list.ru)

Основным источником энергии, обуславливающим природно-климатические процессы на Земле, является Солнце. Энергия поступает в виде солнечной радиации несущей свет и тепло, в разных диапазонах длин волн. Прямое и рассеянное излучение поглощается поверхностью Земли, которая нагревается и сама становится источником тепла. С учетом географической широты, самое большое количество тепла получают нижние слои атмосферы, непосредственно прилегающие к земной поверхности; они и нагреваются до наиболее высоких температур. Таким образом, земная радиация определяет температурный режим и соответствующие ему циркуляции в атмосфере. Температура является первичным фактором формирования погоды и климата.

В данной работе проведено исследование рядов среднемесячной температуры, полученных за 55 лет на 333 метеостанциях, расположенных на территории Евразии. Цель исследования состоит в определении региональных особенностей изменений температуры.

Среднемесячные изменения температуры за исследуемый период, формируют колебательный процесс с квазипериодом в один год. Для характеристики погоды представляют интерес температурные изменения, отклоняющиеся от годового цикла. Однако их непротиворечивое выделение затруднено.

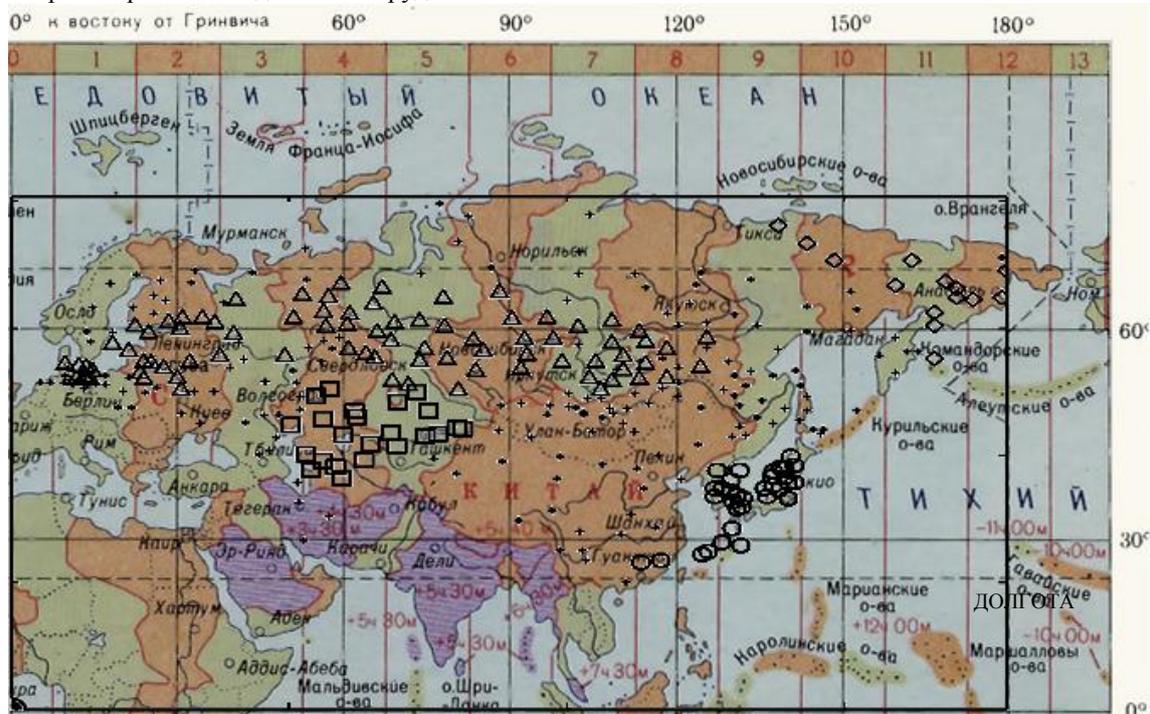


Рисунок 1. Карта расположения групп станций:

«геометрические фигуры» - группы станций, имеющих высокую взаимную корреляцию, «крест» - станций не вошедшие в группы.

Как оказалось, частотный спектр температурного колебательного процесса является узкополосным и для большинства метеостанций имеет одну моду, что позволило использовать условия причинности и ввести фазу колебания, применяя теорию аналитического сигнала [1-3]. Годовая составляющая фазы представляет собой линейную функцию, она удалялась из фазы методом наименьших квадратов на интервале 55 лет. Оставшиеся флуктуации фазы позволяют непротиворечиво исследовать их согласованное поведение или синхронность, применяя в виде меры этой характеристики коэффициент корреляции по Пирсону.

Был разработан новый алгоритм, по которому вначале вычислялся попарный коэффициент корреляции для всех сочетаний температурных рядов. Для каждого ряда формировалась группа из тех температурных рядов, которые имели с формирующим группу рядом коэффициенты корреляции выше заданного уровня. Затем для каждой группы рядов вычислялась среднеарифметическая оценка типовой фазы первого уровня. Эти процедуры включались в итерационный процесс, в котором входными данными были типовые фазы предыдущего уровня, а выходными – типовые фазы следующего уровня для каждого температурного ряда и, соответственно, для каждой метеостанции.

Обнаружено, что обозначенный итерационный процесс был сходящимся для используемых температурных рядов. В результате сформировались несколько групп станций, и для каждой группы была вычислена типовая фаза – модель фазовых флуктуаций для данной группы. При этом ряды в каждой группе имели высокую корреляцию с типовой фазой своей группы и небольшую с типовыми фазами других групп.

Оказалось, что выделенные группы располагаются достаточно компактно по территории, что можно объяснить наличием определенных климатических зон. Характерно, что погодные изменения в среднемесячном варианте синхронны внутри этих зон.

#### Список литературы

1. Вакман Д.Е., Вайнштейн Л.А. Амплитуда, фазы частота - основные понятия теории колебаний // Успехи физических наук. 1977. 123. Вып.4. С.657.
2. Vakman D. On the analytic signal, the Teager-Kaiser energy algorithm, and other methods for defining amplitude and frequency // IEEE Trans. Signal processing. 1996. 44. № 4. P.791.
3. Cohen L. Loughlin P. Vakman D. On an ambiguity in the definition of the amplitude and phase of a signal // Signal Processing. 1999. 79. P.301.

#### Интенсификация процессов биологического окисления углеводородов, загрязняющих почвы западно-сибирского региона

**Бочкарева Ю.В., Галанова С.О.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[zlidn@yandex.ru](mailto:zlidn@yandex.ru)*

В статье представлены результаты исследования возможности ускорения процессов биодegradации нефтепродуктов в почвах Западно-Сибирского региона путем внесения подкормок, стимулирующих естественную микрофлору, увеличивающих численность и активность бактерий-деструкторов нефти. При моделировании экспериментов фактический уровень нефтяного загрязнения почвы составил 8,42 % и 5,7 % (определение исходного загрязнения осуществлялось в опытной емкости на аппарате Сокслета). Эксперименты проводились в соответствии с официальными российскими методиками для определения суммарного содержания нефтепродуктов в почве, донных осадках и бытовых отходах [1, 2, 3].

Первый эксперимент проводился с контрольной (чистая почва) и опытной (загрязненная нефтью на 10 %) емкостью в течение 60 суток. Осуществлялся ИК-спектрометрический анализ исходного загрязнения в опытной емкости в начале эксперимента (расчет спектральных коэффициентов), хроматографический анализ, посев проб почвы на МПА (мясо-пептонный агар) в чашки Петри на протяжении всего эксперимента, определение динамики численности микроорганизмов в чистой и загрязненной почве на протяжении всего эксперимента, определение изменения каталазной, дегидрогеназной активности в чистой и загрязненной почве, определение загрязнения на аппарате Сокслета после 60 суток биодegradации в опытной емкости. Затем проводился ИК-спектрометрический анализ, хроматографический анализ после биодеструкции в опытной емкости.

Второй эксперимент длился в течение 30 суток (три емкости: контрольная (чистая почва), опытная первая (загрязненная нефтью на 5 % без внесения подкормки), опытная вторая (загрязненная нефтью на 5 % с подкормкой)). Осуществлялось определение исходного загрязнения в опытных емкостях на аппарате Сокслета, ИК-спектрометрический, хроматографический анализ исходного загрязнения в опытных емкостях в начале эксперимента, посев проб почвы на МПА, КАА (крахмало-аммиачный агар), среду Чапека в чашки Петри на протяжении всего эксперимента, внесение стимулирующего питательного раствора на 4 сутки эксперимента во вторую опытную емкость, определение динамики численностимикроорганизмов в чистой и загрязненной почве (без внесения подкормки и с внесением подкормки) на протяжении всего эксперимента, определение изменения каталазной, дегидрогеназной активности в чистой и загрязненной почве на протяжении всего эксперимента, определение загрязнения на аппарате Сокслета после 30 суток биодеструкции в первой и второй опытной емкости, ИК-спектрометрический, хроматографический анализ после биодеструкции в первой и второй опытной емкости.

Для поддержания роста и развития микроорганизмов при проведении второго эксперимента на 4-е сутки эксперимента только во вторые опытные образцы внесли 10 мл стимулирующей минеральной подкормки: 5 % раствор композиции ПАВ, содержащей азотистые компоненты в концентрации 4,3 %, фосфаты ( $K_2HPO_4$ ) – 0,2 %, соли магния ( $MgSO_4$ ) – 0,1 % и 1 мл/л раствора микроэлементов по Хогланду[4].

Таблица 1. Динамика численности микроорганизмов в почве, загрязненной нефтью на 8,42 %

Сутки	Численность микроорганизмов, тыс.клет/г	
	чистая почва (контроль)	загрязненная почва (опыт)
1	2,1	2,3
7	16,3	23,7
9	20,4	64,0
11	440	408
14	2000	5120
17	4000	7000
25	2700	3900
45	81	121
52	4,5	6,6
59	0,9	2,7

В процессе биодеструкции исследовали динамику численности микроорганизмов в образцах почвы. При загрязнении почвы 8,42 % максимальное увеличение численности в опытных емкостях с нефтезагрязненной почвой от 0,023 до 7 млнклет/г отмечено на 11-е сутки культивирования. В контрольной емкости с чистой почвой максимальная численность микроорганизмов не превышала 4 млнклет/г. Увеличение численности нефтезагрязненной почвы объясняется ростом углеводородокисляющей группы микроорганизмов, утилизирующей нефть в качестве источника энергии и питания.

При загрязнении почвы в концентрации 5,7 % максимальная численность микроорганизмов с внесением подкормки на 15-е сутки культивирования составила – 54400 млнклет/г, в опытной емкости без подкормки – 2500 млн клет/г, в контрольной емкости с чистой почвой – 1600 млн клет/г. При загрязнении почвы в концентрации до 5,7 % нефть не угнетает жизнедеятельность микрофлоры, численность которой увеличивается за счет углеводородокисляющих микроорганизмов.

Ферментативная каталазная и дегидрогеназная активность при увеличении численности микроорганизмов возрастает, что положительно влияет на глубину процессов биодеструкции[5, 6]. При увеличении каталазной активности в 3 раза, а дегидрогеназной в 2,5 раза уровень загрязнения почвы нефтью снижается на 55 % в первом эксперименте. Во втором эксперименте он снижается на 44,4 % при увеличении каталазной и дегидрогеназной активности в 8 раз.

Изменения, полученные в результате ИК-спектрометрического и хроматографического анализов, свидетельствуют об ускорении деструктивных процессов при накоплении численности микроорганизмов и увеличении их ферментативной активности.

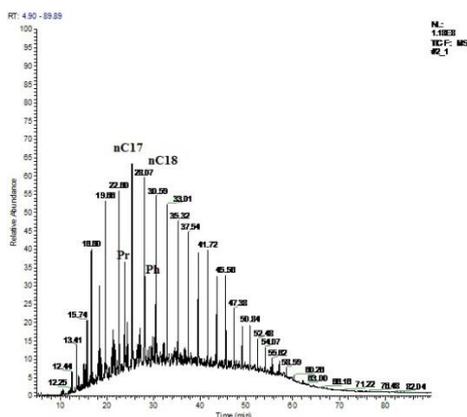


Рис. 1. Хроматограмма нефти, загрязняющей почву в концентрации 5,7% после 30 суток биодegradации почвенной микрофлорой без внесения подкормки.

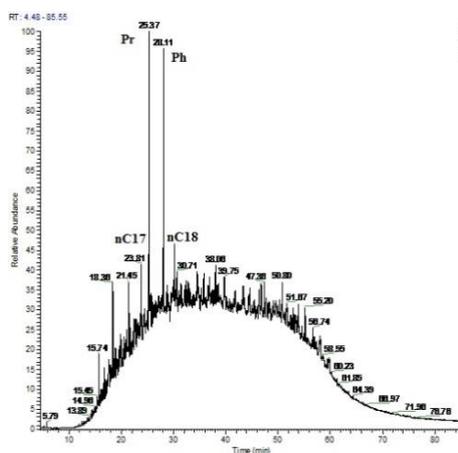


Рис. 2. Хроматограмма нефти, загрязняющей почву в концентрации 5,7% после 30 суток биодegradации стимулированной почвенной микрофлорой.

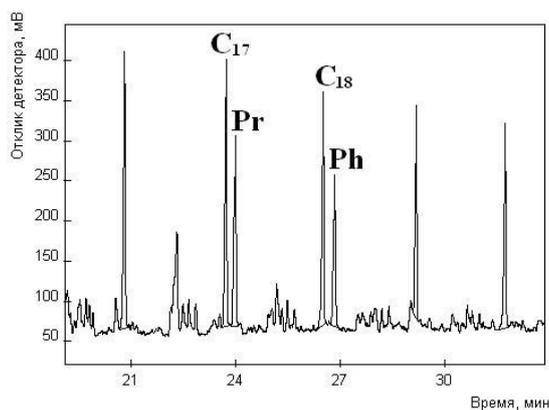


Рис. 3. Фрагмент хроматограммы нефти, загрязняющей почву в концентрации 8,42% после 30 суток биодegradации почвенной микрофлорой.

Таким образом, в условиях эксперимента внесение стимулирующих подкормок приводит к существенному росту бактериальной почвенной микрофлоры и увеличению ее ферментативной углеводородокисляющей активности по сравнению с контрольными образцами почвы без внесения подкормок. Кроме того, величины спектральных коэффициентов, рассчитанные по данным ИК-спектрометрического анализа биодegradированной нефти, показывают, что увеличение времени биодеструкции до 60 суток положительно влияет на протекание процессов окисления углеводородов нефти в почве.

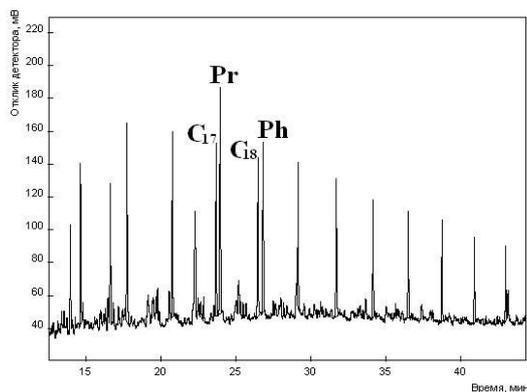


Рис. 3.5. Фрагмент хроматограммы нефти, загрязняющей почву в концентрации 8,42% после 60 суток биодegradации почвенной микрофлорой.

При загрязнении почвы нефтью в объеме 5-10 % для интенсификации процесса биологического окисления углеводородов в почве рекомендуется на 4-е сутки с момента загрязнения вносить стимулирующую минеральную подкормку следующего состава: 5 % раствор композиции ПАВ, содержащей азотистые компоненты в концентрации 4,3 %, фосфаты ( $K_2HPO_4$ ) – 0,2 %, соли магния ( $MgSO_4$ ) – 0,1 % и 1 мл/л раствора микроэлементов по Хогланду.

#### Список литературы

1. Другов Ю.С. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред: Практическое руководство. / Ю.С. Другов, И.Г. Зеневич, А.А.Родин. – 2-е изд., перераб. и допол. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 752 с.
2. Другов Ю.С., Родин А.А., Кашмет В.В. Пробоподготовка в экологическом анализе. – Издание второе дополненное и исправленное. М.: Изд-во Лаб-Пресс, 2005. – 756 с.
3. Другов Ю.С., Родин А.А. Мониторинг органических загрязнений природной среды. – СПб.: Наука, 2004. – 808 с.
4. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. Лабораторное руководство. – Л.: Наука, 1974. – 194 с.
5. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. М.: Изд-во МГУ, 1991. – 231с.
6. Щербак Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества (в естественных и искусственных фитоценозах). – Мн.: Наука и техника, 1983. – 222 с.

#### Защита нефтепроводов на подводных переходах

*Герасимов А.И.*

*Институт проблем нефти и газа СО РАН, Россия, г. Якутск*

[gerasimov2509@rambler.ru](mailto:gerasimov2509@rambler.ru)

Наибольшую потенциальную опасность в результате аварийных разливов нефти представляют нефтепроводы, пролегающие по дну рек из-за распространения нефтяного пятна течением рек, вдоль которых расположено большинство населенных пунктов. Например, нефтепровод Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО-1) проходит свыше 100 водных пересечений по территории республики Саха (Якутия), среди которых 19 рек имеют важное жизнеобеспечивающее значение для жителей республики [1]. На сегодняшний день основным средством локализации нефтяного разлива на водных акваториях являются боновые заграждения, направленные на ликвидацию и локализацию нефтяного пятна. В то же время под воздействием ветра и течения образуется нефтяная эмульсия, проникающая в толщу воды до глубины 5 – 15 м [2], которая будет образовываться даже под локализованным нефтяным пятном постоянно, и, уносимая течением реки, будет загрязнять уже не только поверхность, а огромный объем воды большинства рек России до дна на значительное расстояние. В связи с этим Институтом проблем нефти и газа СО РАН для борьбы с аварийным разливом нефти на подводных нефтепроводах разработан ряд способов [3 – 6], направленный на превентивную защиту водных ресурсов. Однако, все эти способы, предотвращающие проникновение аварийной нефти в воду, могут быть легко повреждены во время весеннего ледохода, вплоть до повреждения самих нефтепроводов,

пролегающих по дну рек. Весною 2013 г для предотвращения повреждения магистрального нефтепровода ВСТО-1 на подводном переходе через реку Лена, с целью быстрого разрушения ледяного покрова, распилили 2/3 толщины льда [7]. При попадании талых вод в места распилов при ночных отрицательных температурах воздуха распиленный лед снова становится монолитным, сведя на нет работу, направленную на разрушение целостности ледяного покрова. Для ослабления прочности ледяного покрова наиболее эффективным, на наш взгляд, является радиационный метод, основанный на усилении поглощающей способности льда при нанесении на поверхность льда зачерняющих материалов. Солнечная энергия растапливает лед в межкристаллических прослойках, превращая монолитный лед в «рыхлый» рассыпчатый лед, внутри которого талые воды не проникают. Для ускорения превращения монолитного льда в ослабленный «рыхлый» лед предлагается использовать ледяные фигуры, собирающие солнечные лучи и расположенные на поверхности очищенного от снега ледяного покрова. Такие фигуры в виде линз, усеченных конусов, полуцилиндров можно создать на месте, замораживая воду в соответствующих формах. Было бы проще всего сделать такие фигуры на поверхности самого льда в виде лунок или выемок, заполненных прозрачным раствором экологически не вредных солей другим чем лед коэффициентом преломления [8]. За счет усиления солнечной радиации путем фокусирования солнечных лучей с помощью ледяных объёмных линз можно ускорить разрушение льда без распиловки и использования искусственных источников энергии на местах пролегания нефтепроводов по дну рек для предотвращения повреждения подводных коммуникаций. За зиму реки мелеют, в связи с этим во время весеннего ледохода возникает угроза разрушения нефтепроводов, пролегающих по дну рек. В таких случаях создают искусственный затор для поднятия уровня воды на местах пролегания нефтепроводов для беспрепятственного прохождения ледохода. На небольших реках такой искусственный затор льда во время вскрытия можно создать натяжением уложенного заранее по дну реки троса [9]. Одним из эффективных методов управления скоростью паводковой воды, и следовательно уровнем воды на реке, является создание искусственных зажоров. Во время зазора масса мелкого льда, заполняя, практически всё сечение реки, значительно затормаживает скорость течения, вызывая тем самым подъём уровня воды на реке. Однако, образование зажоров, как правило, происходит во время ледостава, тогда как во время весеннего паводка основная масса льда достаточно крупная для образования зазора, т.к. такие куски льда не смогут подныривать под лед и образовать ледяную «кашу». Нами предлагается для образования достаточной массы мелкого льда использовать вышеприведенный способ усиления солнечной радиации. Одновременное разрушение достаточной площади «разрыхленного» ледяного покрова усиленной солнечной радиацией создаст массу мелких льдин, которые увлекаясь течением и встречая сплошное ледяное поле вниз по течению, забьются под ледяное поле, образуя ледяную «кашу» и сужая сечение реки, и тем самым вызывая поднятие уровня реки [10]. При отсутствии естественных условий образования зазора на реке можно использовать трос с закрепленной на нем прочной сетью частично перекрывающей русло реки, с грузилами, заранее до ледостава уложенный по дну реки, один конец которого закреплен неподвижно на берегу, а другой конец соединен с лебедкой, расположенной на противоположном берегу [11]. Такие зазоры можно создать по всей реке или впадающим рекам эффективно регулируя скорость паводковых вод сибирских рек, ведя мониторинг из космоса, защитить население и объекты экономики.

Таким образом, в Институте проблем нефти и газа СО РАН разработан целый комплекс защиты нефтепроводов на подводных переходах: от превентивной защиты при аварийных разливах нефти до управления уровнем паводковой воды для сохранения подводных коммуникаций энергетики от повреждения во время весеннего ледохода.

#### Список литературы

1. План по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти на подводных переходах магистральных нефтепроводов ООО «Востокнефтепровод», 2007.
2. Консейсао А.А. Разработка новых сорбентов и адгезионных нефтесборщиков для сбора аварийных разливов углеводородов: дис. ...д-ра. техн. наук. – Уфа, 2008. – С. 105 – 106.
3. Способ защиты водоемов при аварийных разливах нефти: пат. 2435903 Рос. Федерация. № 2010123277; заявл. 07.06.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.
4. Способ сбора разлитой нефти в зоне траншейного подводного перехода магистрального нефтепровода: пат. 2439244 Рос. Федерация. № 2010127708; заявл. 05.05.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
5. Устройство для сбора нефти под водой: пат. 2465400 Рос. Федерация. № 2011116848; заявл.

- 27.04.2011; опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30.
6. Устройство для сбора нефти под водой: пат. 2771925 Рос. Федерация. № 2011123267; заявл. 08.06.2011; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
  7. <http://www.ysia.ru/print/5392>
  8. Способ разупрочнения ледяного покрова: № 2013129613; заявл. 27.06.2013.
  9. Устройство для создания искусственного затора на реках: № 2013136718; заявл. 06.08.2013.
  10. Способ регулирования уровня паводковой воды на реках: № 2013135024; заявл. 25.07.2013.
  11. Устройство для создания искусственного зазора на реках: № 2013136741; заявл. 06.08.2013.

**Определение ширины противопожарного разрыва в зависимости от скорости ветра и свойств лесного массива**

**Гербель Д.П., Фрянова К.О.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г.Томск  
[frosia5766@mail.ru](mailto:frosia5766@mail.ru)*

Леса — один из важнейших видов ресурсов на Земле. Лесные ресурсы относятся к возобновляемым ресурсам. Мировые лесные ресурсы характеризуются двумя главными показателями: запасами древесины на корню (350 млрд. м<sup>3</sup>) и размерами лесной площади (4,1 млрд. га или около 27% площади суши), которые благодаря постоянному приросту ежегодно увеличиваются на 5,5 млрд. м<sup>3</sup>.

Леса играют огромную роль в российской экономике не только как источники древесины, но и многих видов сырья. При хозяйственной оценке лесных ресурсов первостепенное значение имеет такая характеристика, как запасы древесины. В России самые большие запасы лесов в мире и площадь наших лесов составляет более 800 000 га. Лес занимает около 45% территории нашей страны и составляет около 24% запасов всей планеты [1].

Значимую роль леса играют в газовом балансе атмосферы и регулировании климата планеты. Общий баланс для лесов России, рассчитанный Б.Н.Моисеевым составил для углекислого газа 1789064.8 тыс. тонн, а для кислорода - 1299019.9 тыс. тонн. Ежегодно в лесах России депонируется 600 млн. тонн углерода. Эти гигантские объемы миграции газов существенно стабилизируют газовый состав и климат планеты [2].

Ежегодно в Российской Федерации в результате лесных пожаров гибнет около 1 млн. га леса. Наиболее опасным видом лесных пожаров являются верховые, на долю которых приходится до 70% выгоревшей площади. Верховой пожар распространяется по кронам деревьев, при этом чаще всего горит весь древостой. Возникновение и развитие верховых лесных пожаров происходит, в основном, от низовых лесных пожаров в древостоях с низко опущенными кронами, в разновозрастных хвойных лесах, в многоярусных и с обильным подростом насаждениях, а также в горных лесах. Скорость верховых лесных пожаров такова: устойчивого - 300–1500 м/ч, беглого - 4000–5000 м/ч [3]. Следует отметить, что до сих пор не выяснены до конца механизмы и условия возникновения различных видов лесных пожаров.

Тушение лесных пожаров требует больших затрат сил и средств, и, в подавляющем большинстве случаев, малоэффективно или невозможно. Экспериментальные методы изучения лесных пожаров являются дорогостоящими и не позволяют проводить полное физическое моделирование данного явления, представляют интерес теоретические методы исследования [4]. Поэтому изучение данного явления с помощью метода математического моделирования помогает разработать профилактические меры по предотвращению и определению возможности возникновения лесных пожаров, ведь математическая модель — это приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математического аппарата.

В представленной работе нами исследуется влияние скорости ветра, влагосодержания и запаса лесных горючих материалов (ЛГМ) на ширину противопожарного разрыва для верховых лесных пожаров. Исследование проводится методом математического моделирования физических процессов. Этот метод основывается на численном решении трехмерных уравнений Рейнольдса для турбулентного течения с учетом уравнений диффузии для химических компонентов и уравнений сохранения энергии для газовой и конденсированной фаз и уравнения состояния. Для получения дискретных аналогов используется метод контрольных объемов [5].

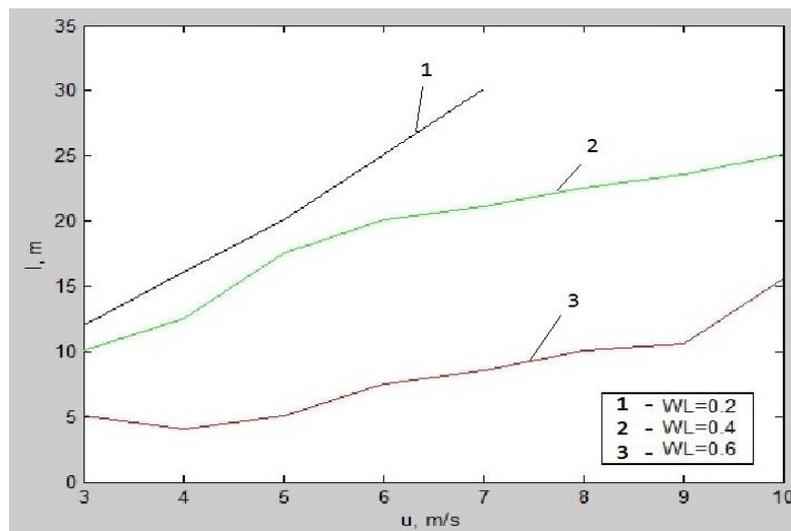


Рис.1. Зависимость минимальной ширины разрыва от скорости ветра и влагосодержания ЛГМ.

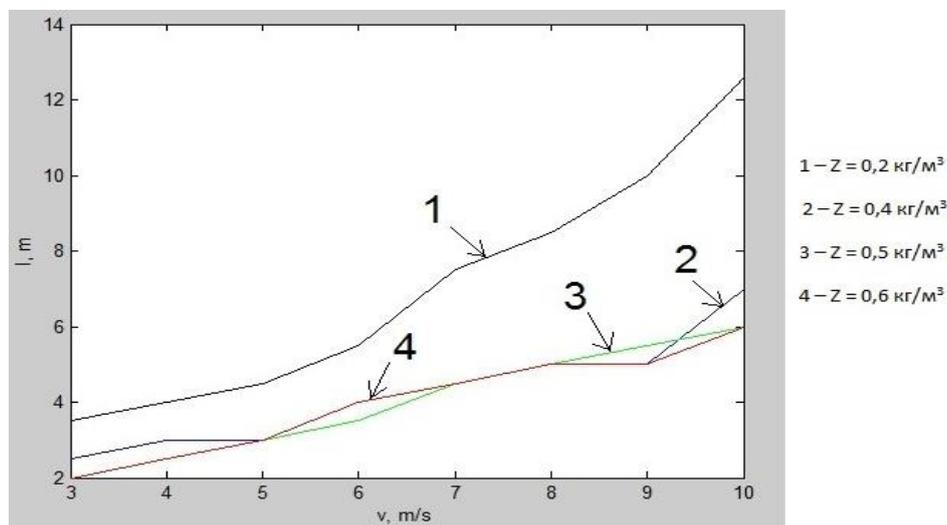


Рис. 2. Зависимость минимальной ширины разрыва от скорости ветра и запасов ЛГМ.

В результате численного интегрирования получены поля распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза при распространении верховых лесных пожаров через противопожарные разрывы. На основе полученных данных нами изучена зависимость критических размеров противопожарных разрывов от основных характеристик лесных массивов и скорости ветра (Рис. 1-2). Анализируя Рис.1-2. можно сделать вывод, что с увеличением скорости ветра необходимо увеличивать разрыв, а так же чем больше влаги содержится в ЛГМ и чем больше его запас, тем меньшая ширина просеки требуется для предотвращения распространения пожара.

На Рис. 3-4 а) и б) представлены распределения основных функций для двух случаев преодоления и непреодоления разрывов.

Следовательно, с помощью данной математической модели можно получить критические условия распространения верхового лесного пожара при заданных размерах разрыва, иначе говоря, зависимость скорости распространения от скорости ветра, влагосодержания лесных горючих материалов (ЛГМ) и их запасов, что, в свою очередь, дает возможность применять такой метод расчетов для профилактики и разработки новых методик профилактики и борьбы с верховыми лесными пожарами.

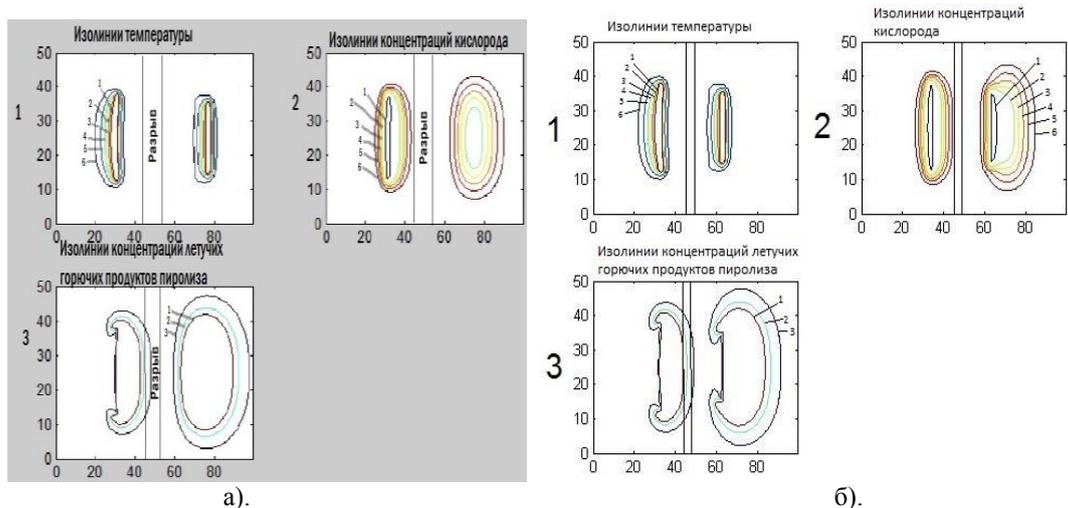


Рис. 3. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза. (а) - зависимость от влагосодержания ЛГМ; б) - зависимость от запасов ЛГМ).

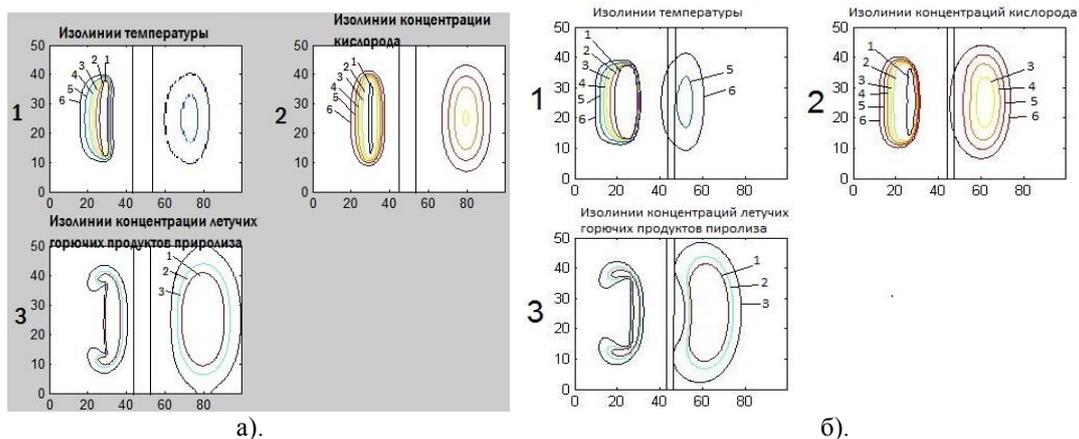


Рис.4 Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза. (а) - зависимость от влагосодержания ЛГМ; б) - зависимость от запасов ЛГМ).

При увеличении скорости распространения верхового лесного пожара происходит уменьшение влагосодержания лесных горючих материалов. И соответственно, если увеличивается скорость ветра (скорость движения воздушных масс), то скорость распространения верхового лесного пожара увеличивается. Кроме того, при увеличении скорости ветра необходимо увеличивать ширину разрыва, а меньшему запасу ЛГМ соответствует большая ширина разрыва.

#### Список литературы

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Новосибирск: Наука, 1992, 408 с.
2. Гришин А.М., Грузин А.Д., Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров. - Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. – С.38-75.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: Пособие для лесных пожарных. Изд.3-е, перераб. и доп. – М.:ВНИИЛМ, 2002. 104 с.
4. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. - 2002. -V.2329. –P.823-832.
5. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. - М.: Энергоатомиздат, 1984. – 124с.,152 с.

### Численный анализ влияния инженерных сооружений на тепловые режимы подземных хранилищ сжиженного газа

Е.С. Глазырин, Н.С. Тетерина.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[evgen2103@sibmail.com](mailto:evgen2103@sibmail.com)

В настоящее время, наблюдается неравномерный характер потребления газонефтепродуктов в Российской Федерации. Это связано с возможностью экспорта в другие страны, географической разобщенностью районов добычи, переработки и использования газонефтепродуктов, а также совпадением по времени максимального спроса на топливо и на электро - и теплоэнергию. Поэтому сезонные колебания потребления, возможные непредвиденные ситуации и перебои в газоснабжении и нефтеснабжении требуют создания значительных запасов. Поэтому рост добычи и использования газа привел к необходимости строительства хранилищ больших объемов вблизи промышленных районов для удовлетворения спроса на газ.

В настоящее время широкое распространение получают подземные хранилища сжиженного природного газа. Конструктивные схемы подземных ёмкостей для хранения газов и особенности их эксплуатации представлены в [1].

Рассматривается изотермический резервуар для хранения сжиженного природного газа, стенки которого выполнены из предварительно напряженного железобетона, изолированный насыпным перлитом, размещенный в зоне влияния инженерных сооружений.

Целью работы является моделирование теплопереноса в зоне размещения хранилища сжиженного газа с учетом влияния инженерного сооружения на тепловые режимы подземных хранилищ сжиженного газа.

Моделирование проведено с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics [2] с использованием модуля General Heat Transfer.

Исследования проводились для резервуара диаметром  $d=72\text{м}$ , высотой  $L=50\text{м}$ , изолированного теплоизоляционным материалом толщиной  $\delta_{\text{и}}=1\text{м}$ . Температура на внутренней поверхности резервуара соответствует температуре хранения жидкого метана  $T_{\text{спг}}=113,150\text{К}$ . Температура окружающей среды принималась равной средней температуре воздуха за месяц сентябрь[3]:  $T_{\text{н}}=282,45^{\circ}\text{К}$  (г. Томск). Заглубление фундамента составляло  $h=2\text{м}$ . Согласно [4] коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций инженерного сооружения соответственно для стен и пола по грунту  $\alpha_{\text{вс}}=8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$  и  $\alpha_{\text{вп}}=4,5\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})$ . Коэффициент теплоотдачи от стены к окружающей среде принимался равным  $\alpha=23\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ , от грунта к окружающей среде  $\alpha=15\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ .

Таблица 1. Теплофизические свойства материалов

Материал	Тепловая изоляция	Грунт	Железобетон
$\lambda$ , Вт/(м · К)	$0,0518+0,000163x(T-273,15)$	$2,2-0,0015x(T-273,15)$	1,54
$c$ , Дж/(кг · К)	$869+2,88x(T-273,15)$	$965+3,2x(T-273,15)$	887
$\rho$ , кг/м	139	2000	2200

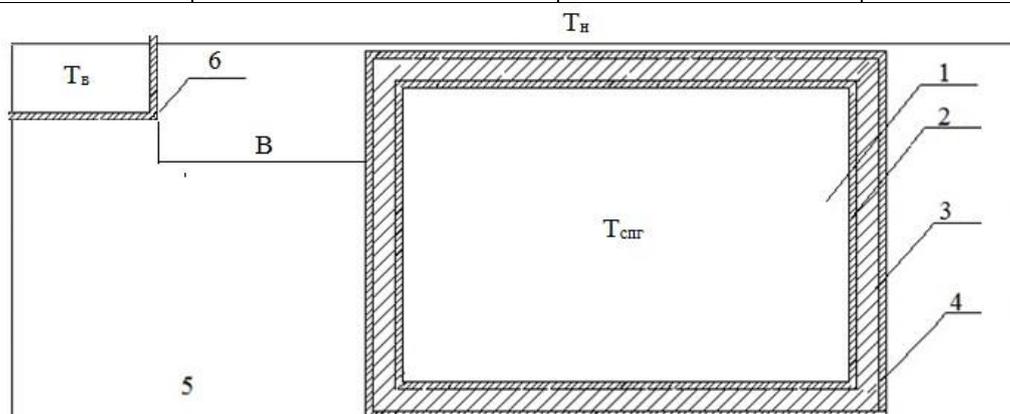


Рис. 1. Схема поперечного сечения зоны расположения подземного резервуара для хранения сжиженного газа.

В таблице 1 приведены значения [1,5] теплофизических характеристик тепловой изоляции, грунта, фундамента из железобетона использованные при проведении исследований тепловых режимов рассматриваемой системы, представленной на рисунке 1.

Обозначения на схеме: 1 – внутренняя область резервуара; 2 – внутренняя стенка резервуара; 3 – теплоизоляционный слой; 4 – наружная стена выполненная из предварительно напряженного железобетона; 5 – грунт; 6 – инженерное сооружение;

$T_n$  – температура наружного воздуха;  $T_{снг}$  – температура сжиженного природного газа;  $T_v$  – температура внутри инженерного сооружения.

#### Результаты 3D моделирования.

Основные результаты 3D моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения приведены в таблицах 2-5. На рисунках 2-3 представлены температурные поля в зоне хранилища сжиженного газа расположенного в области влияния инженерного сооружения с внутренней температурой  $T_v=293,15^{\circ}\text{K}$ .

Таблица 2. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа.

$T_n, \text{K}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_1, \text{Вт}$
Сентябрь, 282,45	15880,62	30814,46	51611,21	98306,29
Январь, 254,05	12950,78	24268,27	41699,3	78918,35
Среднегодовая, 272,65	14860,32	28491,98	48142,61	91494,91

Таблица 3. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения, сентябрь  $T_n=282,45^{\circ}\text{K}$ .

$B, \text{м}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_2-Q_1, \text{Вт}$	$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, \%$
10	15903,38	30890,64	51773,8	98567,82	261,53	0,266036
50	15893,19	30799,43	51644,15	98336,77	30,48	0,031005
100	15891,91	30804,03	51615,3	98311,24	4,95	0,005035
150	15887,98	30804,91	51617,44	98310,33	4,04	0,00411

Таблица 4. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения, Январь  $T_n=254,05^{\circ}\text{K}$ .

$B, \text{м}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_2-Q_1, \text{Вт}$	$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, \%$
10	13007,34	24214,47	42309,16	79530,97	612,62	0,776271
50	12991,2	24249,8	41805,34	79046,34	127,99	0,16218
100	12976,68	24258,58	41725,81	78961,07	42,72	0,054132
150	12967,84	24260,08	41716,55	78944,47	26,12	0,033097

Таблица 5. Результаты моделирования тепловых режимов хранилища сжиженного газа расположенного в зоне влияния инженерного сооружения, при среднегодовой температуре  $T_n=272,65^{\circ}\text{K}$ .

$B, \text{м}$	$Q_d, \text{Вт}$	$Q_n, \text{Вт}$	$Q_c, \text{Вт}$	$Q_2, \text{Вт}$	$Q_2-Q_1, \text{Вт}$	$\delta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1}, \%$
10	14895,21	28523,2	48463,22	91881,63	386,72	0,422668
50	14882,76	28475,82	48201,52	91560,1	65,19	0,07125
100	14876,77	28481,85	48154,71	91513,33	18,42	0,020132
150	14871,1	28482,93	48152,76	91506,79	11,88	0,012984

Обозначения:  $T_n$  - расчетная температура наружного воздуха, K;  $B$  - расстояние от хранилища сжиженного газа до фундамента здания, м;  $Q_d$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа через дно, Вт;  $Q_n$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа через перекрытие, Вт;  $Q_c$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа через стены, Вт;  $Q_1$  - притоки

тепла к хранилищу сжиженного газа при отсутствии близ расположенных инженерных сооружений, Вт;  $Q_2$  - притоки тепла к хранилищу сжиженного газа расположенному в зоне влияния инженерных сооружений, Вт;  $\delta$  – расхождение величин теплопритоков к резервуару при отсутствии и наличии в зоне его влияния инженерных сооружений, %.

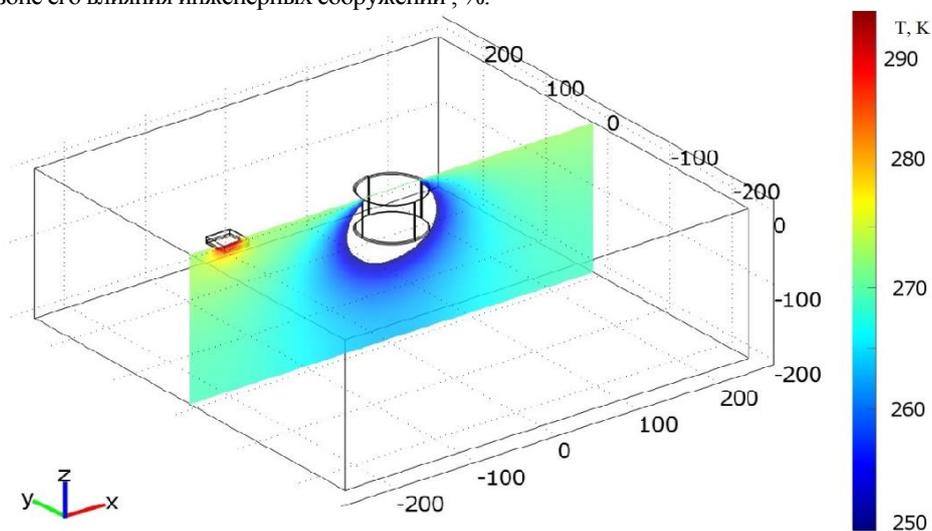


Рис. 2. Температурное поле в зоне расположения подземного резервуара для хранения сжиженного газа, находящегося на расстоянии 150м от инженерного сооружения.

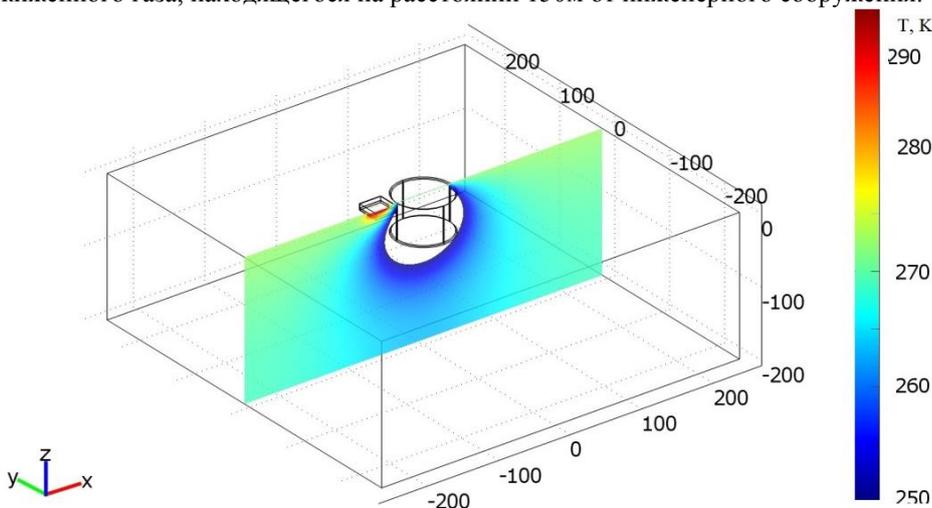


Рис. 3. Температурное поле в зоне расположения подземного резервуара для хранения сжиженного газа, находящегося на расстоянии 10м от инженерного сооружения.

Результаты исследований позволяют говорить об увеличении притоков тепла к хранилищу сжиженного природного газа при расположении в зоне его влияния инженерных сооружений.

Анализ изменения величин притоков тепла в зависимости от расстояния между хранилищем сжиженного природного газа и фундаментом здания (таблицы 2–5) позволяет сделать вывод о том, что уменьшение расстояния от 150 м. до 10 м. приводит к возрастанию теплопритоков на 0,42 % при среднегодовой температуре наружного воздуха  $T_n=272,65$  °K.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-08-00201-а и грантов Президента РФ № МК-1284.2011.8, № МК-1652.2013.8.

#### Список литературы

1. Яковлев Е. И., Видовский Л.А., Глоба В.М. Тепловые режимы хранилищ сжиженных газов. –Л.: Недра, 1992. –184с.
2. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB.

- СПб.: СПбГУИТМО, 2006. – 89 с.
3. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. - М, 2000 г.
  4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М. : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 46 с.
  5. Гува А.Я. Краткий теплофизический справочник. – Новосибирск: Сибвузиздат, 2002. – 300 с.

#### Слаботочные корабельные телефонные станции

*Городецкий И.В., Федюк Р.С., Алферьев И.С., Комардин Д.В.*  
Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток  
*roman44@mail.ru*

Батарейная телефония применяется для связи помещений с шумами, не превышающими 110 дБ. Батарейная телефония с применением остеофонов и усилением обычно применяется для связи помещений, имеющих повышенный уровень шумов.

При батарейной телефонной связи используются телефонные аппараты с угольными микрофонами ТАК-2 для двухпроводной и ТАК-3 для трехпроводной связи. Принципиальная схема устройства и работы этих аппаратов одна и та же. Особенностью устройства ТАК-3 является лишь наличие звонка постоянного тока.

Батарейная телефонная связь по способу питания бывает двух систем: системы ЦБ, т. е. питания всей установки (независимо от места нахождения телефонных аппаратов) от одной центральной батареи и системы МБ, осуществляющей индивидуальное питание каждого телефонного аппарата от своей местной батареи.

На кораблях применяется батарейная телефония системы ЦБ. Основной недостаток батарейной связи – это угольный микрофон. Угольный микрофон широко применяется для телефонной передачи речи, так как имеет сравнительно низкую стоимость, простое устройство и обладает способностью усиливать колебания. Однако наряду с этими ценными свойствами угольный микрофон имеет недостатки; нестабильность характеристик во времени, значительные нелинейные и частотные искажения, вносимые микрофоном в тракт передачи, зависимость параметров микрофона от его положения и пространстве, спекание и гигроскопичность зерен угольного порошка [1].

Чтобы исправить проблему нужно заменить угольный микрофон на динамический.

Аппаратура батарейной телефонной станции (БТС) предназначена для обеспечения аналоговой телефонной связью различных помещений корабля как в штатном режиме, так и в аварийных ситуациях, обусловленных выходом из строя основных систем внутрикорабельной связи, а также при отключении электропитания.

В системах безбатарейной телефонной связи (парной, с коммутаторами) применяют безбатарейные телефонные аппараты типа СТА двух модификаций СТА-1 и СТА-3, которые отличаются только конструкцией микротелефонной трубки и съемного подпятника на корпусе аппарата для ее установки. Телефонный аппарат типа СТА-1 устанавливают в помещениях с высоким уровнем шумов. Аппарат имеет микротелефонную трубку типа МТ-Ф с акустическим фильтром. В такой трубке микрофон защищен от воздействия шума, установлен в верхней части трубки и сообщается с полостью рта говорящего через нижний раструб и акустический канал рукоятки. Телефонный аппарат типа СТА-3 устанавливают в помещениях с нормальным уровнем шума. Аппарат имеет микротелефонную трубку типа МТ-Б. В этой трубке микрофон установлен в нижней части, от попадания влаги защищен дополнительной внешней мембраной. Все телефонные аппараты типа СТА снабжаются дополнительной телефонной трубкой типа ДТ-Ф для второго уха. На прикладываемые к уху части трубок надеты мягкие резиновые заглушки для их изоляции от шума.

В качестве источников вызывного тока в приборах безбатарейной телефонной связи применяется индуктор, представляющий собой магнитоэлектрическую машину переменного тока ручного действия. В качестве звукового сигнала вызова используется поляризованный звонок переменного тока, механизм которого устанавливается в телефонный аппарат либо коммутатор [2].

Необходимо отметить все возрастающее применение на судах безбатарейной телефонии, с успехом конкурирующей с батарейной и в ряде случаев ее вытеснившей.

Это объясняется тем, что безбатарейная телефония при одинаковых технических параметрах с батарейной телефонией имеет большое преимущество перед ней вследствие отсутствия источника питания и простоты самой схемы.

Недостатками, является низкое качество телефонной связи с судовыми помещениями, имеющими высокий уровень акустических помех. Кроме того, вследствие низкого уровня сигнала не обеспечивается циркулярное соединение большого числа абонентов.

В дальнейшем развитие систем внутрикорабельной связи будет определяться достижениями в области оптоэлектроники на базе волоконно-оптической техники.

Но будущее конечно же за корабельными автоматическими телефонными станциями (КАТС). Цифровая АТС – это современная телефонная станция, в которой коммутация и управление являются полностью цифровыми, что позволяет бесконечно расширять перечень ее функций и возможностей. Сигнал, идущий от первоисточника, оцифровывается в отделе абонентского комплекта и передается внутри АТС и между автоматическими телефонными станциями в цифровом виде. Это является гарантией отсутствия затухания и минимизирует помехи, независимо от длины пути сигнала. Универсальность цифровых АТС заключается в том, что путем изменения конфигурации программного обеспечения можно создавать системы с большим спектром функций, в зависимости от нужд и требований потребителя.

Главное достоинство современных цифровых АТС- это большое число функций и возможностей.

Корабельная автоматическая цифровая телефонная станция П-443Э предназначена для обеспечения автоматической телефонной связью надводных кораблей и судов, подводных лодок всех классов и других объектов. Благодаря модульной конструкции и сетевой архитектуре позволяет обеспечить абонентскую емкость станции от 16 до 2048 абонентов, включая аналоговые соединительные линии с береговыми АТС.

#### Список литературы

1. Каракаев А.Б., Туленинов В.М. Внутрикорабельные технические средства связи, их ремонт и эксплуатация. – СПб, 2005
2. РД 31.21.30-97. Нормативный документ. Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций. – М, 1997

#### К вопросу об экологической составляющей при выборе автономного источника теплоснабжения

*Гринкруг Н.В., Костиков С.А.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», Россия, г. Комсомольск-на-Амуре*

Одним из важных вопросов в строительстве и эксплуатации индивидуальных жилых домов является выбор автономного источника теплоснабжения. Буквально пару десятков лет назад, в нашей стране выбор ограничивался только между централизованной или печной системой отопления. На сегодняшний день, существуют следующие системы отопления:

- 1) централизованная система отопления;
- 2) автономная система отопления. Наиболее известны следующие разновидности автономных систем отопления:
  - а) котельная на базе газовых котлов;
  - б) котельная на базе электрических котлов;
  - в) котельная на базе мазутных котлов;
  - г) котельная на базе твердотопливных котлов;
  - д) тепловые насосы.

На выбор системы отопления влияет множество факторов, среди которых, самыми главными являются доступное топливо и его цена за одну единицу. Так, в Хабаровском крае, наиболее экономически эффективным и выгодным является котел, работающий на каменном угле. Далее обращают внимание на стоимость покупки оборудования, его монтаж и эксплуатационные расходы на содержание системы. Реже всего, покупатели, рассматривают экологичность использования того или иного вида топлива и соответствующей для него системы отопления.

Сегодня, в России, рынок индивидуальных отопительных котлов переполнен различными фирмами-производителями, которые предлагают котлы, предназначенные для малоэтажных жилых домов, мощностью от 5 и до 300 кВт. На нашем рынке лидерами продаж являются немецкие (Viessmann) и финские (JAMA) производители. Но даже среди лидеров, которые являются эталоном качества в производстве котлов, в технических характеристиках не указываются возможные выбросы вредных веществ в атмосферу. Данная информация особенно актуальна для России, так как на период 2012 г., в 69% городов степень загрязнения воздуха оценивается как очень высокая, в 14% городов высокая, и только в 17% городов — как низкая. Таким образом, 38% городского населения проживает на территориях, где не проводятся наблюдения за загрязнением атмосферы, а 55% — в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферы, в которых проживает около 58,0 млн. человек [1]. Основными источниками загрязнения воздушного бассейна России являются теплоэнергетика, предприятия черной и цветной металлургии, нефтедобычи и нефтехимии, автотранспорт [1].

Рост строительства индивидуальных малоэтажных домов повлечет за собой рост количества индивидуальных котлов и выбросов вредных веществ в атмосферу. Именно поэтому является актуальным определение выбросов основных вредных веществ при использовании котельных на природном газе, каменном угле и мазуте. В расчете определяются выбросы оксидов азота  $\text{NO}_2$ , оксидов серы  $\text{SO}_2$ , оксидов углерода  $\text{CO}$  и выбросы твердых веществ от котельных, которые вырабатывают до 1 Гкал в час. Расчет был выполнен для города Комсомольска-на-Амуре (Хабаровский край) по методике [2].

Расчет выбросов оксидов  $\text{NO}_2$  азота при сжигании природного газа определяется по формуле:

$$M = V_p * Q_i^y * K_{\text{NO}_2}^y * V_k * V_t * V_a * (1 - V_y) * (1 - V_\delta) * K_{\text{п}}, \quad (1)$$

где  $V_p$  — расчетный расход топлива,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,  $Q_i^y$  — низшая теплота сгорания топлива,  $\text{МДж}/\text{м}^3$ ,  $K_{\text{NO}_2}^y$  — удельный выброс оксидов азота при сжигании газа,  $\text{г}/\text{МДж}$ ,  $V_k$  — безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки,  $V_a$  — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота,  $V_y$  — безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота,  $V_\delta$  — безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру,  $V_\delta$  — коэффициент пересчета.

$$M = 0,0375 * 35 * 0,044 * 1 * 1 * 1,225 * 1 * 1 * 1 = 0,07 \text{ г/с.}$$

Расчет выбросов оксидов  $\text{NO}_2$  азота при сжигании твердого топлива определяется по формуле:

$$M = V_p * Q_i^y * K_{\text{NO}_2}^M * V_t * V_a * (1 - V_y) * (1 - V_\delta) * K_{\text{п}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{NO}_2}^M$  — удельный выброс оксидов азота при сжигании мазута,  $\text{г}/\text{МДж}$ .

$$M = 0,0331 * 40 * 0,112 * 1 * 1,113 * 1 * 1 * 1 = 0,16 \text{ г/с.}$$

Расчет выбросов оксидов  $\text{NO}_2$  азота при сжигании мазута определяется по формуле:

$$M = V_p * Q_i^y * K_{\text{NO}_2}^T * V_y * K_{\text{п}}, \quad (3)$$

где  $K_{NO_2}^T$  — удельный выброс оксидов азота при сжигании твердого топлива, г/МДж.

$$M = 0,088 * 20 * 0,012 * 0,96 * 1 = 0,020 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов серы  $SO_2$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании природного газа, определяют по формуле:

$$M = 0,02B_p * S^y * (1 - \eta_{SO_2}'' ) * (1 - \eta_{SO_2}' ), \quad (4)$$

где  $B_p$  — расчетный расход топлива, м<sup>3</sup>/с,  $S^y$  — содержание серы в топливе на рабочую массу, %,  $\eta_{SO_2}''$  — доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц,  $\eta_{SO_2}'$  — доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле.

$$M = 0,02 * 0,375 * 0,00024 * 1 * 1 = 0,00000018 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов серы  $SO_2$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании мазута:

$$M = 0,02 * 0,314 * 0,02 * (1 - 0,02) * 1 = 0,000013 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов серы  $SO_2$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании каменного угля:

$$M = 0,02 * 0,088 * 0,02 * (1 - 0,15) * 1 = 0,0000029 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов углерода  $CO$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании природного газа определяется по формуле:

$$M = 10^{-3} * B * C_{CO} * (1 - \frac{q_4}{100}), \quad (5)$$

где  $B$  — расчетный расход топлива, м<sup>3</sup>/с,  $C_{CO}$  — выход оксида углерода при сжигании топлива, г/кг (г/нм<sup>3</sup>),  $q_4$  — потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %.

$$M = 10^{-3} * 0,0375 * 3,50 * (1 - \frac{0}{100}) = 0,000131 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов углерода  $CO$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании мазута:

$$M = 10^{-3} * 0,0314 * 5,2 * (1 - \frac{0,1}{100}) = 0,00016 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество оксидов углерода  $CO$ , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании каменного угля:

$$M = 10^{-3} * 0,088 * 10 * (1 - \frac{1,66}{100}) = 0,00086 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива)  $M_{тв}$ , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов при сжигании мазута определяется по формуле:

$$M = 0,01B_p \left( a_{ун} * A^r + q_4 * \frac{Q_i^y}{32,68} \right) * (1 - \eta_3), \quad (6)$$

где  $B_p$  – расчетный расход топлива, м<sup>3</sup>/с,  $A^r$  – зольность топлива на рабочую массу, %,  $a_{ун}$  – доля золы, уносимой газами из котла, %,  $q_4$  – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %,  $\eta_3$  – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, %,  $Q_i^y$  – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг,  $32,68$  – теплота сгорания углерода, МДж/кг.

$$M = 0,01 * 0,0314 \left( 0,95 * 0,04 + 0,1 * \frac{40}{32,68} \right) * (1 - 0,8) = 0,000010 \text{ г/с.}$$

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива)  $M_{тв}$ , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов при сжигании каменного угля:

$$M = 0,01 * 0,088 \left( 0,95 * 0,15 + 1,66 * \frac{20}{32,68} \right) * (1 - 0,8) = 0,00020 \text{ г/с.}$$

Для определения максимальной концентрации вещества при его рассеивании  $C$ , необходимо перевести г/с в мг/м<sup>3</sup> по следующей формуле:

$$C = \frac{A * M * F * n * m * \eta}{H^2 * \sqrt[3]{V * \Delta T}}, \quad (7)$$

где  $A$  – показатель стратификации атмосферы, принимаем = 200,  $M$  – выброс вредного вещества, г/с,  $F$  – коэффициент, учитывающий скорость осаждения вредных веществ, принимается для газов  $F=1$ , для твердых частиц  $F=3$ ,  $n, m, \eta$  – безразмерные коэффициенты, принимаем  $n = m = \eta = 1$ ,  $H$  – высота трубы, м,  $\Delta T$  – разность температур газа и окружающей среды,  $V$  – объем газов, м<sup>3</sup>/с.

Все значения по суммарным выбросам вредных веществ, для большей информативности, сведены в таблицу 1.

Полученные значения максимальных концентраций вредных веществ, определенные по формуле 7, занесены в таблицу 2.

Предельно-допустимый выброс вредных веществ определяем по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) * H^2 * \sqrt[3]{V * \Delta T}}{A * M * F * n * m * \eta}, \quad (8)$$

где  $ПДК$  – предельно-допустимая концентрация вредного вещества, мг/м<sup>3</sup>,  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация вещества, принимаем  $C_{\phi} = 0$ .

Полученные значения, для большей информативности, занесем в табличную форму (таблица 3).

Таблица 1. Суммарные выбросы вредных веществ при выработке 1 Гкал/час

Вид топлива	Вредные вещества			
	Оксид азота NO <sub>2</sub> , г/с (т/г)	Оксид серы SO <sub>2</sub> , г/с (т/г)	Оксид углерода CO, г/с (т/г)	Твердые вещества, г/с (т/г)
Природный газ	0,07 (2,20)	0,00000018 (0,00000568)	0,000131 (0,04)	-
Топочный мазут	0,16 (4,73)	0,000013 (0,00041)	0,00016 (0,0050)	0,000010 (0,00031)
Каменный уголь	0,020 (0,63)	0,0000029 (0,000091)	0,00059 (0,0186)	0,00020 (0,0063)

Таблица 2. Максимальные концентрации вредных веществ при выработке 1 Гкал/час

Вид топлива	Вредные вещества			
	Оксид азота NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Оксид серы SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Оксид углерода CO, мг/м <sup>3</sup>	Твердые вещества, мг/м <sup>3</sup>
Природный газ	0,011	0,00000003	0,000021	-
Топочный Мазут	0,02	0,0000023	0,000029	0,000010
Каменный уголь	0,013	0,0000020	0,00059	0,00041

Таблица 3. Предельно допустимый выброс вредных веществ при выработке 1 Гкал/час

Вид топлива	Вредные вещества			
	Оксид азота NO <sub>2</sub> , г/с	Оксид серы SO <sub>2</sub> , г/с	Оксид углерода CO, г/с	Твердые вещества, г/с
Природный газ	0,51	3,01	30	-
Топочный мазут	0,46	2,72	27,2	0,90
Каменный уголь	0,48	0,72	7,2	0,240

По полученным данным таблиц 1 и 3 можно сделать вывод о том, что выбросы при выработке 1 Гкал в час не превышают предельно допустимых показателей и соответствуют нормам [3]. Наиболее экологически чистым котлом является котел, работающий на природном газе. Наибольший выброс вредных веществ в атмосферу производит котел, работающий на топочном мазуте.

#### Список литературы

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Экология\\_России](http://ru.wikipedia.org/wiki/Экология_России)
2. [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/7/7042/](http://www.infosait.ru/norma_doc/7/7042/)
3. ГН 2.1.6.695-98. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1998. – 4 с.

#### Экологические показатели Улан-Удэнской ТЭЦ-1 на основе энергоаудита

*Дамбиев Ц.Ц., Ганбаатар Ш., Баранова Е.А., Сафронов Е.В.*

[sh\\_gnbtr@yahoo.com](mailto:sh_gnbtr@yahoo.com)

#### Введение

Данное исследование является частью Программы энергосбережения Республики Бурятия. В качестве объекта исследования была выбрана Улан-Удэнская ТЭЦ-1. Рекомендации эколого-

энергетического обследования ТЭЦ-1 послужили основанием для практической реализации модели повышения энергоэффективности систем теплоснабжения города Улан-Удэ в Республике Бурятия. Улан-Удэнская ТЭЦ-1 является основным теплоснабжающим предприятием г. Улан-Удэ. Годовой отпуск тепловой и электрической энергии станции составляет около 2200 ГВт\*ч, где около 90% приходится на тепловую энергию, а отпуск электроэнергии составляет 10%. ТЭЦ-1 обеспечивает тепловой энергией 50% потребителей г. Улан-Удэ. Оборудование ТЭЦ-1 устарело и имеет низкую эксплуатационную надежность. По этой же причине уровень вредных выбросов в атмосферу высок, что особенно недопустимо в виду того, что ТЭЦ-1 расположена в центральной части города.

Наилучшим решением является реконструкция ТЭЦ-1 в короткий срок, которая может быть выполнена при относительно низких затратах. Выполнение такой задачи позволит покрыть существующий дефицит тепла в городе (до момента пуска в эксплуатацию новых энергоблоков ТЭЦ-2) и снизить до нормы концентрацию вредных выбросов в атмосферу, которая составляет недопустимо высокий уровень в настоящее время.

Суммарная установленная электрическая мощность станции составляет 118 МВт, а установленная тепловая мощность - 1160 МВт (997 Гкал/ч). Несмотря на высокую установленную мощность, станция не может покрыть потребность в тепловой энергии, которая составляет в январе 840 Гкал/ч. В результате этого, потребители вынуждены использовать в целях отопления более дорогой теплоноситель - электроэнергию.

Причины снижения мощности ТЭЦ-1 и предложения по её восстановлению.

По результатам энергоаудита ТЭЦ-1 не может достичь номинальной мощности по следующим основным причинам:

- недостаточный контроль температурного режима воздухоподогревателей паровых котлов;
- использование угля низкого качества по сравнению с проектным;
- низкая надежность работы питателей сырого угля (ПСУ);
- низкая надежность работы регуляторов питания котла (РПК);
- неустойчивый режим работы золоулавливающих установок, частые аварии на котлоагрегатах и паровых турбинах.

В 2011 году коэффициент нагрузки для паровых котлов составил 0,33. Для того, чтобы покрыть спрос на тепло без использования пиковых водогрейных котлов, паровые котлы должны работать с коэффициентом нагрузки равным 0,47. Чтобы достичь такой величины необходимы восстановление и реконструкция оборудования, а также выполнение следующих мероприятий:

- капитальный ремонт котлоагрегатов и паровых турбин;
- замена поврежденных блоков воздухоподогревателей;
- восстановление калориферов котлов;
- восстановление ПВД;
- сжигание угля с более высокой теплотворной способностью;
- реконструкция питателей сырого угля;
- модернизация регуляторов питания котла;
- автоматизация орошения золоулавливающих установок;
- внедрение объединенной информационной системы;
- обучение персонала.

Анализ затрат на топливо и возможности их сокращения

Цены топлива, которые использовались на Улан-Удэнской ТЭЦ-1 в 2011 году показаны на рис.1. Видно, что самым дешевым топливом является Окино-Ключевской уголь. Мазут имеет самую высокую цену за 1 Гкал.

После выполнения реконструкции сжигание мазута на водогрейных котлоагрегатах будет прекращено. Ситуация еще улучшится, если Тугнуйский уголь тоже будет замещен Окино-Ключевским углем. Такие нововведения повысят эффективность ТЭЦ-1.

В прошедшем году 14% тепловой энергии было выработано пиковыми водогрейными котлами, на которых было израсходовано 37 500 тонн мазута, в то время как на паровых котлах было сожжено только 6 200 тонн мазута. Следовательно, пиковые котлы могут быть выведены из работы в резерв, и расход мазута при этом сократится с 43 740 до 6200 тонн в год, что составит лишь 1,8% от теплотворной способности сжигаемого топлива.

По данным энергоаудита потери тепла с механическим недожогом составляют 3,3%, когда норма таких потерь для данных котлов не должна превышать 0,7%. Для сокращения потерь с химнедожогом и мехнедожогом необходимо внедрить систему КИП и Автоматики для контроля и

регулирования содержания кислорода на выходе из топки. Такая система позволит поддерживать оптимальные расходы и соотношения первичного и вторичного воздуха, повышая таким образом КПД котлоагрегатов не менее, чем на 2%. Расходы топлива при этом сократятся приблизительно на 26 миллионов рублей, а затраты на внедрение системы составят всего 18 миллионов рублей. Таким образом, благодаря увеличению объема продаж и сокращению затрат на топливо чистая прибыль возрастет почти вдвое при тех же самых затратах на топливо. Относительный прирост прибыли при этом составит 11,1% от объема продаж.

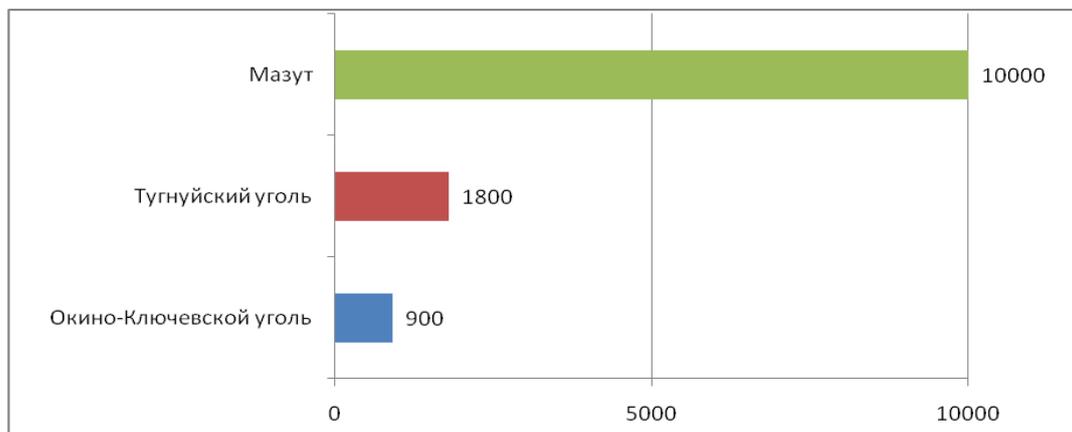


Рис.1. Цена единицы теплоты сгорания топлива, руб/Гкалл

Улучшение экологических показателей

*Снижение выбросов окислов серы, окислов азота и твердых частиц*

В настоящее время выброс вредных веществ в атмосферу является одной из важных проблем энергетики Бурятии. Недопустимо высокий уровень выбросов производится на ТЭЦ-1, особенно, твердых частиц. Это связано с тем, что мокрые золоуловители, которые установлены на станции уже не соответствуют современным экологическим требованиям. Более того, коэффициент улавливания золы снижается из-за неустойчивого режима орошения скрубберов. Поэтому, с целью снижения выбросов твердых частиц в атмосферу предлагается выполнить следующие мероприятия:

- Автоматизация процесса орошения золоулавливания на котле № 11
- Установка кольцевого эмульгатора на котле № 8
- Установка системы экологического контроля на котле № 8

В перспективе, в связи с возрастающими экологическими требованиями, аналогичное оборудование предполагается установить на всех остальных котлоагрегатах. Был рассмотрен вопрос о возможности снижения выбросов твердых частиц на остальных котлоагрегатах при сравнительно низких затратах, то есть без реконструкции существующих мокрых золоуловителей. При этом было выявлено, что основной причиной низкой эффективности улавливания золы является неустойчивый режим процесса орошения скрубберов (срыв мокрой плёнки). В связи с этим было принято решение установить контрольно-измерительное оборудование, которое позволит автоматизировать процесс орошения скрубберов и снизить концентрация твердых частиц в дымовых газах. В комплексе установка эмульгаторов на котлоагрегате № 8 и автоматизация орошения скрубберов на других котлоагрегатах позволят снизить концентрацию выбросов золы на 56%.

Необходимо отметить, что несмотря на увеличение отпуска энергии, относительный объем вредных выбросов сократится благодаря более высокому качеству сжигаемого угля и сокращению использования мазута. Наибольшее содержание серы имеет мазут. Установка дополнительного вентилятора рециркуляции дымовых газов на каждом котлоагрегате позволит уменьшить выбросы окислов серы и азота. Кроме того, с повышением коэффициента мощности паровых котлоагрегатов упадет необходимость использования пиковых водогрейных котлоагрегатов, которые работают на мазуте, в результате чего значительно сократится выброс окислов серы.

Содержание золы на 1 Гкал теплоты сгорания топлива сократится на 9,9%, а серы на 61,5%. Ожидается что удельное содержание твердых частиц и окислов серы в дымовых газах сократится

приблизительно в такой же пропорции как показано на рис.2. Сокращение выбросов окислов азота также будет иметь место благодаря внедрению схемы рециркуляции дымовых газов, которая предусматривает подачу дымовых газов в первичный воздух. Такой метод широко используется во всем мире, он позволяет снизить концентрацию окислов азота в дымовых газах до 30%. Предполагается, что в рассматриваемом случае их концентрация сократится до 20%.

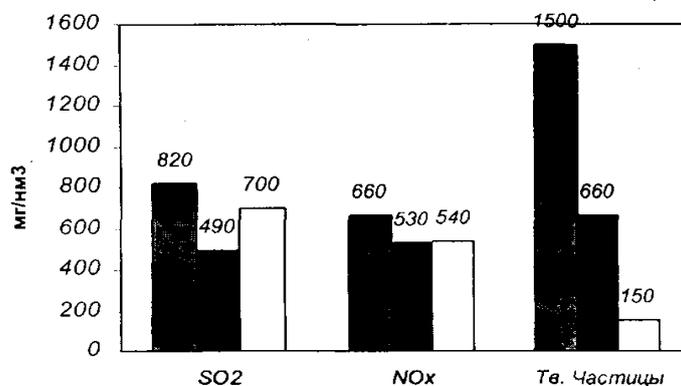


Рис.2. Концентрация выбросов окислов серы, окислов азота и твердых частиц в дымовых газах.

Предлагаемая реконструкция ТЭЦ-1 позволит улучшить не только экономические показатели, но и экологические. Особенно в значительной степени сократятся выбросы в атмосферу твердых частиц и окислов серы.

#### **Сокращение эмиссии двуокиси углерода**

После реконструкции ТЭЦ-1, несмотря на повышение КПД станции на 2%, годовое потребление условного топлива возрастет на 114 290 тонн в год, так как отпуск тепла со станции увеличится на 30%. Однако, благодаря увеличению отпуска тепла, произойдет замещение электроэнергии, которая используется потребителями для отопительных целей, более дешевой тепловой энергией в горячей воде. Потребители города Улан-Удэ, используют на отопительные цели 419 000 МВт\*ч (360 000 Гкал) электроэнергии, на производство которой используется 153350 тонн условного топлива в год на Гусиноозерской ГРЭС. В результате замещения электрической энергии тепловой сократится совокупный объем, потребления условного топлива на вышеуказанных тепловых электростанциях, величина снижения которого составит 39 060 тонн в год или 1,46% объема всего топлива сжигаемого в Бурятии в энергетических, отопительных и промышленных котлоагрегатах. Удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию с Гусиноозерской ГРЭС составляет 376 г/кВт\*ч, а удельный расход отпущенной тепловой энергии с ТЭЦ-1 150 г/кВт\*ч. В результате совокупного снижения потребления угля и мазута выброс эмиссий CO<sub>2</sub> сократится на 91 610 тонн в год.

#### **Список литературы**

1. Дамбиев Ц.Ц. Основы энергосбережения в ЖКХ. Учебное пособие, издательство БГСХА. 2011 г. 209 стр.
2. Дамбиев Ц.Ц. Охрана окружающей среды в энергетике Байкальского региона. Монография. Бурятское государственное книжное издательство. 1998 г, 211 ст.
3. Дамбиев Ц.Ц. Организация мониторинга воздушного бассейна тепловой электрической станции // Вестник Восточно-Сибирского Государственного Университета Технологий и Управления. – Ула-Удэ: ВСГУТУ, 2012, №2. –С.31-34.
4. <http://esstu.ru>

#### **Новые методики определения ионов тяжелых металлов в сточных водах для дальнейшего мониторинга**

***Елина В.В., Садомцева О.С., Шакирова В.В., Бровко Е.В., Кожина А.Д.***

*Астраханский государственный университет, Россия, г. Астрахань*

[fibi\\_cool@list.ru](mailto:fibi_cool@list.ru)

Вода - ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Огромное значение вода имеет в промышленном и сельскохозяйственном производстве. Общеизвестна необходимость ее для жизненных

потребностей человека, растений и животных. Для многих живых существ она служит средой обитания. Ежегодный расход воды на земном шаре по всем видам водоснабжения составляет 3300-3500 км<sup>3</sup>. Дефицит пресной воды уже сейчас становится мировой проблемой. Все более возрастающие потребности в воде заставляют ученых всего мира искать разнообразные средства для решения этой проблемы.

Круговорот воды в природе - это долгий путь ее движения. Он состоит из нескольких стадий: испарения, образования облаков, выпадения дождя, стока в ручьи и реки и снова испарения. На всем своем пути вода сама способна очищаться от попадающих в нее загрязнений - продуктов гниения органических веществ, растворенных газов и минеральных веществ, взвешенного твердого материала. Но эта способность самоочищения не безгранична. Сейчас мы подошли к этой грани вплотную. За последние годы на экологические системы обрушились огромные количества токсичных веществ, от которых они не способны защитить себя самостоятельно. И в основном это неочищенные или плохо очищенные сточные воды.

Очистка сточной воды - один из важнейших факторов здоровья человека, а ее источники подвергаются антропогенному и техногенному воздействию разной интенсивности. Проблема качества воды затрагивает очень многие стороны жизни человеческого общества в течение всей истории его существования. В настоящее время сточная вода - это проблема социальная, политическая, медицинская, географическая, а также инженерная и экономическая.

Наряду с проблемой качества воды, также возникает проблема идентификации загрязняющих веществ и очистки ее от токсикантов. В связи с этим одним из важнейших вопросов экологической химии является определение ионов тяжелых металлов в промышленных сточных водах. При решении этой задачи используются химические, физико-химические, биологические и термические методы. Одним из наиболее распространенных методов определения ионов металлов в промышленных сточных водах является спектрофотометрический метод. Так же физико-химический подход является актуальным для создания новых систем идентификации ионов тяжелых металлов в сточных водах. В связи с этим возникает необходимость в теоретических и экспериментальных исследованиях, направленных на разработку эколого-химических основ новых высокоэффективных методов обнаружения ионов тяжелых металлов в производственных стоках.

В качестве объекта исследования нами были выбраны ионы тяжелых металлов, а именно  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , которые пагубно влияют на здоровье человека. В основе многих спектрофотометрических методик определения ионов металлов лежат реакции комплексообразования их с различными органическими реагентами.

Таблица 1. Таблица результатов исследования

	$\text{Me}^{n+}$	Ind	Орг.реагент	$\lambda$ , нм	$l$ , см	pH
.	$\text{Fe}^{3+}$	пирокатехиновый фиолетовый (ПКФ)	тиамин	640	1	6
.	$\text{Cu}^{2+}$	Диметилглиоксим (ДМГ)	аскорбиновая кислота	400	1	6
.	$\text{Co}^{2+}$	Диметилглиоксим (ДМГ)	дофамин	500	1	9
.	$\text{Fe}^{2+}$	бромфеноловый синий (БФС)	пиридоксин	440	1	7

В ходе исследования были изучены физико-химические закономерности процесса комплексообразования ионов тяжелых металлов с органическими реагентами: определены термодинамические параметры реакций, проведены стехиометрические расчеты реагентов и образующихся комплексных соединений, изучена кинетика химических реакций, проходящих в водных растворах, определены пиковые концентрации ионов в промывных стоках.

Таблица №2. Таблица результатов исследования физико-химических свойств

№	$\text{Men}^{+}$	C, г/л	$\epsilon$	T, K	$\tau$ , мин	Уравнение градуировочной кривой
1.	$\text{Fe}^{3+}$	10-5 - 7* 10-4	4,75·103	273	240	$y=(0.161\pm 0.074)+(0,320\pm 0.0127x$
2.	$\text{Cu}^{2+}$	2,5*10-5 - 8* 10-4	4,27·103	298	180	$y = 0,12 + 0,15x$
3.	$\text{Co}^{2+}$	5*10-5 - 8* 10-4	2·103	298	300	$y=(0,0059\pm 0,0003)+(0,1067\pm 0,040)x$
4.	$\text{Fe}^{2+}$	10-5 - 9*10-4	4,6·103	298	280	$y = (0,220\pm 0,023) + (0,531\pm 0,154) x$

Согласно результатам представленным в таблице 2, время жизни исследуемых комплексов, достаточно высоко, область определения ионов металлов лежит в широком интервале концентраций. Таким образом, образование достаточно устойчивых окрашенных комплексных соединений позволяет в дальнейшем разработать достаточно чувствительные, доступные и оригинальные методики определения ионов тяжелых металлов по светопоглощению комплекса.

#### Список литературы

1. Хабарова О.В., Елина В.В., Данилова М.С., Великородов А.В., Тырков А.Г. «Определение тетрациклина реакцией с молибденом и люмогаллионом»// Научно-технический журнал «Химия и химическая технология». вып. 2. - Иваново. Из-во: ИГХТУ, 2013 г. –с 29-31.
2. Карибьянц М.А., Мажитова М.В.. «Исследование возможности определения эмоксипина с м-крезолфталеконом SA и в присутствии ионов железа»// «Естественные науки», №1. – Астрахань. Из-во: «Астраханский университет», 2009 г. –с 33-40.
3. Калюжина А., Карибьянц М.А., Мажитова М.В., Утеулиева Г.К. « Исследование влияния ионов меди на равновесия в растворах лидокаина»// «Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии», вып.7. – Саратов. Из-во: «КУБиК», 2010 г. –с 139-141.
4. Беспаятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985.– с 528.

#### Оценка интенсивности воздействия автотранспорта на окружающую среду

*С.Н. Ефремова*

*Павлодарский нефтегазовый колледж, Республика Казахстан, г. Павлодар*

[mavya.kadyrova@mail.ru](mailto:mavya.kadyrova@mail.ru)

Проблемы интенсивности движения автотранспорта решаются с учетом пропускной способности магистралей, необходимости освобождения центрального района города от всех видов транспорта, кроме общественного и специального: органов внутренних дел, корой помощи, пожарных, уборочных, доставляющих продукты и товары в детские учреждения и магазины [1]. Во многих странах вводятся ограничения по времени движения транспорта в отдельных районах города по времени суток, дням недели, сезонам. Применяют также и плату за въезд или пользование дорогами.

В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. Несоответствие транспортных средств экологическим требованиям при продолжающемся увеличении транспортных потоков и плохих дорожных условиях приводит к постоянному возрастанию загрязнения атмосферного воздуха, почв и водных объектов.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 20 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, оксиды азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бенз(а)пирен и бензоантроцен). При этом, наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98%, окиси углерода соответственно - 5,1% и 13,8%. Подсчитано, то среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и насыщает ее 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота [2].

Целью исследований являлась оценка интенсивности техногенного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, разработка методов оценки и управления загрязнением биосферы промышленного центра выбросами токсичных веществ автотранспортом и создание банков данных по выбросам автотранспорта.

Поставленная цель достигалась решение следующих задач: разработка методов оценки экологической ситуации и организации экологического мониторинга промышленного центра на примере города Павлодара путем обработки статистических данных по выбросам в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом; проведение исследований по загруженности транспортных потоков городской территории и создание базы данных по параметрам выбросов загрязняющих веществ автотранспортом; проведение расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере города на основе созданных банков данных по выбросам автотранспорта.

Важным аспектом оценки интенсивности влияния на окружающую среду является оценка загруженности участка улицы автотранспортом в зависимости от его видов, а также оценка уровня загрязнения приземного слоя атмосферы выбросами автотранспортных средств (по концентрации оксида углерода).

Интенсивность движения автотранспорта производится методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 1 часу (60 минут) в каждом из сроков замеров, в 8, 13, 17 часов. Загруженность движения на улице Лермонтова представлена в таблице 1.

**Таблица 1.** Загруженность автотранспортом на улице Лермонтова

Время	Тип автомобиля	Число единиц
8 <sup>00</sup> - 9 <sup>00</sup>	Легкий грузовой	3
	Средний грузовой	2
	Тяжелый грузовой	-
	Автобус	14
	Легковой	157
13 <sup>00</sup> - 14 <sup>00</sup>	Легкий грузовой	6
	Средний грузовой	4
	Тяжелый грузовой	-
	Автобус	11
	Легковой	109
17 <sup>00</sup> - 18 <sup>00</sup>	Легкий грузовой	8
	Средний грузовой	3
	Тяжелый грузовой	-
	Автобус	9
	легковой	118

На каждой точке учета производится оценка улицы: Тип улицы - магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой двух сторон; Уклон - 2; Скорость ветра - 4-4,5 м/с; Влажность воздуха - 69% (примерно будет 70%).

Итогом работы является суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ - 17.2.2.03-77:

Низкая интенсивность движения 2,7-3,6 тыс. автомобилей в сутки;

Средняя интенсивность движения 8-17 тыс. автомобилей в сутки;

Высокая интенсивность движения 17-27 тыс. автомобилей в сутки.

Загрязнение атмосферного воздуха отработавшими газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, мг/м<sup>3</sup> [3]. Исходными данными для работы служат показатели, собранные во время проведения оценки загруженности улицы автотранспортом.

Оценку уровня загрязнения приземного слоя атмосферы по концентрации оксида углерода определили по формуле - формула оценки концентрации углерода ( $K_{CO}$ ):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 * NK_T) * K_A * K_Y * K_C * K_B * K_{\Pi}$$

где 0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха не транспортного происхождения, мг/м<sup>3</sup>; N - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобилей в час;  $K_T$  - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух CO;  $K_A$  - коэффициент, учитывающий аэрацию местности;  $K_Y$  - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха CO в зависимости от величины продольного уклона;  $K_C$  - коэффициент, учитывающий изменение концентрации углерода в зависимости от скорости ветра;  $K_B$  - коэффициент относительной влажности воздуха;  $K_{\Pi}$  - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха CO у пересечений.

На основании проведения практических расчетов и экспериментальных наблюдений, в ходе исследования пришли к выводу, что необходимо провести информационное обеспечение по установлению загрязнения автотранспортом. Что позволило бы нам в более короткие сроки узнать

полную достоверную информацию с помощью баз данных, которые базируются на теоретических основах их проектирования. На основании собранных материалов создали базу данных. В базу данных вошла такая информация, как количество автотранспорта, динамика выбросов и др.

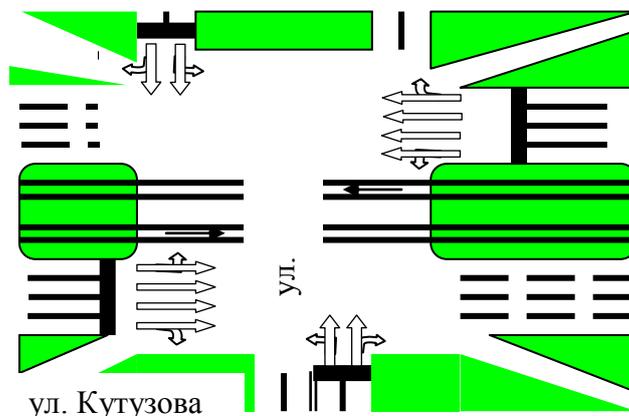


Рисунок 1. Участок обследования интенсивности транспортных потоков

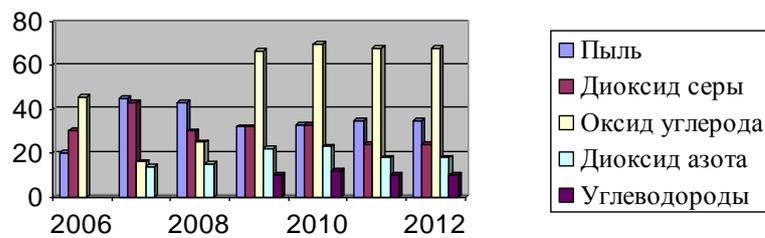


Рисунок 2. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Для создания базы данных по параметрам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу г. Павлодара производились измерения интенсивности транспортных потоков и распределение по категориям автомобилей семи основных магистралей города.

Для повышения достоверности результатов исследований, транспортные магистрали, выбранные как линейные источники загрязнения атмосферы, разбивались на отдельные квадраты с определенной плотностью потока автотранспорта. Анализ результатов показывает, что вклад в уровень загрязнения атмосферы г. Павлодара выбросами автотранспорта по оксидам азота ( $\text{NO}_x$ ) и углеводородам по всей территории составляет 0,1 ПДК и 0,05 ПДК соответственно, а на отдельных участках, где плотность потока наибольшая - 0,2 ПДК. Наиболее неблагоприятная картина складывается по загрязнению оксидами углерода (СО), когда уровень загрязнения на основной территории составляет 0,5 ПДК, а в отдельных случаях (ул. Камзина, ул. Ак. Сатпаева) достигает 2,0 ПДК.

Поэтому разработка средств контроля и управления качеством окружающей среды, уменьшение загрязнения атмосферы токсичными веществами, выделяемыми автомобильным транспортом является главной задачей.

В результате анализа литературных данных, проведения экспериментальных замеров определена экологическая ситуация в г. Павлодаре, сложившаяся в результате воздействия вредных выбросов автотранспорта. Изучена динамика изменения суммарных выбросов в атмосферу с учетом «вклада» автотранспорта, которая свидетельствует о том, что происходит рост загрязнения атмосферного воздуха по отдельным веществам.

Проведенные исследования показали, что экологическая обстановка в городе на основных автомагистралях и прилегающих к ним дорогам, не достаточно ровная. В течение дня автомобильным транспортом выбрасывается огромное количество вредных веществ загрязняющих не только атмосферу, но и гидросферу с литосферой города Павлодара. И этот вред можно сопоставить с воздействием крупных предприятий региона на экологическую обстановку области. Благодаря метеорологическим условиям и расположению города атмосфера

самоочищается, но необходимо обратить внимание на то, что в весенне-летний период состояние ее всегда ухудшается, и, не принимая необходимых мер, город с каждым годом, будет "задышаться", особенно в теплую, тихую, безветренную погоду.

Оценка состояния окружающей среды, проведенная на основе обработки литературных данных, статистической отчетности предприятий и собственных практических исследований свидетельствует о напряженной экологической обстановке в городе Павлодаре. Установлено, что одним из основных источников загрязнения атмосферы промышленного центра является автотранспорт, вклад которого составляет 40% от суммарного загрязнения города Павлодара. Исследование по загруженности транспортных магистралей города позволили выявить 7 основных из них, произвести распределение автотранспорта по категориям и на основе натурных обследований структуры и интенсивности потока и начать создание банка данных по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу. Анализ результатов показывает, что вклад в уровень загрязнения атмосферы города Павлодара выбросами автотранспорта по окислам азота и углеводородам по всей территории составляет 0,1 ПДК и 0,05 ПДК соответственно, а на отдельных участках, где плотность потока наибольшая - 0,2 ПДК. А наиболее неблагоприятная картина складывается по загрязнению оксидами углерода, когда уровень загрязнения на основной территории составляет 0,5 ПДК, а в отдельных случаях (ул. Чокина, ул. Ак. Сатпаева) достигает 2,0 ПДК. Предложен принцип экологического мониторинга, обеспечивающий управление качеством воздушного бассейна, на основании созданных баз данных параметров выбросов загрязняющих веществ автотранспорта. Плата за выбросы загрязняющих веществ представляет собой компенсацию за экономический ущерб от загрязнения окружающей среды, вследствие этого экономическая эффективность возрастет за счет взимания экологического налога, если это распространить и на личный транспорт автовладельцев, а не только взимать налог с автотранспорта природопользователей.

Нельзя прекратить выпуск и эксплуатацию транспорта, как нельзя затормозить прогресс, но можно и нужно разрабатывать мероприятия по уменьшению загрязнения окружающей среды, не допуская экологической обстановки. Но, рассмотрев проблему с технологической точки зрения можно предложить следующие пути сокращения воздействия автотранспорта на экологию города Павлодара: оптимизация движения городского транспорта; разработка альтернативных энергоисточников; дожигание и очистка органического топлива; создание (модификация) двигателей, использующих альтернативные топлива; а также - повысить культуру эксплуатации автомобилей. Количество неисправных автомобилей, находящихся в эксплуатации до сих пор весьма велико.

#### Список литературы

1. Аксенов И.Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. - М.: Транспорт - 1999.
2. Болбас М.М. и др. Основы промышленной экологии: автомобильный транспорт. Изд. Высшая школа. Минск, 1998.
3. Экологическая безопасность транспортных потоков. Под редакцией Дьякова А.Б. Изд. Транспорт. Москва, 2007.

#### Исследование химической кинетики поглощения газового конденсата почвами Омской области

*Жемчужова Е.Ю.*

*Омский государственный технический университет, Россия, г.Омск*

[elena.17.02.83@mail.ru](mailto:elena.17.02.83@mail.ru)

Активное развитие нефтеперерабатывающей промышленности все больше создает проблем, связанных с загрязнением окружающей среды. Нефть и нефтепродукты являются одним из основных и крупномасштабных загрязнителей окружающей среды. Только по официальным данным, в России потери нефти и нефтепродуктов достигают почти 5 млн. т. в год; а в мире при добыче, транспортировке, хранении и использовании теряется около 50 млн. т. нефти и нефтепродуктов ежегодно [9].

Для России проблема ликвидации разливов нефти особенно актуальна, поскольку на ее территории в настоящее время эксплуатируется более 550 тыс. км трубопроводов [5].

Абсолютное большинство аварийных разливов нефти вызывают сильные и во многом необратимые повреждения природных комплексов. Почва, в отличие от атмосферного воздуха, владеет способностью аккумулировать разные загрязнения, которые попадают на нее. При утечках

значительного количества нефти, на начальной стадии происходит вертикальная миграция в глубокие слои почвы, вплоть до грунтовых вод. При таких обстоятельствах концентрация нефтепродуктов в почвах достигает такой величины, при которой начинаются негативные экологические изменения. Углеводороды нефти способны образовывать в процессе трансформации токсичные соединения, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами, что создает угрозу для здоровья человека [5]. На миграцию нефтяных компонентов в почву влияет большое количество факторов, таких как свойства принимающей среды (климатические условия, водно-термический режим, наличие или отсутствие мерзлоты, тип почвы, влажность почвы на момент загрязнения и особенности ее гранулометрического состава [7]). Именно они определяют скорость продвижения нефти, а вследствие этого – и соотношение процессов испарения и радиальной миграции, возможность применения технических средств для оперативного удаления углеводородов из почв.

Проблеме исследования проницаемости нефти и нефтепродуктов в почву уделяется достаточно много работ [7,2,6,8 и др.], однако Омской области в данных работах не уделено внимание. Особенно, если учесть, что магистральные нефтепроводы пересекают значительную территорию Омской области, почвы разнообразны по составу.

Из выше сказанного, актуальными являются исследования, направленные на изучение поглощающей способности почв относительно нефтепродуктов.

Целью проведенных исследований было определение способности разных почв поглощать нефтепродукты, в частности газовый конденсат.

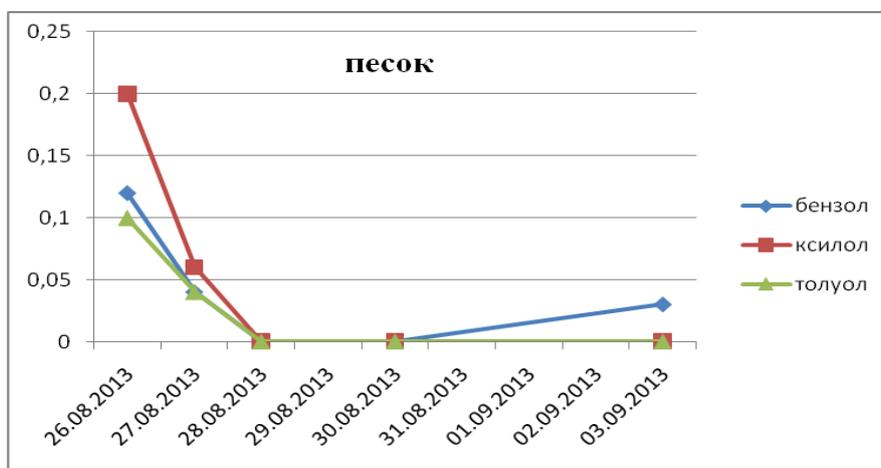
Для изучения кинетики поглощающей способности почв нами предварительно было отобрано три образца почвы, преобладающих на территории Омской области: черноземы обыкновенные, глинистая и песчаная. В качестве нефтепродукта использовали машинное масло класса вязкости 5W40.

К наиболее активным и быстродействующим токсикантам относятся бензол, ксилол, толуол и др. [4].

В связи с этим, было проведено исследование зависимости поглощающей способности почв ксилола, толуола и бензола от времени поглощения и вида почвы.

Для определения данной зависимости использовался геохимический метод, а именно метод с использованием переносных полевых приборов. Преимуществом этого метода является экспрессность как самих работ, так и получаемых результатов, что немаловажно для оперативного принятия мер при ликвидации нефтезагрязнений.

Исследование проводилось при помощи газоанализатора КОЛИОН-1В. Газоанализатор является удобным средством предварительного контроля загрязненности почвы нефтепродуктами и другими органическими веществами с целью определения мест максимальной загрязненности для проотбора и последующего анализа, оценки глубины проникновения загрязнителя в почву и пр. Для этого измеряется содержание загрязнителей в воздухе над поверхностью почвы. Превышение измеренных значений над фоновым указывает на наличие загрязнителя в исследуемой точке.

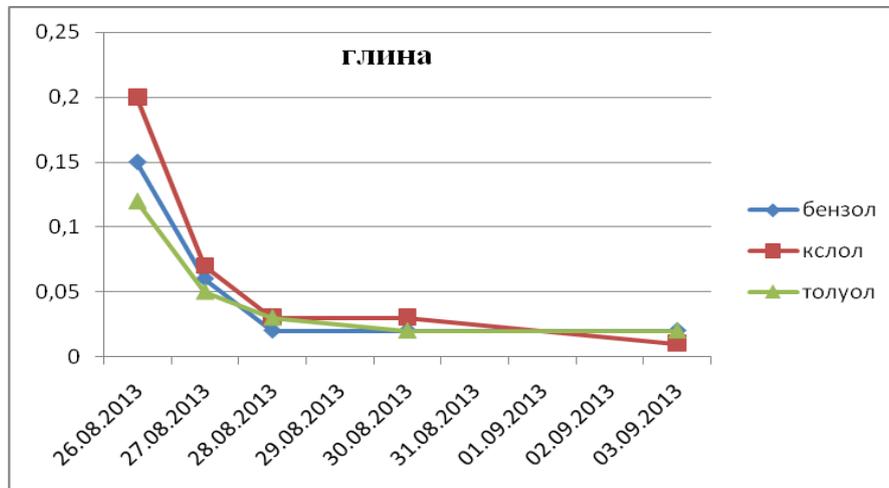
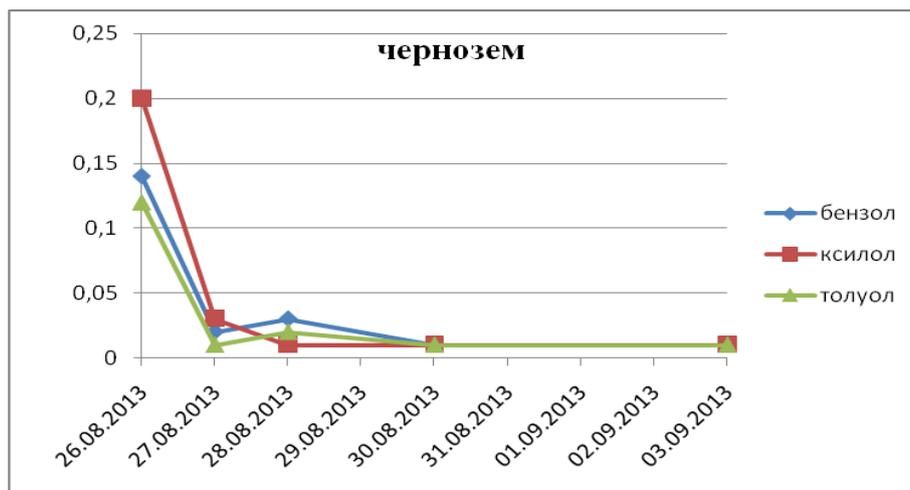


Благодаря быстродействию прибора обследование даже больших площадей может быть выполнено за короткое время. [10]

На основе полученных результатов построены графические зависимости.

Кинетика поглощения всех видов почв характеризуется постоянной скоростью радиального продвижения в первые моменты от начала эксперимента, с постепенным замедлением поглощения до установленного равновесия [1].

Кинетика поглощения песчаной почвы характеризуется достаточно быстрой радиальной трансформацией нефтепродукта. Тогда, как поглощение глинистой почвы очень медленное. Это подтверждается определенным количеством газового конденсата на поверхности с течением времени в отличии от песчаной почвы.



Таким образом, проведенные исследования показали, что песчаные почвы интенсивно поглощают газовый конденсат. Для проникновения нефтепродукта в глинистую почву требуется в несколько раз больше времени, чем в песчаную. Чернозем занимает промежуточное положение по поглощению газового конденсата.

Следовательно, гранулометрический состав почвы влияет на миграционные процессы нефтепродуктов в ее поверхностные слои.

Эти результаты свидетельствуют, что время реагирования аварийно-спасательных подразделений на аварийные разливы (чтобы предотвратить проникновение нефтепродукта в глубинные слои почвы) будет зависеть от вида и строения почвы.

Для этого необходимо разработать оптимальный методический комплекс для идентификации основных источников загрязнения, а также определения уровня и динамики

техногенного воздействия на окружающую среду. Для полной достоверной информации о перемещении углеводородов необходимо сократить время.

#### Список литературы

1. Бенсон С. Основы химической кинетики: Пер. с англ. 1964.
2. Груздкова Р.Л., Сурнин В.А. Распространение нефтяного загрязнения в почве//Загрязнение почв и сопредельных сред. Труды ин-та экспер. метеорологии М.: Гидрометеоздат. 1990. – Вып. 17 (145).
3. Ю.С. Другов, А.А. Родин Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. Практическое руководство: 2-е изд., переаб. И доп. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 270с.: ил. – (Методы в химии)
4. Исмаилов Н.М. Современное состояние методов рекультивации нефтезагрязненных земель /Н.М. Исмаилов, Ю. И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. - С. 222 – 230.
5. Каюкова Г.П., Гарейшина А.З., Егорова К.В. и др. Нефти и нефтепродукты – загрязнители почвы// Химия и технология топлив и масел. 1999. №5. С. 37-43.
6. Лукьянчикова В.М. Закономерности растекания линзы нефтепродуктов по поверхности грунтовых вод // Изучение загрязнения подземных вод на опытно-производственных полигонах. М., ВСЕГИНГЕО, 1990.
7. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: МГУ, 1993. 206с.
8. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах// Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. Под ред. М.А. Глазовской. М.: Наука, 1988.
9. Фомин Г.С. Коррозия и защита от коррозии. Энциклопедия международных стандартов. М.: Изд-во стандартов, 1999. 520с.
10. Руководство по эксплуатации ЯРКГ 2.840.003-01РЭ

#### Анализ годовой энергетической освещенности на основании метеонаблюдений погоды в Душанбе

*Иноятов М.Б., Масуми Ф.Н., У.У. Косимов*  
*loiknstu@mail.ru*

В статье проведен анализ годовой энергетической освещенности на основании метеонаблюдений погоды в Душанбе. Получена наименьшая среднесуточная энергия и максимальная за сутки. Полученные материалы могут быть использованы для расчета солнечных энергоустановок.

Ключевые слова: электроснабжения, солнечные электроэнергетические установки, освещенность, инсоляция.

Во многих регионах Таджикистана, для увеличения охвата территории и увеличения эффективности работы GSM мобильной связи, возникает необходимость установки радиоэлектронного оборудования БС и РРЛ в труднодоступных и удаленных от промышленной электросети местах.

Применение в таких точках генераторов на органическом топливе (дизельное топливо, бензин, сжиженный газ) не решает проблему электроснабжения БС и РРЛ. Это связано с трудностью обеспечения топливом генераторов (с созданием большого запаса топлива в местах установки БС и РРЛ или с его доставкой), с увеличением пожароопасности объектов, большой ценой на топливо (1 литр соляра стоит примерно 1\$) и необходимостью регулярного обслуживания генераторов. Расход дизельного топлива у дизель генераторов (ДГ) составляет 0,4 литра на 1кВт электроэнергии. К тому же, есть такие удалённые точки установки БС и РРЛ, куда доступ в зимнее время не возможен.

Наиболее перспективным способом электроснабжения оборудования БС и РРЛ удалённых точек является использование возобновляемых источников энергии, таких как:

- энергии солнца;
- энергии ветра.

Для солнечной энергии характерно неравномерное её поступление в течении суток: полное отсутствие освещения в ночное время, зато регулярное наличие инсоляции в дневное время. Инсоляция в данной местности зависит не только от времени суток, но и от времени года и облачности.

В отличие от солнечной энергии, энергия ветра может быть использована в любое время суток круглый год, но только при наличии ветра со скоростью  $V_B \geq 4$  м/с.

Завод-изготовитель указывает номинальную мощность ветрогенератора (ВГ) при скорости ветра  $V_n = (8-9)$  м/с. При снижении скорости ветра в 2 раза, вырабатываемая ВГ электроэнергия падает в 8 раз. Следует иметь в виду, что стартовая скорость ветра для лопастных ВГ составляет 2 м/с. Поэтому имеет смысл устанавливать ВГ в тех местах, где средняя за сутки скорость ветра  $V_B \leq 3$  м/с.

Солнечные электроэнергетические установки, при относительно больших начальных капиталовложениях, не требуют затрат на приобретение топлива и эксплуатационные расходы у них меньше, чем у ДГ.

Хотя ВГ имеют стоимость меньшую, чем солнечные электроэнергетические установки при одинаковых номинальных мощностях, использование ВГ ограничено скоростью ветра в данной местности.

#### Исследование инсоляции в Душанбе и в различных регионах Таджикистана.

Вся территория Таджикистана расположена в пределах ( $37^\circ$ - $40^\circ$ ) северной широты.

Азимутальное положение и возвышение солнца над горизонтом для  $40^\circ$  СШ показано на рис 1 [1].

Из рис. 1 видно, что возвышение солнца в полдень над горизонтом.

- в декабре  $30^\circ$ ,
- в июне  $72^\circ$ .

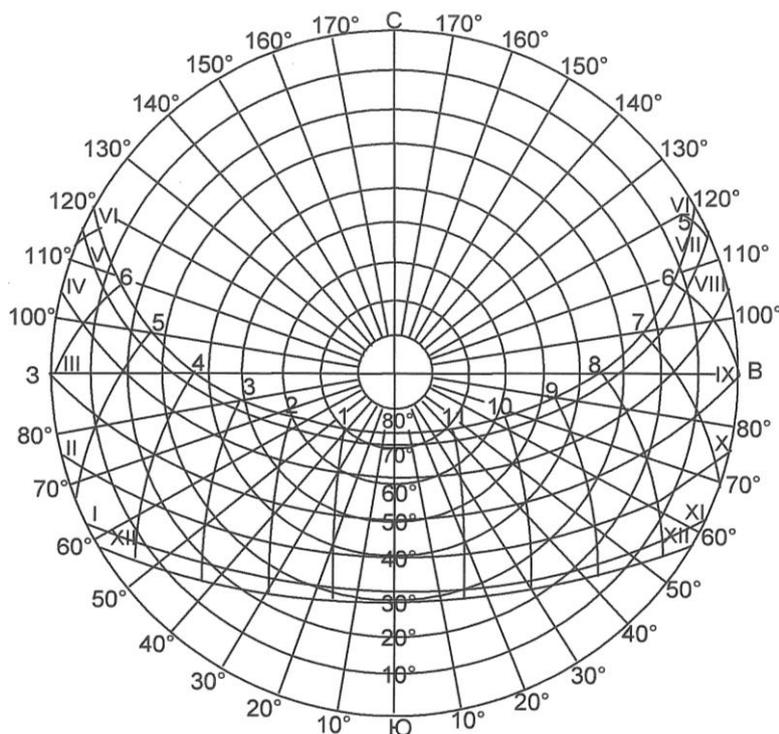


Рис. 1. Возвышение солнца в полдень над горизонтом

Эффективное время освещения солнечных панелей, ориентированных на юг:

- декабрь, январь – 6 часов;
- ноябрь, февраль – 6,5 часов;
- октябрь, март – 7 часов;
- сентябрь, август – 8 часов;
- июнь, июль – 8 часов;
- май, апрель – 8 часов.

Хотя продолжительность светового дня в мае, июне, июле, августе, сентябре больше 10 часов, но солнце утром и вечером находится в северной части полусферы. В связи с этим

эффективное время освещения солнечных панелей, ориентированных на юг не превосходит 8 часов.

Рекомендованное расположение солнечных панелей:

- ориентация на юг;
- угол наклона  $\alpha$  панелей относительно горизонта ( $45^\circ$ - $47^\circ$ ).

При такой ориентации СП потери освещенности зимой в полдень практически отсутствуют, а летом – не превосходят 10%.

Угол наклона СП относительно горизонта  $\alpha=45^\circ$  существенно ослабляет снегозадержание в зимнее время.

Основным погодным фактором, определяющим энергетическую освещенность, является облачность. В ясный солнечный день (вне зависимости от времени года), в эффективный интервал времени освещения СП, поток мощности  $\Phi_{\max} = 1000 \text{ Вт/м}^2$ . Была выведена эмпирическая формула, связывающая энергетическую освещенность со средней за световой день облачностью  $B$ , выраженной в баллах:

$$\Phi(B) = [100 + (1 - B/10) * ] \text{ В/м}^2$$

Рассчитанная по выражению (1) энергетическая освещенность  $\Phi(B)$  от средней за световой день облачностью в приведена в таб. 1

Таблица 1

В баллы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Phi(B) \text{ В/м}^2$	1000	910	820	730	640	550	460	370	280	190	100

Здесь:

$B$  – баллы в 10 – бальной системе (0 - 10).

На основании метеонаблюдений погоды в Душанбе [2] за 2009, 2010 годы были получены зависимости среднесуточной энергии, падающей на  $1 \text{ м}^2$ , усредненной за 1 месяц (рис.2, рис.3).

Для сравнения приведена аналогичная зависимость [3] для Сочи ( $43^\circ$  СШ), рис.4., измеренная пиранометром. Несколько большее значение плотности среднесуточной энергии для Сочи в мае – сентябре утром и вечером в северной части полусферы.

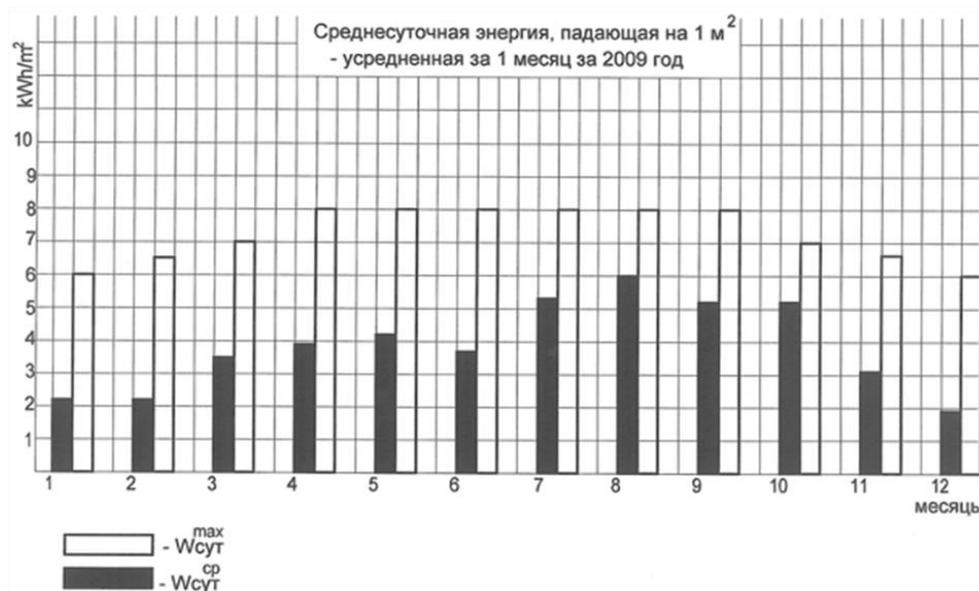


Рис. 2. Среднесуточная энергия, падающая на  $1 \text{ м}^2$  – усредненная за 1 месяц за 2009 год

Из зависимостей, показанных на рис.2 – рис.4, видно, что наименьшая среднесуточная энергия, приведенная к  $1 \text{ м}^2$ , соответствует январю, февралю, декабрю и составляет  $2 \text{ кВтч/м}^2$  за световой день.

Для января и декабря максимальная за сутки плотность энергии  $W_{\text{сч}}^{\text{max}}$  при отсутствии облачности составляет  $W_{\text{сч}}^{\text{max}} = 6 \text{ кВтч/м}^2$ , т.е. в 3 раза больше, чем среднесуточная плотность

энергии, усредненная за месяц с учетом облачности,  $W_{cc}=2 \text{ кВтч/м}^2$  и

$$\frac{W_{cc}^{\max}}{W_{cc}} = \frac{6 \text{ кВтч/м}^2}{2 \text{ кВтч/м}^2} = 3$$

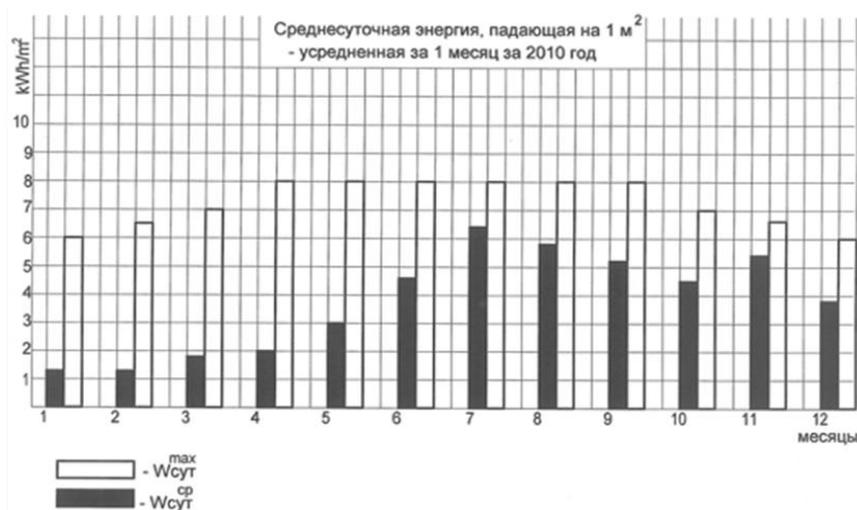


Рис. 3. Среднесуточная энергия, падающая на 1 м² – усредненная за 1 месяц за 2010 год

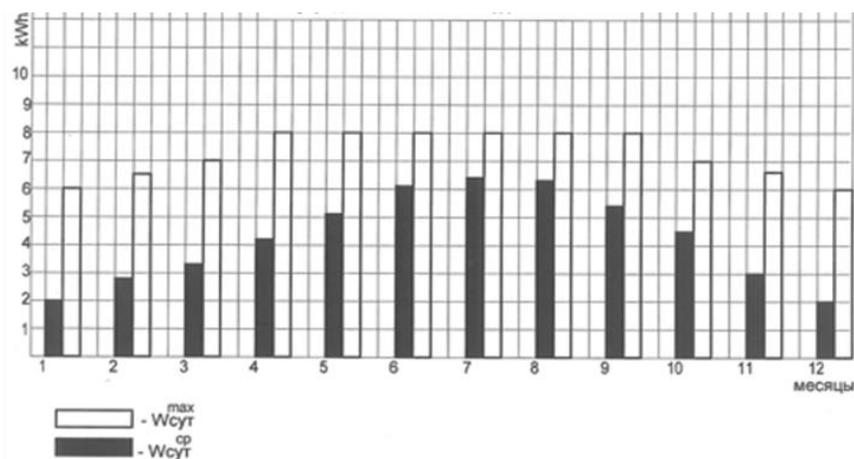


Рис. 4 Среднесуточная энергия, падающая на 1 м² – усредненная за 1 месяц за 2010 год

Полученные материалы могут быть использованы для расчетов солнечных энергетических установок.

#### Список литературы

1. Справочные материалы по строительству зданий с пассивным гелиообогревом, труды инженеров строительной академии КНР, Beijing, 2010
2. Архив погоды Душанбе. Расписание погоды, [http://rp5.tj/archive.php?wmo\\_id=38836&lang=ru](http://rp5.tj/archive.php?wmo_id=38836&lang=ru)

**Аспекты тонкодисперсного аэродинамического распыления**  
**Ишматов А.Н., Елесин В.В.\*, Трубников А.А., Огородников С.П.\***  
 ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск  
 ОАО «ФНПЦ «Алтай», г. Бийск  
[ishmatoff@rambler.ru](mailto:ishmatoff@rambler.ru)

#### Введение

Тонкодисперсное аэродинамическое распыление расплавов и растворов широко применяется для получения субмикронных наноразмерных частиц [1-3]. Применение таких частиц актуально для создания систем эффективной нейтрализации токсичных аэрозолей и газов.

Тонкодисперсное распыление происходит вследствие комплекса действующих факторов, таких как сильная турбулентность, кавитация, аэродинамическое сопротивление и др. [1, 4, 5-7].

Схематически распыление жидкости можно представить в виде (рис. 1).

На основе аналитических соотношений при анализе аэродинамической неустойчивости и дезинтеграции вязких жидкостных пленок в работах [8, 9] предложена формула расчета разбиения плоской жидкостной пленки на струйки:

$$d_L = 0.9614 \cos \theta \left( \frac{h^4 \sigma^2}{\rho_g \rho_L U_f^4} \right)^{1/6} \cdot \left( 1 + 2.6 \mu_L \cos \theta \left( \frac{h^2 \rho_g^4 U_f^7}{72 \rho_L^2 \sigma^5} \right)^{1/3} \right)^{1/5}, \quad (1)$$

где  $d_L$  – диаметр нити (ligament);  $\theta$  – половинчатый угол распыла;  $h$  – толщина жидкостной пленки;  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости;  $\rho_g$  – плотность газа;  $\rho_L$  – плотность жидкости;  $U_f$  – разность скоростей между жидкостью и воздухом;  $\mu_L$  – коэффициент динамической вязкости жидкости.

Жидкостная струйка разбивается на капли диаметром:  $D=1,89d_L$  [1].

1 Теоретическая оценка конструкции экспериментального распылителя

Для экспериментального исследования была выбрана стандартная конструкция аэродинамического распылителя (рис. 2). При построении модели расчета распылителя с каналом переменного сечения использовались нестационарные уравнения газовой динамики в частных производных для одномерного случая, выражающие закон сохранения массы (4), количества движения (5), энергии (6). Систему (4-6) замыкает уравнение состояния (7), записанное для внутренней энергии.

$$\frac{\partial \rho_g S}{\partial t} + \frac{\partial \rho_g S U_g}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho_g S U_g}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_g U_g^2 + P)}{\partial x} = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho_g S \left( e + \frac{U_g^2}{2} \right)}{\partial t} + \frac{\partial \left[ \rho_g U_g \left( e + \frac{P}{\rho_g} + \frac{U_g^2}{2} \right) \right]}{\partial x} = 0, \quad (6);$$

$$e = \frac{P}{\rho_g (k-1)}, \quad (7)$$

где  $U_g$ ,  $P$ ,  $e$  – скорость, давление, внутренняя энергия газового потока,  $S$  – площадь сечения канала,  $t$  – время,  $x$  – координата вдоль которой ведется расчет,  $k$  – показатель адиабаты. Граничные условия на входе форсунки рассчитывались, исходя из известной величины давления нагнетающего газа  $P_{in}$  по формулам:

$$\rho_{in} = \frac{P_{in}}{(R_v T)}, \quad (8);$$

$$G_m = S \cdot P \cdot \sqrt{\frac{k}{R_v \cdot T} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}, \quad (9);$$

$$U_{in} = \frac{G}{\rho_m \cdot S_{in}}, \quad (10)$$

где  $R_v$  – газовая постоянная для выбранного типа газа,  $T$  – температура газа,  $G_m$  – массовый расход газа через сопло,  $S_{in}$  – площадь сечения, через которое газ поступает на вход распылителя. Граничные условия на выходе рассчитываются, исходя из известных параметров торможения на одном из предыдущих узлов, т.к. параметры торможения характеризуют состояния газа в узле при любом процессе [10].

$$P_{out} = P_{11} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}, \quad (11);$$

$$\rho_{out} = \rho_{11} \cdot \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}}, \quad (12);$$

$$U_{out} = \frac{G}{\rho_{11} \cdot S_{out}}, \quad (13)$$

здесь  $11$  – узел, который находится перед крайним правым (предпоследний).

Для реализации расчета по уравнениям (4-6) строилась сетка и применялась конечно-разностная схема (14-16), предложенная С.К. Годуновым [11], которая обладает надежностью и устойчивостью при решении подобных задач.

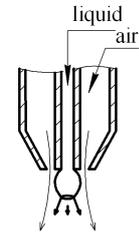


Рис. 1. Схема формирования и разбиения пленки жидкости при аэродинамическом распылении

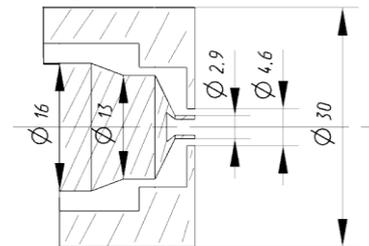


Рис. 2. Схема распылительной головки

$$(\rho_g \cdot S)_i^{j+1} = (\rho_g \cdot S)_i^j - (\tau/l) \cdot (M_i^j - M_{i-1}^j), \quad (14)$$

$$(\rho_g \cdot U_g \cdot S)_i^{j+1} = (\rho_g \cdot U_g \cdot S)_i^j - \frac{\tau}{l} \cdot (I_i^j - I_{i-1}^j) - \frac{\tau \cdot P_i^j}{l} \cdot (S_i^j - S_{i-1}^j), \quad (15)$$

$$\left[ S \cdot \rho_g \cdot \left( \frac{P}{(k-1) \cdot \rho_g} \right) + \frac{U^2}{2} \right]_i^{j+1} = \left[ S \cdot \rho_g \cdot \left( \frac{P}{(k-1) \cdot \rho_g} \right) + \frac{U_g^2}{2} \right]_i^j - \frac{\tau}{l} \cdot (E_i^j - E_{i-1}^j), \quad (16)$$

В конечно-разностной системе уравнений (14-16) введены следующие обозначения:  $i$  – номер узла вдоль оси изделия;  $j$  – номер итерации по времени;  $l$  – размер шага по пространству (длина деленная на количество узлов);  $\tau$  – размер шага по времени, который рассчитывается согласно условию Куранта ( $\tau = K \cdot h / \tilde{n}$ ,  $K$  – число Куранта,  $c$  – скорость звука в газе);  $S$  – площадь сечения в узле  $i$ ;  $M$ ,  $J$ ,  $E$  – потоки массы, импульса и энергии, рассчитываемые по формулам:

$$M = S \cdot \rho'_g \cdot P',$$

$$J = S \cdot (P' + \rho'_g \cdot (U'_g)^2),$$

$$E = S \cdot \left[ \rho'_g \cdot U'_g \cdot P' / ((k-1) \cdot \rho'_g) + U_g'^2 / 2 \right],$$

где  $\rho'_g$ ,  $P'$ ,  $U'_g$  – плотность, давление и скорость на контактном разрыве между двумя соседними узлами сетки, которые рассчитываются согласно методу, предложенному С.К. Годуновым [11].

С помощью приведенной методики численно исследовалась зависимость плотности воздуха в выходном отверстии от давления воздуха, поступающего в изделие, указанные расчетные зависимости приведены на рис. 3.

Также было установлено, что величина скорости потока и объемного расхода при установившемся течении не меняется в зависимости от давления поступающего воздуха. Скорость в сопле ограничена величиной  $\sim 350$  м/с. Расчетный объемный расход воздуха составил  $G_V = 2.46 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Это объясняется тем, что при увеличении давления газа одновременно возрастает плотность и массовый расход газа на пропорциональную величину, таким образом  $G_V = G_m / \rho_{out} = const$ .

## 2 Влияние плотности газового потока на распыление

В эксперименте для распыления использовалась дистиллированная вода, расход жидкости составлял  $\sim 0,003$  кг/с, давление газа на входе варьировалось от 0,2 МПа до 2,0 МПа, что соответствовало изменению плотности газового потока на выходе от 1,4 кг/м<sup>3</sup> до 14,0 кг/м<sup>3</sup> (результаты расчета). Для численного эксперимента, оценка толщины жидкостной пленки проводилась в соответствии с уравнением (17) [12], а также путем численного подбора при обратном решении уравнения (3) при известном среднем диаметре капель (рис. 4). В качестве характеристического использовался средний объемно-поверхностный диаметр D32.

$$h = \frac{1}{2} \left[ d_0 - \left( d_0^2 - \frac{4m_L}{\pi \rho_L U_L} \right)^{\frac{1}{2}} \right], \quad (17)$$

где  $d_0$  – диаметр выходного отверстия форсунки;  $m_L$  – массовый расход жидкости;  $U_L$  – скорость истечения жидкости. Для измерений применялся лазерный анализатор Malvern Spraytec. В результате проведенной численно-экспериментальной оценки показано, что влияние плотности газового потока (от 3 кг/м<sup>3</sup> до 14 кг/м<sup>3</sup>) на диспергирование жидкости незначительно. В соответствии с проведенной оценкой найдено:  $h \approx 0,15$  мм.

## 3 Влияние скорости газового потока на диспергирование жидкости

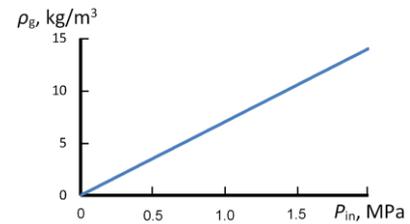


Рис. 3. Зависимость плотности газа в выходном отверстии от входного давления воздуха

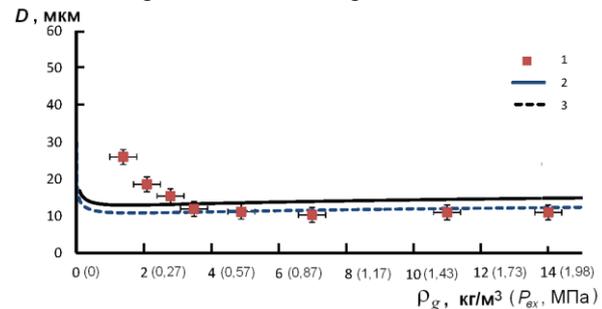


Рис. 4. Влияние плотности газового потока на распыление: 1 – эксперимент; 2 – расчет ( $h=0,19$  мм); 2 – численный подбор ( $h=0,15$  мм)

Для изучения возможностей повышения эффективности распыления, проведена численная оценка влияния параметров обдува (скорости газа) на разбиение плоской жидкостной пленки. В качестве исходных данных брались данные соответствующие выбранной конструкции распылителя, изменение плотности газового потока на распыление не учитывается – плотность постоянная  $\sim 1 \text{ кг/м}^3$ . В результате расчета получена следующая зависимость (рис. 5).

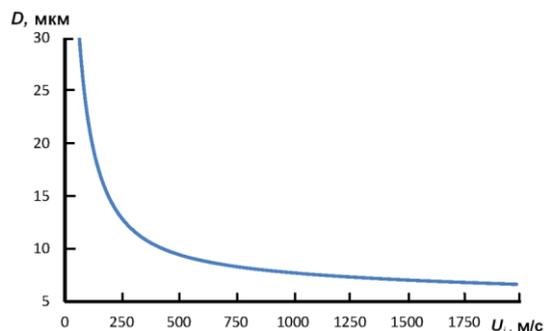


Рис. 5. Влияние скорости обдува на размер формируемых капель

С целью оптимизации распылителя (повышения скоростей обдува) с учетом задаваемых параметров: расход сжатого газа – от  $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$  до  $5,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , давление газа на входе в систему  $\sim 0,5\text{--}0,7$  МПа; может быть использована конструкция в виде простейшего сопла Лавала. Серия численных экспериментов показала, что за счет значительного падения давления в критическом сечении до 0,01 МПа, скорость истечения повышается с 354 м/с до 734 м/с, при тех же энергетических затратах. По сравнению со стандартной конструкцией, размер капель уменьшится с 11,26 мкм до 8,24 мкм. Основная проблема реализации обусловлена особенностями проектирования сопла, схемой подачи жидкости [13] и механизмом формирования пленочного течения жидкости.

#### 4 Влияние изменения толщины жидкостной пленки на распыление

Результаты экспериментально-теоретической оценки приведены на рис. 6. Изменение толщины пленки в эксперименте проводилась при изменении расхода жидкости. Соотношение расхода жидкости и толщины пленки проводилось с помощью уравнения (17) при допущении, что скорость течения жидкости в выходном отверстии не зависит от ее массового расхода и равна скорости газового потока ( $\sim 350$  м/с). Экспериментальные данные [14] указывают на то, что наиболее энергоэффективным является генерирование мелких капель в грубом полидисперсном потоке. Работы, частично отраженные в [14, 15], показывают, что применение

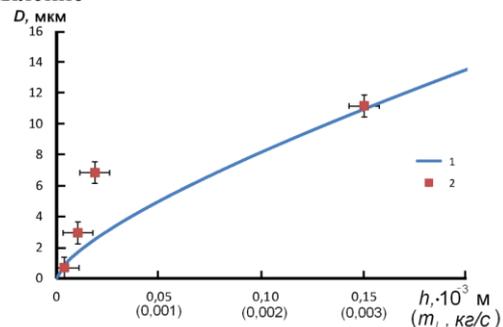


Рис. 6. Влияние толщины жидкостной пленки на размер капель: 1 – расчет; 2 – эксперимент

методов сепарирования капельных потоков, экспериментально подтверждают выдвинутую гипотезу. Результаты работ по экспериментально-теоретическому обоснованию выдвинутой гипотезы будут доступны в печати в ближайшее время.

#### Заключение

Рассмотрены основные аспекты применения аэродинамического метода для тонкодисперсного распыления. В результате численного газодинамического расчета выявлено ограничение на использование конструкции стандартного распылителя, связанное с ограничением скорости истечения газа ( $\sim 350$  м/с), структурой потока и малой эффективностью. Для дальнейшего исследования предложена конструкция распылителя в виде сопла Лавала. Серия численных экспериментов показала, что за счет значительного снижения давления/плотности газа на срезе сопла увеличивается скорость газового потока до 734 м/с, а соответственно и значительно повышается эффективность распыления. Показано, что определяющими параметрами при распылении является толщина распыливаемой пленки и скорость обтекания ее газом. В установленном режиме изменение плотности распыливающего газового потока на срезе сопла не оказывает существенного воздействия на диспергирование жидкости.

#### Список литературы

1. Liu H. Science and Engineering of Droplets: Fundamentals and Applications. – New York: William Andrew Publishing: Noyes, 1999. – 534 p.
2. Ишматов А.Н., Ворожцов Б.И., Архипов В.А. Использование модельного водного раствора

- NaCl при исследовании тонкодисперсного распыления жидкостей // Теплофизика и аэромеханика. – 2013. – Т. 20. – №4. – С.513-524.
3. Ишматов А.Н., Ворожцов Б.И. Метод исследования тонкодисперсного распыления жидкостей // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25. – № 3. – С. 653-656.
  4. Lefebvre A.H. Atomization and sprays. – New York: Hemisphere; 1989. – 417 p.
  5. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. – М.: Наука, 1987. – 464 с.
  6. Lienemann H, Shrimpton J, Fernandes E. A study on the aerodynamic instability of attenuating liquid sheets // Experiments in fluids. – 2007. –V. 42. – P. 241-258.
  7. Ишматов А.Н., Ворожцов Б.И., Архипов В.А. Эволюция капель при импульсном формировании аэрозольных сред // Известия вузов. Физика. – 2012. – Т. 55. – №9/3. – С. 51-57.
  8. Dombrowski N, Johns WR. The aerodynamic instability and disintegration of viscous liquid sheets // Chemical Engineering Science. – 1963. – V. 18. – №2. – С. 203-214.
  9. Couto H.S., Bastos-Netto D. Generalized liquid film atomization theory // Journal of Thermal Science. – 2000. – V. 9. – №3. – P. 265-270.
  10. Соркин Р.Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных системах на твердом топливе: внутренняя баллистика. – М.:Наука, 1983. – 288 с.
  11. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я., Крайко А.Н., Прокопов Г.П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.:Наука, 1976. – 400 с.
  12. Lefebvre A.H., Wang X.F. Mean drop sizes from pressure-swirl nozzles // J. Prop. Power. – 1987. – V. 3. – №1. – P. 11-18.
  13. Андриюшкин А.Ю. Формирование дисперсных систем сверхзвуковым газодинамическим распылением. БГТУ, 2012. – 396 с.
  14. Ишматов А.Н., Елесин В.В., Трубников А.А., Огородников С.П. Генерация двухфазных газочапельных потоков с заданными характеристиками // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Т.26. – №5. – С. 434-437.
  15. Ishmatov A.N., Elesin V.V., Trubnikov A.A., Ogorodnikov S.P. Generation of Fine Particles with Specified Characteristics // arXiv:1310.3150 [physics.flu-dyn] – 2013.

УДК 665.644.4

**The improvement of the ecological properties of automobile gasoline by the removal of benzene from reforming units**

*Kamzina M.A., Sidorov G.M*

*Ufa State petroleum technological university, Russia, Ufa*

Abstract: In the article the technology of gasoline production based on catalytic reforming and isomerization is analyzed. The investigation has shown that the reduction of the content of benzene in gasoline is achieved by preparation of feedstock of reformat in the stabilization and rectification units. Hydrocarbon C4-C6 is fully utilized as feedstock in order to produce gasoline.

Keywords: gasoline, environmental characteristics of gasoline, reduction of benzene, promotion of environmental properties of petroleum products, process of catalytic reforming.

Catalytic reforming (CR) is one of the basic processes of production of high-octane components of gasoline in most of Russian refineries. In Russia the average of the production capacity of gasoline and the increase of its octane number are associated with the development of the country's car park. In order to increase the high octane number of gasoline, the technology of reforming unit has been improved in terms of increasing the aromatization of gasoline.

The main reactions of hydrocarbons with the catalyst in the reforming unit are dehydrogenation and dehydrocyclization of hydrocarbons, which lead to the accumulation of aromatic compounds in the reforming product with a high octane number. However, these compounds are the most toxic of all the groups of hydrocarbons and during combustion process they can bring out toxic substances with low MPSs. Benzene is particularly dangerous. It is the component of crude oil and is the product of the catalytic reforming unit, it is the most low-boiling aromatic compound and toxic, which can cause leukemia. In overseas studies a linear relationship between the content of benzene in gasoline and its concentration in all kinds of unburnt hydrocarbons (exhaust gases, vapors from the fuel system and refueling the car) has been reported. Benzene is most volatile, slow-burning in engine and the most chemically stable under natural conditions. During the combustion of benzene benzopirren, which is

considered as the first class of toxicity to the MAC – 0,00001 mg/m<sup>3</sup>, is formed. For every percentage increase of benzene in fuel the content of benzene in the emissions of gases increases by 0,7-0,8%. More than 75% content of benzene enters in the air from the exhaust gases of cars, so the limit content of benzene in gasoline is a direct way to limit its entry in the atmosphere[1].

The modern environmental requirements severely limit the content of aromatic hydrocarbons and benzene in gasoline, so the refineries are forced to find new processes to ensure the necessary octane performance. Nowadays it is impossible to reject reforming unit, since it is the cheapest and the most traditional way of upgrading the straight-run gasoline fractions at 85-180°C. Also, for some refineries, this is the only way to produce hydrogen, which is needed more and more due to the constant growth of capacities in the process of hydrodesulfurization of gasoline and diesel fuels. Since reformat is the key component of gasoline, the change of the its structure can affect its quality.

Decreasing of the content of benzene can be achieved by[2]:

- removing the fractions from the feedstock, which can lead to the forming of benzene;
- replacing the fraction containing benzene with the fraction, which have the similar boiling range and anti-knock characteristics with benzene;
- replacing the traditional reforming catalyst with the catalyst with high isomerization activity.

The second solution to the problem is the most available since this way doesn't require capital investments. The reconstruction of existing catalytic reforming unit associates with the physical deterioration of the equipment, the appearance of new catalysts and technologies. The major reconstruction work relates to[3]:

- 1) the replacement of obsolete catalyst;
- 2) the improvement of the heat exchange process in the reaction units of reforming hydrotreatment;
- 3) additional purification of feedstock;
- 4) the reduction of harmful emissions and the application of environmental measures;
- 5) bringing the reaction unit to the applicable laws and rules;
- 6) application of the process into an automated process control system.

Nowadays, every plant faces one and the same problem of the production of gasoline that combines the renovation of the existing catalytic reforming units, construction of new facilities of isomerization, alkylation, catalytic cracking, in order to meet the current environmental standards.

#### Literature

1. Марышев В.Б., Можайко В.Н., Сорокин И.И. Удаление бензола из продуктов риформинга. Катализатор и процесс гидроизомеризации бензола // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. – №9. – С. 9-10.
2. Бакалейник А.М. Влияние качества бензинов на величину загрязняющих выбросов автомобилей // ЭКиП: Экология и промышленность России. – 2006. – №7. – С. 29-31.
3. Кононова В.Л. Реконструкция установок каталитического риформинга // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. – №5. – С. 27-31.

#### Системы дистанционного управления судовым главным двигателем

*Ким А.Я, Медведев Н.А., Алферьев И.С., Федюк Р.С., Миронов К.К.*

*Дальневосточный федеральный университет, Россия, Владивосток*

[captainvmf@yandex.ru](mailto:captainvmf@yandex.ru)

Система ДАУР-40 предназначена для автоматического регулирования частоты вращения и дистанционного управления дизель-редукторным агрегатом с дизелем М480 (6ЧН18/22) производства ОАО «Звезда», используемым в качестве главного судового двигателя (ГД) на судах со знаком автоматизации А2 и А3 в символе класса судна, работающим на водомет и оснащенного разобширительной муфтой. Система соответствует правилам Российского Морского Регистра судоходства и ГОСТ 18174-83. Основная цель системы – уменьшение трудозатрат судовой команды по управлению судном и повышение безопасной эксплуатации ГД при маневрировании, а также минимальная нагрузка оператора (штурмана) на мостике и освобождение вахтенного механика от постоянного пребывания у поста управления ГД.

Современные системы дистанционного автоматизированного управления судовым двигателем (ДАУ), содержащие датчик плавной регулировки оборотов, последовательно соединенные датчик фиксированных команд, сумматор, усилитель, переключающее устройство, исполнительный механизм и регулятор скорости, выход которого подключен ко входу двигателя,

датчик перегрузки, входы которого соответственно через датчик скорости и датчик положения топливрегулирующего органа подключены к выходам двигателя, программное устройство, входы которого соединены с выходами соответственно датчика скорости и датчика фиксированных команд, а выходы - с входами переключающего устройства и устройства пуск-реверса, выход которого соединен с другим входом двигателя, выход исполнительного механизма соединен с входом сумматора [1-2].

Известные системы ДАУ имеют не менее двух программ управления, которые определяют различные условия пуска. Как пуск, так и пуск с реверсом осуществляется по двум уровням: нормальному или повышенному. На нормальном и повышенном уровнях различными являются число оборотов начала реверсирования, число оборотов конца пуска и величина пусковой подачи топлива (а для двигателей с раздельным пуском - величина послепусковой подачи топлива).

На первой (основной) программе управления в известных системах пуск осуществляется следующим образом: первая попытка пуска проходит на нормальном уровне, а последующие (если первая попытка была неудачной) - на повышенном [3-4].

Система управления состоит из блока управления (рис. 1), выносного поста управления, местного щитка управления (рис. 2), датчиков и исполнительных органов.



Рис. 1. Блок управления



Рис. 2. Местный щиток управления

Блок управления осуществляет контроль и предупредительную сигнализацию на светодиодах желтого цвета в мигающем режиме с одновременным включением прерывистого звукового сигнала по следующим параметрам:

- Понижение давления масла дизеля – при размыкании контактов датчика – реле давления (150 кПа);
- Повышение температуры воды – при замыкании контактов датчика – реле температуры (95 °С);
- Повышение температуры масла – при замыкании контактов датчика – реле температуры (100 °С);
- Понижение уровня охлаждающей жидкости - при замыкании контактов датчика уровня;
- Утечка топлива - при замыкании контактов датчика утечки топлива;
- Повышение температуры масла реверс-редуктора - при замыкании контактов датчика температуры;
- Понижение давления масла реверс-редуктора - при замыкании контактов датчика давления.

Блок управления обеспечивает цифровую индикацию частоты вращения дизеля с возможностью программирования показаний (калибровки) в составе дизельной установки в пределах  $\pm 300$  об/мин с точностью  $\pm 5$  об/мин.

Блок управления обеспечивает аварийно-предупредительную сигнализацию и защиту по давлению масла с программируемой задержкой по срабатыванию контактного датчика в пределах от 1 до 15 с.

В блоке управления предусмотрена защита от ложных срабатываний из-за кратковременных изменений параметров, обусловленных качкой судна, включением и отключением судовой техники путем введения задержки по срабатыванию контактных датчиков от 1 до 2 с.

Система управления обеспечивает ручной (с местного щитка управления) и дистанционный (с выносного поста управления) пуск и останов дизеля.

#### Список литературы

1. Бусыгин В.П. Методические указания к выполнению курсового проекта « Система ДАУ главными судовыми дизелями». – СПб: ГМА С.О. Макарова, 2003.
2. Онасенко В.С. Судовая автоматика» М.: Транспорт, 1988
3. Сыромятников В.Ф. Основы автоматики и комплексная автоматизация судовых парозенергетических установок. - М.: Транспорт, 1983
4. Канне А.Б., Скобцов Е. А. Реверсивные устройства судовых дизелей, 1965.

#### Влияние температурных вариаций на магнитные измерения

*Ковалев А.А., Белинская А.Ю., Грехов О.М., Федотова О.И.*

*Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, Россия, г. Новосибирск*

[heinekens@list.ru](mailto:heinekens@list.ru)

Наблюдение за состоянием магнитного поля Земли является одной из важных составляющих мониторинга окружающей среды. Наблюдения электромагнитного поля Земли на геофизических обсерваториях предусматривают изучение его изменений от вековых вариаций до миллисекундных колебаний, что позволяет получить информацию об эволюции, строении и современном состоянии, как твердой Земли, так и ее газоплазменных оболочек. При этом магнитное поле Земли является также одним из звеньев солнечно-земных связей. Совокупность явлений, происходящих в земной атмосфере вследствие солнечных вспышек, предопределяется также возмущениями магнитного поля. Актуальность оперативной информации о состоянии геомагнитного поля в широком диапазоне частот связана с развитием навигационных средств, качеством прогнозов солнечной погоды, уровнем диагностики медико-биологических проявлений солнечной активности.

Изменения температуры могут оказывать влияние на точность магнитных измерений [1]. Такая проблема возникает на обсерваториях в зонах с экстремальными климатическими условиями и при ограниченном энергоснабжении.

Новосибирская Геофизическая обсерватория "Ключи" расположена в регионе с резко-континентальным климатом, температура воздуха летом достигает +40 °С, зимой опускается ниже -40 °С [2]. В вариационном магнитном павильоне установлена система терморегуляции, но она недостаточно стабильна. Для контроля температуры нами разработана многоканальная цифровая система, в которой используются датчики DS1820. В апреле 2012 года начаты регулярные измерения температуры шестью датчиками внутри магнитного павильона и датчиком на улице. На основе полученных данных нами проведен анализ температурных изменений и оценено влияние их на магнитные измерения.

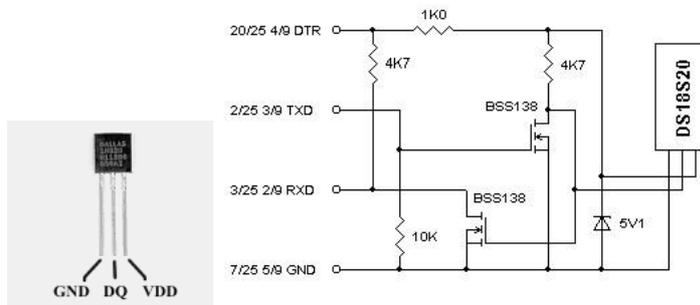


Рис. 1. Внешний вид датчика температуры DS1820 и схема адаптера.

Микросхема датчика температуры DS1820, выпускаемая фирмой Dallas Semiconductor, обеспечивает измерение температуры в диапазоне  $-55...+125$  °С с дискретностью 0,5 °С [3]. С

помощью специальных вычислений дискретность представления температуры можно уменьшить до  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Для подключения датчиков к *PC* через COM-порт используется адаптер, выполненный по схеме (см. рис.1).

Вариационный магнитный павильон представляет собой типовое здание из силикатного кирпича, в котором из досок оборудована внутренняя изолированная камера (стены и потолок) с четырьмя постаментами (см. рис.2). В простенке установлено два регулируемых и три нерегулируемых немагнитных спиральных нагревателя. Термометр системы терморегуляции расположен на западной стене внутри термокамеры на высоте около 1,5 м, управляющая и силовая электроника находится в техническом павильоне, температура внутри камеры поддерживается на уровне  $+20^{\circ}\text{C}$  с колебаниями в точке управляющего термометра до  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

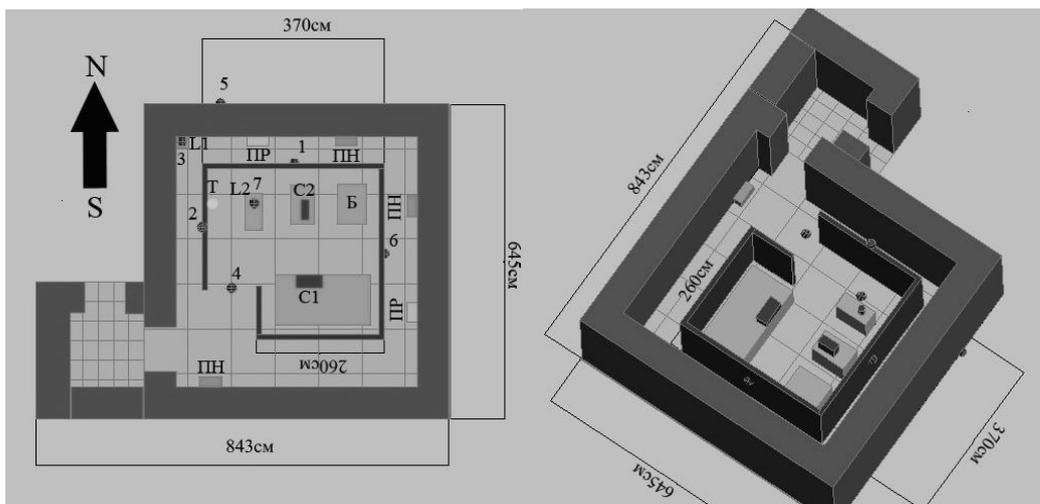


Рис.2. Схема вариационного павильона. 1,2,3,4,5,6,7 - термодатчики DS1820, L1,L2 – блок электроники и датчики LEMI-008, C1,C2 – электроника и датчики ЦМВС, Б – датчики аналоговой серии Боброва, Т – термометр системы терморегулирования.

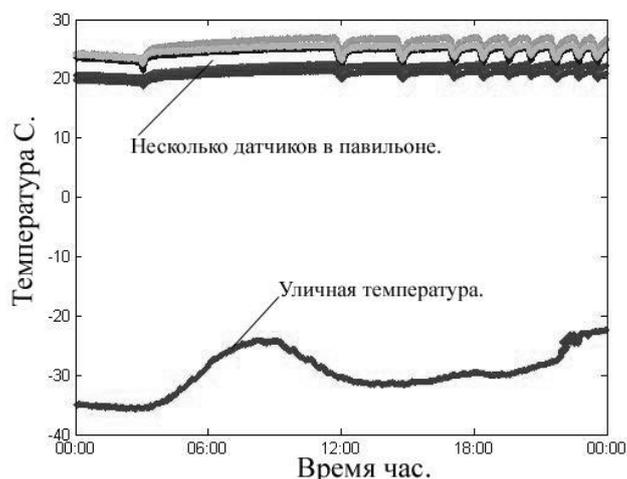


Рис.3. График изменения температуры в вариационном павильоне и на улице.

В период с апреля 2012 по ноябрь 2013 велись наблюдения с помощью разработанной системы контроля. Температура в вариационном павильоне оказалась самой не стабильной в зимний период. Изменение температуры за 9 января 2013 года приведены на рис.3, в течение этих суток внутри павильона на аппаратуре были зафиксированы: минимальное значение температуры  $+19,94^{\circ}\text{C}$  и максимальное  $+22,38^{\circ}\text{C}$ . В 11:30UT наблюдалось резкое понижение температуры с последующим ее восстановлением до среднего значения.

Для оценки влияния температурных вариаций на точность магнитных измерений мы рассмотрели ряды измерений компоненты  $F$ , полученные разными приборами:  $L$  – для LEMI-008,  $K$  – КВАРЦ-09,  $P$  – POS.  $T$  – ряд значений температуры, полученные датчиками DS1820. На рис. 4 показаны минутные графики вариаций  $L$ ,  $K$  и  $P$  за 09.01.2013. Как видно, в 11:30UT наблюдалась волна, по времени совпадающая с моментом температурного перепада.

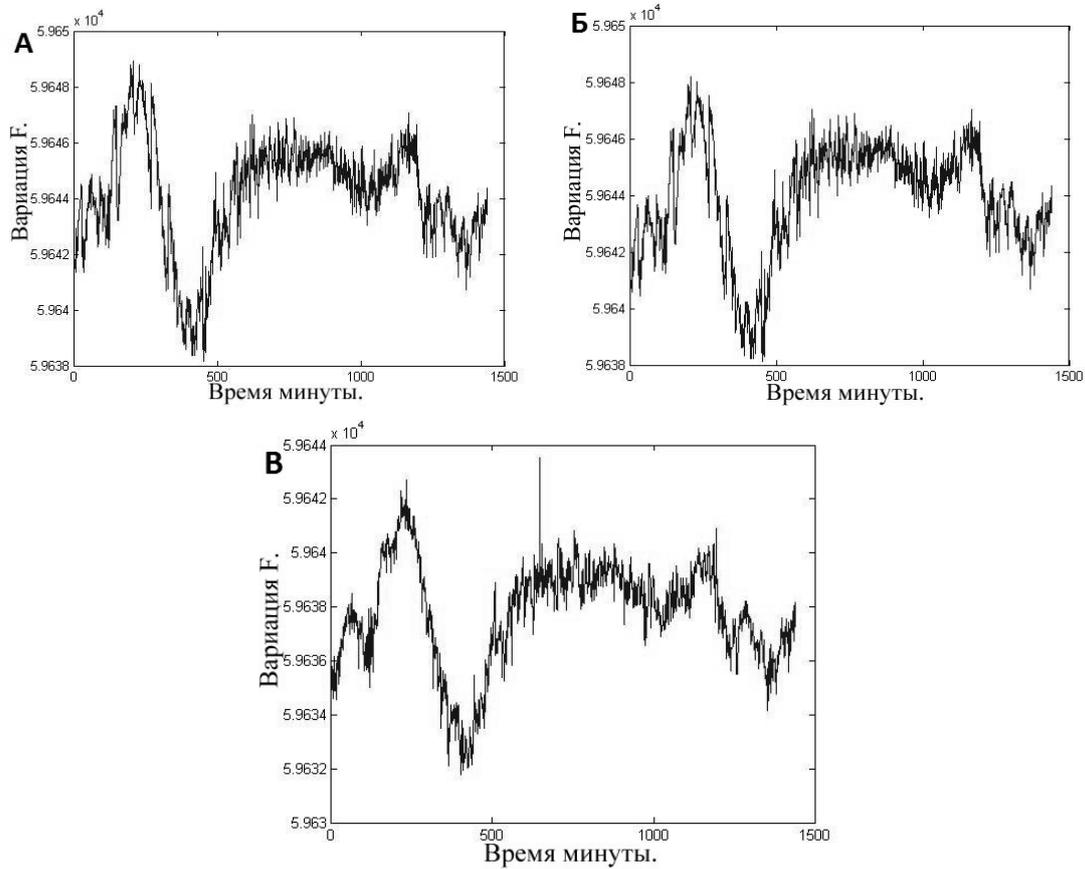


Рис.4. Графики А)  $L$ , Б)  $K$  и В)  $P$  минутные данные за 9.01.13.

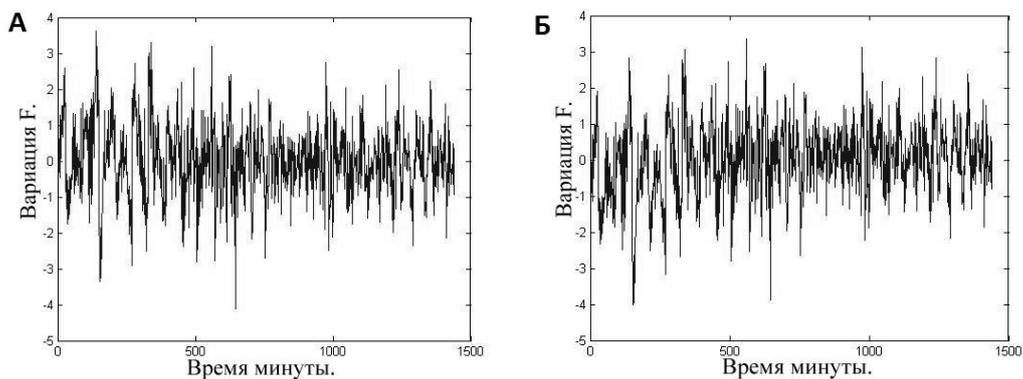


Рис.6. График минутных вариаций  $(\Delta L - \Delta P)$  и  $(\Delta K - \Delta P)$  за 09.01.2013.

Для дальнейшего исследования мы использовали отклонения от среднесуточного значения величин  $\Delta T$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta K$  и  $\Delta P$ . Как известно, температура не влияет на протонный магнитометр POS [4], поэтому мы анализировали разницу  $\Delta L$  и  $\Delta P$ ,  $\Delta K$  и  $\Delta P$  за 9 января 2013 года. На рис.6 видно, что значения  $(\Delta L - \Delta P)$  и  $(\Delta K - \Delta P)$  имеют сходный характер. Выбросов в 11:30UT не наблюдается,

т.е. мы можем предположить, что вариации компоненты  $F$  магнитного поля не зависят от температуры. Коэффициент корреляции ( $\Delta L-\Delta P$ ) и  $\Delta T$  составляет  $-0,1314$ . Коэффициент корреляции ( $\Delta K-\Delta P$ ) и  $\Delta T$  составляет  $0,2$ .

Проведенный анализ показал, что влияние скачков температуры на измерения компоненты  $F$  магнитного поля минимально. Поэтому в наших условиях температурной относительной стабильности нет необходимости делать дополнительную поправку на температуру.

#### Список литературы

1. Jankowski J., Sucksdorff C. Guide for magnetic measurements and observatory practice. – Warsaw, 1996, 235 p.
2. Хомутов С.Ю., Павлов А.Ф., Федотова О.И. Температурные эффекты в магнитных измерениях, выполняемых на Геофизической обсерватории "Ключи", Новосибирск // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Матер. конф., Екатеринбург, 12-17 сент. 2011. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – с.388-391.
3. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>
4. Руководство по эксплуатации РЭПОС-1. – Екатеринбург: УГТУ МО РФ, 2001.- 41с.

#### Слаботочная судовая сигнализация

**Комардин Д.В., Федюк Р.С., Будько Р.Н.**

Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток

[m3104\\_m@mail.ru](mailto:m3104_m@mail.ru)

Судовая сигнализация подразделяется на пожарную, авральную и обиходную. На теплоходах применяется автоматическая пожарная сигнализация, предназначенная для подачи сигнала тревоги в ходовую рубку в случае возникновения пожара или недопустимого превышения температуры воздуха в помещениях судна. Необходимость пожарной сигнализации на грузовых и буксирных судах объясняется отсутствием постоянной вахты в машинном отделении. Сигнал тревоги «Пожар» включается с помощью пожарных извещателей, которые могут быть ручного действия (кнопочные выключатели) и автоматические (тепловые, дымовые и комбинированные) [1].

На щите пожарной сигнализации (ЩПС) выключатели  $S1$ ,  $S2$  должны быть постоянно включены (рис. 1). Так как контакты пожарных извещателей при нормальной температуре замкнуты, ток проходит через катушку реле  $K1$ , однополюсный выключатель  $S1$  и контакты всех извещателей, соединенных последовательно. Реле  $K1$  срабатывает и размыкает свои контакты в цепях сигнальной лампы  $H1$  и звонка  $H2$ .

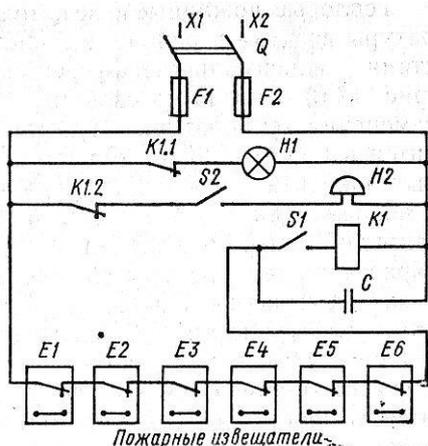


Рис. 1. Электрическая схема пожарной сигнализации

звонка и лампы проверяют размыканием выключателя  $S1$  цепи катушки реле. При выключении катушки реле  $K1$  его контакты замыкаются и подается сигнал «Пожар», как и в случае автоматического срабатывания пожарных извещателей [2].

Конденсатор  $C$  предназначен для защиты от ложных срабатываний извещателя в условиях повышенной вибрации корпуса судна. При размыкании контактов извещателей реле

Схема находится под напряжением и постоянно готова к действию.

При повышении температуры воздуха в машинном отделении до  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  один или несколько извещателей, находящихся наиболее близко от очага повышенной температуры, срабатывают. Размыкается цепь питания катушки реле  $K1$  на ЩПС. Реле обесточивается и замыкает свои контакты в цепях питания сигнальной лампы и звонка. Лампа включается, а звонок звонит. Подача сигнала «Пожар» продолжается до тех пор, пока температура воздуха в машинном отделении не станет ниже  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  и извещатель снова не замкнет свои контакты в цепи катушки реле  $K1$ .

Для снятия звукового сигнала на ЩПС установлен выключатель  $S2$ .

Наличие в схеме питания и исправность реле,

кратковременно остается включенным из-за тока разряда конденсатора. Конденсаторы подобного назначения обычно встроены в извещатели.

Аварийная сигнализация служит для подачи сигналов при проведении авральных работ и аварийной ситуации. На пассажирских судах она разбивается на две группы — для экипажа и пассажиров. Авральную сигнализацию включают из рубки. Колокола авральной сигнализации размещают в машинном отделении, коридорах, на наружных стенках надстроек. В шумных помещениях дополнительно устанавливают сигнальную лампу. Авральная сигнализация питается от аварийной аккумуляторной или отдельной батареи. Емкость батареи должна соответствовать работе сигнализации в течение 15 мин.

Обиходная сигнализация предназначена для вызова дежурного или обслуживающего персонала при помощи электрических звонков с нумераторами, определяющими, откуда произведен вызов. Для этого в помещениях устанавливают кнопки вызова, а в дежурном помещении — нумератор с электрическим звонком. Система обиходной сигнализации получает питание от судовой сети или от аккумуляторной батареи.

Основными приборами судовой электрической сигнализации являются электрические звонки, трещотки, ревуны, сигнальные лампы и нумераторы.

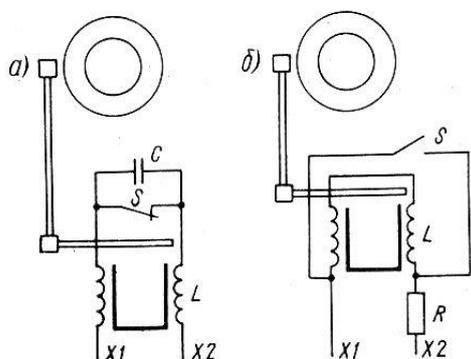


Рис. 2. Схемы электрических звонков

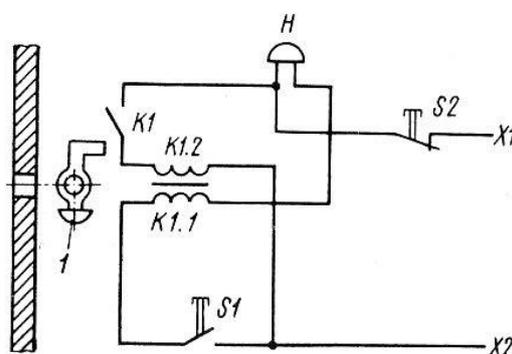


Рис. 3. Схема бленкера

Электрические звонки бывают двух типов: работающие на «обрыв» цепи (типа ЗВОФ) и на короткое замыкание (типа ЗВКФ). На рис. 2 представлены схемы включения звонков обоих типов. При работе на обрыв (рис. 2, а) контакт прерывателя 5 разрывает цепь электромагнита L звонка при притягивании якоря и опять замыкает его на возврате якоря в исходное положение. Для улучшения коммутации параллельно прерывателю включен конденсатор С. В звонке, работающем на короткое замыкание (рис. 2, б), при притягивании якоря катушки электромагнита шунтируются контактом прерывателя. Цепь питания при этом замыкается накоротко. Вследствие этого звонки на короткое замыкание можно включать только последовательно с каким-либо резистором или сигнальной лампой.

Ревуны и трещотки устроены так же, как и звонки. Ревущий звук получается в результате частых ударов бойка о мембрану. Для усиления звука применяется рупор. У трещотки частота ударов бойка о мембрану меньше, чем у ревуна. Это достигается насадкой медных гильз на сердечник электромагнитов.

Нумератор — прибор в виде ящика с рядом окошек на передней стенке. Число окошек соответствует числу кнопок вызова. Внутри прибора против каждого окошка устанавливается специальное электромагнитное реле-бленкер (рис. 3).

При нажатии кнопки вызова S1 по рабочей обмотке реле K 1.1 пойдет ток, якорь притянется и замкнет контакт K1 удерживающей обмотки K1.2. Последняя получит питание, и при отпуске кнопки якорь останется притянутым к сердечнику. Звонок Н звонит до тех пор, пока не будет отпущена кнопка S1. К якорю прикреплена алюминиевая полусфера 1, которая при его притяжении закрывает окошко. По номеру на полусфере определяют, откуда поступил вызов. Сигнал в окошке будет сохраняться до тех пор, пока дежурный не нажмет кнопку S2. При этом разрывается цепь питания удерживающей обмотки K1-2, и под действием пружины якорь возвращается в исходное положение, окошко освобождается.

#### Список литературы

1. Полянский В.Ф., Попов А.В. Электрооборудование судов и предприятий. - М.: Транспорт, 1989
2. Судовые электроустановки и их автоматизация / К.Т. Витюк, П.И. Гриценко, П.К. Коробов, В.В. Тихонов. -М.: Транспорт, 1986. - 448 с.

**Защита и эффективное использование геологического наследия России***Е.Д. Корф**Томский научный центр**Институт мониторинга климатических и экологических систем**[korf-kat@mail.ru](mailto:korf-kat@mail.ru)*

Проблеме сохранения и использования геологического наследия отводится немало внимания в России и за рубежом со второй половины двадцатого века. Особое внимание данной теме уделено в работах Лапо А.В., Вдовец М.С., а также Рубана Д.А. Однако, несмотря на интерес к данной теме, она нет четких критериев выявления геологических памятников природы, нет концепции сохранения и использования геологического наследия, нет природных территорий, которые позволили бы это сделать в соответствии с принципами устойчивого развития. [1-5].

Согласно [6], геологический памятник природы - уникальный объект (комплекс взаимосвязанных объектов) естественного происхождения или участок, наиболее полно и наглядно для данной местности характеризующий протекание геологических процессов и их результаты, представляющий научную ценность, доступный для непосредственного наблюдения и изучения.

В настоящее время в Российской Федерации существуют особо охраняемые природные территории. Особо охраняемые природные территории – это участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны [6].

В частности к ним относятся:

Государственные природные заповедники (в том числе биосферные)

Национальные парки

Природные парки

Государственные природные заказники

Памятники природы

Дендрологические парки и ботанические сады

Лечебно-оздоровительные местности и курорты

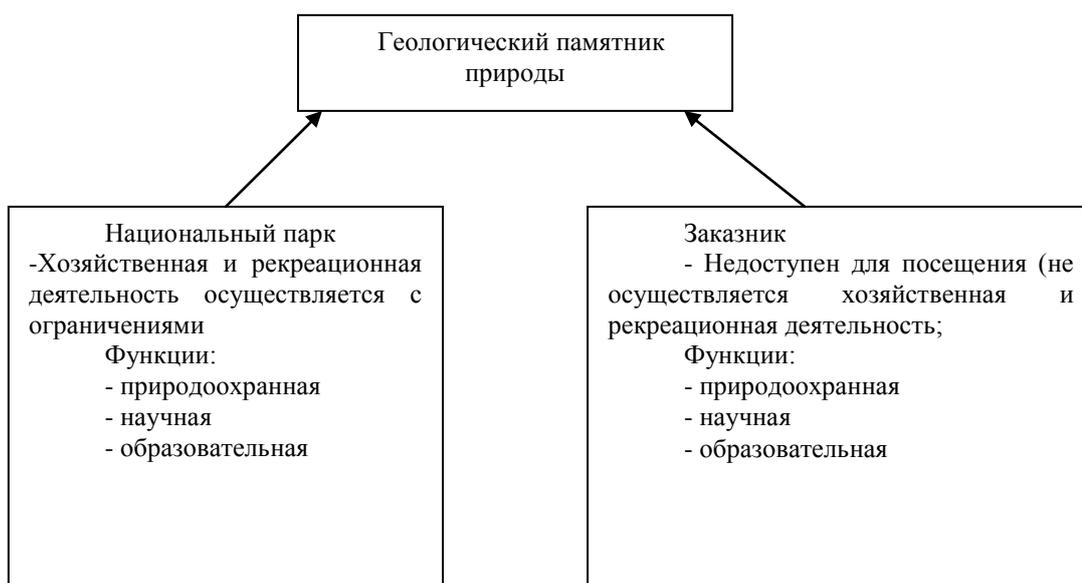
Особо охраняемые природные территории относятся к объектам общенационального достояния. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации осуществляет государственное управление в области организации и функционирования особо охраняемых природных территорий федерального значения.

Место геологического памятника природы в системе особо охраняемых природных территорий Российской Федерации можно увидеть на рисунке 1.

Геологический памятник природы может входить в состав национальных парков и заказников, однако, и в том и в другом случае особо охраняемые природные территории, безусловно, способны сохранить геологическое наследие территории, но не предусмотрено их эффективное использование, учитывающее эколого-просветительскую деятельность для населения, развитие геотуризма, рациональное использование информационных качеств недр земли (научных, эстетических, познавательных, культурных).

Геопарк – это территория, геологическое наследие которой является частью концепции защиты, образования и устойчивого развития данной территории.

Геопарк принципиально отличается от всех существующих на территории Российской Федерации ООПТ тем, что его образование происходит благодаря волонтерскому движению (это может быть инициатива бизнеса или научных учреждений), он не имеет юридического лица и административных границ, ведение хозяйственной и рекреационной деятельности на территории геопарка активно осуществляется.



**Рис. 1.** Геологический памятник природы в системе особо охраняемых природных территорий.

Помочь не только сохранить геологические памятники природы, но и рационально их использовать может развитие в России движения по созданию геопарков по программе ЮНЕСКО [7].

Итак, объектами охраны геопарка являются исключительно объекты геологического наследия и геологические памятники природы, да в национальных парках и заказниках тоже могут быть такие же объекты охраны, но в геопарках эти объекты являются основными и геопарк может быть создан только на территории богатой такими объектами.

Возможность создания геопарка на той или иной территории, прежде всего, определяется совокупностью уникальных геологических объектов в пределах данной территории, то есть геологическим наследием. Однако, простой концентрации геологических объектов тоже недостаточно. Для того чтобы территория вызвала интерес науки, образования, туризма необходимо, чтобы объекты геологического наследия характеризовались георазнообразием и уникальностью отдельных объектов. Кроме того, территория должна быть интересна и с негеологической точки зрения: этническими особенностями, культурой населения, биоразнообразием, историческим прошлым.

Функции геопарка [8]:

Природоохранная.

Образовательная и научная: геопарки распространяют научные знания, культурную и природоохранную концепции, также геопарк – это площадка для обмена научными знаниями, стимуляции научных исследований

Функция экономического роста: одной из главных целей деятельности геопарка является стимулирование экономического роста в рамках концепции устойчивого развития, а именно жизнь людей стремится быть в гармонии с природой, деятельность людей не наносит ущерба окружающей среде, окружающая среда – неотъемлемая часть развития территории.

Международная: при создании геопарка по программе ЮНЕСКО он автоматически входит в состав глобальной сети геопарков, а значит интерес всего мира будет обращен к территории геопарка.

Геопарки и геотуризм – это одно из направлений в охране природы и в туризме. Провозглашение курса на полноценный учет георазнообразия – вот главное в этом направлении, которое может сопутствовать историко-культурному, этнографическому, биосферному, спортивному туризму или быть самостоятельным. [9-12].

Геотуризм является разновидностью экологического туризма.

В пределах некоторых действующих заповедников и национальных парков также могут быть выделены участки, отвечающие по своей направленности геопаркам.

Геотуризм – это, по существу, специфический способ недропользования, при котором ресурсы недр остаются нетронутыми – ведь используются только их информационные качества (эстетические, познавательные, научные, культурные).

Геопарк – это уникальный инструмент, позволяющий стимулировать экономический рост региона (развитие малого бизнеса, привлечение инвестиций, развитие туристской отрасли, увеличение количества рабочих мест) с минимальным ущербом природе региона

В России необходимо создавать геопарки, которые помогут сохранить геологическое наследия, просветить население об уникальных природных объектах, об истории планеты, а также помогут экономическому развитию некоторых субъектов федерации.

#### Список литературы

1. Рубан Д.А. Геоконсервация как метод сохранения геологического наследия России//Отечественная геология. – 2006. - № 2. – С. 78-81.
2. Лапо А.В. Состояние проблемы изучения и сохранения объектов геологического наследия России//Материалы научно-практической конференции «Проблемы борьбы с проведением незаконных раскопок и незаконным оборотом предметов археологии, минералогии и палеонтологии». - Красноярск, 2001. - С. 103-108.
3. Лапо А.В. Исследования по инвентаризации объектов геологического наследия и организации их охраны//Геолком-ВСЕГЕИ в развитии геологической службы и укреплении минерально-сырьевой базы России. 1882-2002. - СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. - С. 335-337.
4. Лапо А.В., Вдовец М.С. Проблема сохранения геологического наследия России//Отечест. геология - 1996. - № 9. - С. 6-12.
5. Потемкин Л.А. Полнее сохранить геологические памятники природы//Советская геология. - 1981. - № 10. - С. 121-126.
6. Об особо охраняемых природных территориях: Федеральный закон от 14 марта 1995 № 33-ФЗ
7. Рубан Д.А. Уникальные центры георазнообразия - основа для создания национальных геопарков//Отечественная геология. - 2010. - № 4. - С. 77-80
8. Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geopark Network: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2010. – p. 2-8

#### Перспективы переработки и использования отходов энергетической деятельности

*Кравченко А.В.*

*Доцент Новосибирского Государственного Технического Университета  
kavenco@yandex.ru*

В последнее время всё большую популярность набирают бизнес-идеи, основанные на переработке различных видов отходов, - твёрдых бытовых, промышленных, медицинских, опасных и других. Такие идеи находят своё применение и в энергетике, где особенно остро стоит вопрос хранения и переработки золошлаковых отходов (далее ЗШО) деятельности ТЭС.

На энергопредприятиях по всему миру реализуются проекты по переработке ЗШО. Ведутся исследования, внедряются новые технологии, создаются дочерние компании, служащие переходным звеном между энергетическими и строительными компаниями (например, Вау Mineral (ВМ) - дочерняя фирма немецкой энергосистемы). К сожалению, в России система использования золошлаковых отходов практически не развита. Уровень утилизации, переработки и использования золошлаковых отходов в России ничтожно мал (в последние 10 лет он колеблется от 3 до 14%).

Принципиальная идеологическая разница: в развитых странах золошлаки называются побочным продуктом ТЭС и электростанции осуществляют предпродажную подготовку продукта, доводя ее характеристики до требований официальных строительных нормативных документов. В России золошлаки официально называют отходами, и электростанции предлагают потребителям именно отходы, а не технологически доработанный продукт с соответствием его характеристик требованиям строительных нормативных документов.

В настоящее время основная масса ЗШО применяются в строительной отрасли для производства цемента, бетона, кирпича, шлакоблоков, легких заполнителей, рубероида, керамзита и др. строительных материалов. Помимо этого золошлаки находят применение в сооружении дамб, строительстве и ремонте дорог. В результате использования ЗШО потребление цемента снижается на 30%, природных заполнителей (песка, щебня) – более чем на 50%. Зола находит

свое применение и в сельском хозяйстве. Золошлаковые материалы применяют для улучшения текстуры почв, изменения их плотности, увеличения влажного замещения, нейтрализации кислотности и снижения неравноностей поверхности. ЗШО содержат ряд ценных элементов, себестоимость получения которых на 60% ниже, чем извлечение из промышленных руд.

На сегодняшний день в России отсутствует единая концепция по переработке и использованию золошлаков: нет законодательной и нормативно-правовой базы, нет контрольных показателей, на которые нужно ориентироваться при переработке и использовании ЗШО, очень мало примеров, которые могли бы наглядно демонстрировать эффективность вложения финансовых средств в это направление.

Среди таких примеров – завод ЗАО «АФИНА» (г. Челябинск), где было организовано производство силикатного кирпича, для изготовления которого в качестве основного сырья используется зола Челябинской ТЭЦ-2 (до 80 % объема материала кирпича). На ТЭЦ-22 ОАО «Мосэнерго» нет производства как такового, однако налажена система реализации ЗШО малыми предприятиями. ЗШО из золоотвала поставляется на цементные заводы, кирпичные заводы, дорожное строительство (Киевское шоссе), завод железобетонных конструкций. Было выпущено 50 тыс. м<sup>3</sup> блоков для подземных каналов теплотрасс, строительных блоков и абразивных материалов. Зола применялась в качестве добавки в асфальтобетон при первом расширении Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД), при строительстве шоссе Москва-Серпухов, Москва-Кашира. Тольяттинская ТЭЦ производит из ЗШО пористый наполнитель – шлакозит, который нашел применение как футеровочный материал для ремонта котельных установок, заменив шамотный огнеупор. Основным исходным сырьем для его получения является шлак жидкого шлакоудаления. ЗШО Дорогобужской ТЭЦ поставляются на картонно-рубероидные заводы (до 12 тыс. т./год) и на цементно-шиферные заводы.

В Новосибирске так же имеется опыт переработки золошлаковых материалов. С 2000 года на рынке строительных материалов действует компания ЗАО «СКБ», которая производит фасадную, интерьерную и тротуарную плитку, декоративные и архитектурные элементы, используя в качестве сырья ЗШМ ТЭЦ-5.

В данной работе будет рассмотрен инвестиционный проект с рабочим названием «Завод по переработке золошлаковых отходов деятельности новосибирской ТЭЦ-2 ОАО «Новосибирскэнерго», на примере которого можно увидеть все преимущества и недостатки ведения дополнительной деятельности на базе действующих энергетических объектов.

В ходе производственной деятельности на объектах ОАО «Новосибирскэнерго» (в дальнейшем «СИБЭКО») образуются отходы производства и потребления I, III, IV и V класса опасности, различающихся степенью вредного воздействия на окружающую природную среду — от очень высокой (отработанные люминесцентные трубки (лампы)) до очень низкой, то есть практически не опасные (отходы бумаги, картона упаковочного, стеклянный бой, бой бетона и кирпичной кладки и т.д.). ОАО «СИБЭКО» не осуществляет прием отходов от сторонних организаций.

Все отходы за исключением золошлаков от сжигания углей и шламов (осадков) химводоочистки временно хранятся на объектах предприятия, и по мере накопления:

- используются – сжигаются в котлоагрегатах совместно с основным топливом (остатки промышленных, турбинных, трансформаторных, компрессорных масел; шлам очистки трубопроводов и емкостей от нефтепродуктов; уловленная на очистных сооружениях пленка нефтепродуктов, обтирочная ветошь, загрязненная маслами, отходы активированного угля).

Возможность применения золошлаков подтверждена проведенными исследованиями макрокомпонентного состава отходов ОАО «Новосибирскэнерго», на основании которых получено санитарно-эпидемиологическим заключением на применение (использование) новых видов продукции «Золошлаковая смесь (ЗШС) бурых углей К-Ачинского бассейна из золоотвала ТЭЦ-3, Кузнецкого угля из золоотвалов ТЭЦ-4 и ТЭЦ-5 г. Новосибирска» для вертикальной планировки территории под строительные объекты, как основание дорожных одежд, сырье и компоненты для производства строительных материалов. Кроме того уже имеется опыт использования золошлаковой смеси ТЭЦ-3 наряду с песками для вертикальной планировки территории под строительство Новосибирской ТЭЦ-6. В настоящее время проводятся проектно-изыскательские работы по использованию золошлаковых смесей ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 для вертикальной планировки территории п. Затон, выделенной мэрией г. Новосибирска под застройку.

Производство начинает приносить доход только при определённом объеме выпуска, - этот объем обозначает так называемую точку безубыточности. Так как в этой точке общая выручка равна общим издержкам, она является разделяющей линией между прибылью и убытками и называется точкой минимального предельного объема или точкой критического объема:

$$S_b = \frac{FC}{a}$$

Где  $S_b$  - объем продаж в точке критического объема производства; FC - сумма постоянных издержек;  $a$  - постоянный коэффициент отношения валовой прибыли к объему продаж (коэффициент маржинальной прибыли в % или относительных единицах) или уровень валовой прибыли.

В точке критического объема покрываются только постоянные и переменные издержки, а чистая прибыль равна нулю. При этом, валовая (маржинальная) прибыль (разница между выручкой и переменными издержками) равна постоянным издержкам.

В результате расчетов может быть получен показатель запаса прочности как отношение суммы продаж, превышающей предельный объем, к текущему объему продаж. Показатель запаса прочности определяется в относительных единицах или в %. Он означает, что объем продаж может быть уменьшен на полученную величину запаса прочности в %, прежде чем предприятие начнет нести убытки, то есть тем самым определяется риск бизнеса.

Определим объем продаж в денежном выражении в точке критического объема продаж:

$$S_b = \frac{FC \times S}{S - VC}$$

где  $S$  - объем продаж в руб;  $VC$  – сумма переменных издержек в руб.

Обратимся к следующему параметру – чистая приведенная ценность NPV (или ЧДД – чистый дисконтированный доход), который представляет собой разность между текущей стоимостью потока будущих доходов или выгод и текущей стоимостью будущих затрат на осуществление, эксплуатацию и техническое обслуживание проекта на протяжении всего срока службы. ЧДД – наиболее общий показатель, показывающий доходы собственников капитала за весь жизненный цикл инвестиционного проекта.

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E)^t}$$

Где  $R_t$  - суммарные результаты (выгоды или доходы), достигаемые на  $t$ -м шаге расчёта;  $Z_t$  - затраты, осуществляемые на том же шаге,  $E$  - норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал,  $T$  - горизонт расчёта, равный номеру шага расчёта.

Предварительно определяем дисконтную ставку. Это можно сделать с использованием формулы

$$(1 + E) = (1 + R) \cdot (1 + I) \cdot (1 + b)$$

где  $R$  - минимально приемлемая для инвестора норма доходности в России,

$I$  - инфляционная составляющая,

$b$  - рискованная поправка.

Приведенный механизм оценки позволит потенциальным инвесторам сравнивать эффективность данного проекта по переработки ЗШО с другими по критерию максимума ЧДД. Так же данный показатель можно использовать для собственных нужд проекта, например, рассматривая влияние различных видов издержек на получаемый доход. И если опыт переработки ЗШО за рубежом дает инвесторам прибыль, то и в России можно ожидать хороших перспектив.

#### Список литературы

1. Коваль, О. Н. Анализ технологий и методов утилизации твёрдых продуктов десульфуризации и частиц золы / О.Н. Коваль, В.Г. Ерошенко. – Режим доступа: <http://www.ufpk.com.ua/files/p3/analiz.html><http://www.dist-cons.ru><http://www.ru.wikipedia.org/>, свободный, – Загл. с экрана.
2. Мариничева, О. Как превратить пепел в алмаз / О. Мариничева // Энергетика и промышленность России. – 2008. – Вып. 13. – С. 46–47.
3. Новиков, О. Н. Извлечение металлов из золоотвалов / О.Н. Новиков. – Режим доступа: <http://igoog.ru/content/view/100/2/>, свободный, – Загл. с экрана.
4. Обзор эффективных экологических проектов, внедрённых на предприятиях ОАО РАО «ЕЭС

России» : офиц. текст. – М. : 2010. – 69 с.

#### Методика определения химического состава, массовой доли компонентов и размеров частиц торфяного шлама

*Кузьмин В.А., Заграй И.А., Рукавишникова Р.В.*

*ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», Россия, г. Киров  
[vl.kuzmin@mail.ru](mailto:vl.kuzmin@mail.ru)*

Согласно распоряжению правительства РФ «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе увеличения доли использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» увеличение доли использования биоресурсов должно возрасти к 2020 году до 4,5 % [1].

Мировые ресурсы торфа признаны уникальным природным потенциалом. Торф занимает значительное место в энергетике ряда европейских стран (Финляндия, Ирландия, Швеция и др.). В России сосредоточено около 30 % мировых запасов торфа, но они в настоящее время остаются невостребованными. Доля торфяной энергетики составляет менее 1 % от всех источников энергии [2]. По запасам торфа Кировская область занимает второе место в Приволжском федеральном округе, что составляет 25 % от общих запасов. В настоящее время на территории области известно порядка 2000 торфяных месторождений общей площадью 500 тыс. га, что составляет около 4 % от всех территорий [3].

Исследования показывают, что «расплавленная» зола торфа негативно воздействует на обмуровку топки, выполненную из шамотного кирпича. В результате взаимодействия золы и шамота температура плавления последнего уменьшается, и прочность его резко снижается [2]. Определение размеров частиц торфяного шлама, образовавшихся после сгорания топлива, является важным не только для расчета тепловых потоков и теплообмена, но и для экологической безопасности.

В данной работе изучались образцы торфяного шлама с целью разработки методики определения его химического состава, массовой доли компонентов, размеров частиц торфяного шлама и построения их функций распределения.

В качестве объектов исследования взяты два образца торфяного шлама. Образец №1 – шлам после сжигания торфяного брикета при температуре 600°C, представлял собой порошок желтоватого оттенка. Образец №2 – шлам после сжигания торфа на ТЭЦ-4 г. Кирова при температуре 1000...1350°C, представлял собой порошок тёмно-коричневого оттенка. Исследования образцов торфяного шлама проводились на базе лаборатории современных методов физико-химического анализа, входящей в состав научно-образовательного центра «Нанотехнологии» Вятского государственного университета (ВятГУ).

Исследования структуры и размеров частиц торфяного шлама проводились на сканирующем электронном микроскопе JSM-6510LV фирмы «JEOL» (Япония), основанном на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым веществом. Сканируя поверхность объекта электронным пучком, получают карту рельефа проанализированной зоны. Для примера на рис. 1 представлены данные, полученные с помощью электронной микроскопии для образца №2. Частицы торфяного шлама представляют собой образования неправильной формы, находящиеся на небольшом расстоянии друг от друга, слипания между частицами не наблюдаются.

Результаты сканирующей микроскопии позволили определить размеры отдельных частиц с помощью графических инструментов. Снимки отдельных полей зрения анализировались в ручном режиме. Для каждого образца в процессе статистической обработки данных заполнялись массивы, содержащие данные о размерах частиц.

В работе использовалась система Mathcad, имеющая ряд встроенных функций для расчетов числовых статистических характеристик рядов случайных данных. Общее число данных  $n$ , среднее значение  $x_m$ , среднеквадратичное (стандартное) отклонение  $\sigma$  рассчитывались соответственно с помощью встроенных функций  $length(x)$ ,  $mean(x)$  и  $stdev(x)$ , где  $x$  – массив данных. Нижнее  $low$  и верхнее  $hi$  значения коридора ошибки (доверительная вероятность  $\alpha = 0,68$ ) вычислялись по формулам:

$$low = x_m - \sigma,$$

$$hi = x_m + \sigma.$$

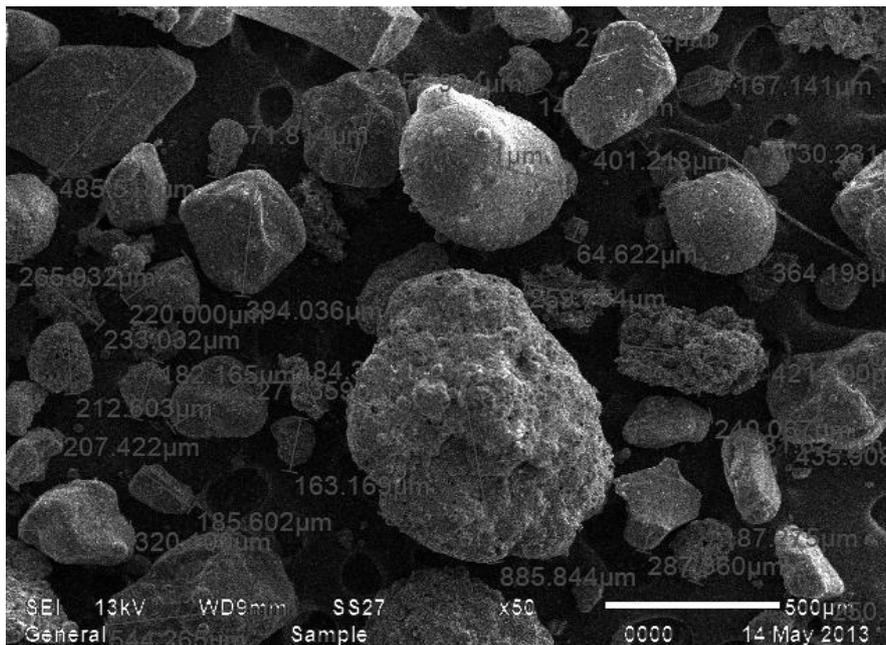


Рис. 1. Результаты электронной сканирующей микроскопии на примере образца №2

Для описания размеров частиц для образца №1 использовалось логарифмически-нормальное распределение:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot x \ln \sigma} e^{-\frac{(\ln x - \ln x_m)^2}{2(\ln \sigma)^2}}$$

с параметрами  $x_m = 22,89$  мкм и  $\sigma = 18,39$ .

Для описания размеров частиц для образца №2 использовалось нормальное (Гауссовское) распределение:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} e^{-\frac{(x-x_m)^2}{2\sigma^2}}$$

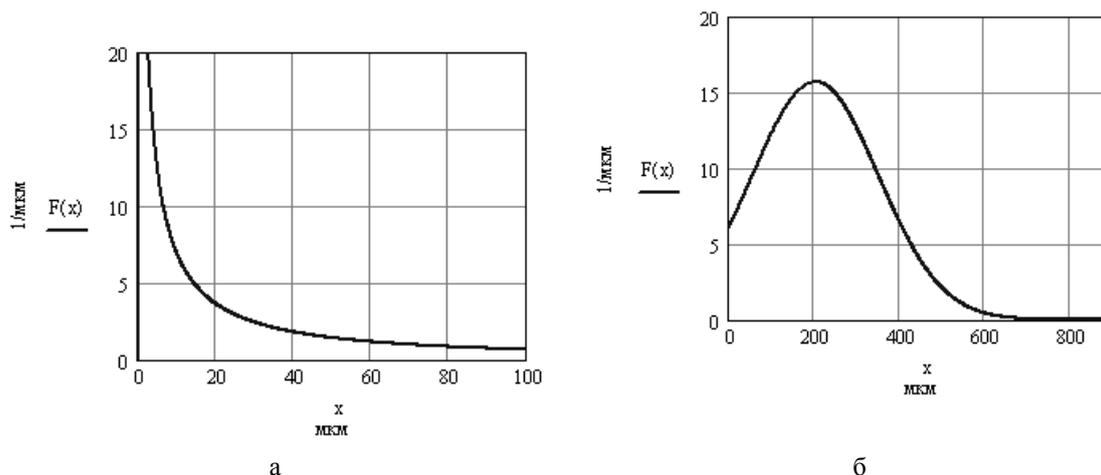


Рис. 2. Функции распределения частиц по размерам торфяного шлама:  
а – образец №1; б – образец №2

с параметрами  $x_m = 203,6$  мкм и  $\sigma = 148,2$ .

Полученные графики функций распределения частиц шлама по размерам приведены на рис. 2.

Возможности микроскопа JSM-6510LV позволили определить химический состав сканируемой поверхности за счёт встроенного энергодисперсионного спектрометра (ЭДС). ЭДС выводит спектр элементов в точке наблюдения образца. Данные химического состава шлама для указанных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав торфяного шлама по результатам сканирующей электронной микроскопии

Элемент	Образец №1		Образец №2	
	Весовой состав, %	Атомный состав, %	Весовой состав, %	Атомный состав, %
O	39,20	55,40	52,75	67,67
Ca	27,08	15,27	1,48	0,76
Fe	10,01	4,05	5,36	1,97
Si	9,00	7,25	26,54	19,40
C	5,68	10,70	-	-
Al	5,46	4,58	10,68	8,13
S	2,50	1,76	-	-
Mg	1,07	1,00	1,26	1,06
K	-	-	1,94	1,02

Из таблицы видно, что в обоих образцах преобладают спектры кремния, алюминия, кальция, железа и кислорода. Заметное влияние на колебание состава рабочей массы торфяного шлама оказывает содержание углерода и кислорода, которые являются, в известной степени функцией глубины залегания торфа. Кислород составляет более 50% атомного состава исследованных образцов. Углерод обнаружен только в образце №1.

Однако полученные данные не дают чёткого представления о вещественном составе шлама, так как каждый элемент определен вне состава соединения. Также состав считывался с ограниченного небольшого участка каждого образца, что не позволяет достаточно точно получить представление о химическом составе образцов в целом.

Таблица 2. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа образцов торфяного шлама

Химическое соединение	Образец №1	Образец №2
	Состав в % по массе	Состав в % по массе
SiO <sub>2</sub>	46,571	41,556
CaO	25,293	20,262
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,576	20,121
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,181	11,192
SO <sub>3</sub>	6,334	0,815
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,039	1,875
K <sub>2</sub> O	1,083	1,717
TiO <sub>2</sub>	0,750	1,132
MgO	0,633	0,806
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,204	0,060
ZnO	0,141	-
SrO	0,108	0,112
MnO	0,081	0,353

Для более детального изучения химического состава торфяного шлама использовался рентгенофлуоресцентный спектрофотометр EDX-900HS (фирмы «Shimadzu», Япония). Действие прибора основано на сборе и последующем анализе спектра, полученного путём воздействия на исследуемый материал рентгеновским излучением. В результате получается рентгенофлуоресцентные спектры. Программное обеспечение аппарата позволяет не только выявить элементный состав, но также имеет функцию пересчёта элементного состава в оксидную форму. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Из таблицы видно, что в шламе преобладают оксиды SiO<sub>2</sub>, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Температура сжигания образцов находится в пределах от 600 до 1350°C. Это означает, что по плавкости минеральной части шлам относится к шламу с низкой температурной плавления. Средний состав массовой доли компонентов в ранее полученных данных [2] и в исследуемых образцах совпадают. Так как низкая температура плавления золы торфа этой группы объясняется образованием

легкоплавких соединений с большим содержанием файолита ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ), можно предположить содержание данного соединения в шламе исследованных образцов. Степень разложения торфа обычно колеблется в пределах от 10 до 50%. С уменьшением степени разложения торфа выход летучих веществ увеличивается. Чем больше химический возраст торфа, тем больше степень его разложения и меньше выход летучих веществ. В образце №1 содержится большое количество  $\text{SO}_3$ , следовательно, летучие вещества не выходят в полной мере и степень разложения торфа данного образца высока.

В работе предложена методика определения химического состава, массовой доли компонентов, размеров и функции распределения частиц по размерам торфяного шлама. Данная работа представляет собой блок разрабатываемой комплексной методики моделирования оптических свойств, радиационных и излучательных характеристик гетерогенных продуктов сгорания с целью исследования влияния вышеперечисленного на процессы горения и эффективность работы энергетических установок.

#### Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 N 1-р (ред. от 28.05.2013) «Об утверждении Основных направлений государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года (с изменениями на 28 мая 2013 года) [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/902137809> (дата обращения: 13.10.2013).
2. Разработка концепции программы развития торфяной отрасли Кировской области на перспективу до 2013 года (ред. 21.03.2007): отчет по выполнению I этапа работ / ОАО «ТГК-5»; рук. Э.Ю. Смелов. – Киров, 2007. – 141 с.
3. Уланов Н.А. Торфяные и выработанные почвы. – Киров: ОАО «Дом печати – Вятка», 2005. – 287 с.

#### Повышение энергоэффективности процесса сушки торфа в паровых трубчатых сушилках с помощью распознавания и классификация производственных ситуаций

*Кулаковский Л.Я., Розен В.П., Алтухов Е.И.*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
Институт энергосбережения и энергоменеджмента, Украина, г. Киев  
[kulakovskiy@ukr.net](mailto:kulakovskiy@ukr.net)*

**Введение.** Применение ручного регулирования параметров сушки торфа и субъективность в определении необходимых режимов работы приводят к высоким затратам энергоносителей, низкой производительности процесса, его пожароопасности [1]. Энергоэффективное управление процессом сушки торфа в сушилке Цемаг возможно реализовать в условиях автоматизированного управления в котором центральным ядром является математическая модель, позволяющая выявить факторы, наиболее сильно влияют на процесс сушки и оптимизировать их работу. Именно разработка эффективного алгоритма управления процессом сушки торфа позволит оператору сушилки облегчить задачу получения сушенки необходимого качества, повысить пожаробезопасность процесса и рационально использовать энергоресурсы.

**Основная часть.** Построенные с помощью методов индуктивного моделирования математические модели энергопотребления процесса сушки торфа, [2] позволили найти оптимальные управляющие изменения при определенных значениях возмущающих воздействий, удовлетворяющих условиям качества сушенки и пожаробезопасности. Для построения системы управления процессом сушки торфа наиболее целесообразно использовать многослойный перцептрон, как модель с высоким быстродействием после обучения, возможностями экстраполяции, построения функции любой сложности, в меньшей степени чувствительной к увеличению числа входных воздействий, что особенно важно для построения модели многофакторного объекта. Обученный на экспериментальных опытах перцептрон позволяет реализовать решения задачи «вход–выход», т.е. при поступлении новых значений возмущающих воздействий он позволяет просчитать оптимальные управляющие воздействия.

Однако в реальных условиях изменить управляющие воздействия на оптимальные, удовлетворяющих условиям минимума потребления энергии и качества полученной сушенки, не всегда возможно. Сложность изменения управляющих воздействий, которые установлены для торфа доставленного предварительной вагонеткой, на новые, объясняется инерционностью

процесса сушки, поскольку быстрая смена одного из управляющих параметров может привести к выходу некачественной сушенки, что находится в барабане сушилки на момент перехода работы сушилки на новые режимные параметры. Кроме этого, бывают случаи, когда, например, температуру агента сушки необходимо увеличить с 100°C до 130°C, а для торфа следующей вагонетки наоборот. Это в свою очередь приведет к увеличению расходов торфа на сжигание в котельных, значительные затраты времени на переход на необходимые режимные параметры работы сушилки и является достаточно сложным для регулирования количества подачи торфа необходимого для сжигания и температуры сушильного агента в частности.

Для уменьшения влияния резкого изменения управляющих воздействий на процесс сушки при изменении возмущающих воздействий необходимо проводить распознавание и классификацию производственных ситуаций и согласно с этим подбирать управляющие воздействия. Целью создания вычислительных систем распознавания является автоматизация группы процессов восприятия и познания, связанных с поиском, выделением, идентификацией, классификацией и описанием ситуаций на основе анализа реальных данных, полученных тем или иным способом [3].

Распознавание, конечно, связывают с двумя функциями: отнесением некоторого объекта к неизвестному классификатору класса объектов и идентификации некоторого объекта как элемента известного классификатору класса [4]. Первая функция представляет собой процесс выделения новых классов, так называемая, кластеризация, а вторая – это собственно распознавание. Центральная задача распознавания образов – построение на основе систематических теоретических и экспериментальных исследований эффективных вычислительных средств для отнесения формализованных описаний ситуаций и объектов к соответствующему классу.

Классификацию ситуаций целесообразно осуществлять на основе дискриминантного анализа, который позволяет изучать различие между двумя и более группами (классами) объектов по нескольким переменным одновременно, и на основе найденных характеристик классов проводить идентификацию объектов с неизвестной классовой принадлежностью. Целью дискриминантного анализа является разработка приемов решения задач распознавания (дискриминации) новых объектов путем сравнения величины их признаков с аналогичными показателями уже исследованных кластеров. Такое сравнение позволяет классифицировать новые объекты (ситуации), отнести их в те или иные группы [5].

Пусть каждая из  $n$  производственных ситуаций описывается  $m$  факторами информации в виде матрицы  $Z$  исходных данных. Также описывается определенная характеристика  $S$  ( $S = 1, 2, \dots, P$ ), которая указывает на принадлежность ситуации к некоторому кластеру. Значение  $S$  может быть определено заранее посредством проведения кластерного анализа.

В качестве критерия объединения ситуаций в классы можно использовать затраты энергии для получения сушенки необходимого качества. То есть согласно значению функции энергопотребления, которые она принимает при соответствующих значениях возмущающих и управляющих воздействиях, ситуации можно классифицировать с наименее к наиболее энергозатратных.

Совокупность ситуаций с найденными параметрами  $Z$  и  $S$  используется для нахождения связи между значениями этих характеристик и называется учебной выборкой (учителем). Тогда задача состоит в построении с помощью учителя дискриминантной функции  $f(x)$  и отнесении на ее основе новой ситуации к одному из  $P$  кластеров  $W_1, W_2, \dots, W_P$  [5]. Поэтому дискриминантный анализ позволяет идентифицировать определенные новые воздействия к соответствующему классу.

Дискриминантная функция производственных ситуаций сушилки торфа имеет следующий вид:

$$\hat{S} = C_0 + C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_5X_5 + C_6F_1 + C_7F_2 + \dots + C_{13}F_8, \quad (1)$$

где  $\hat{S}$  – значение параметра, идентифицирующего принадлежность ситуации к определенному кластеру;  $C_0, C_1, \dots, C_{13}$  – неизвестные коэффициенты регрессии;  $X_1, \dots, X_5$  – значения управляющих воздействий;  $F_1, \dots, F_8$  – значения возмущающих воздействий.

Приведем алгоритм по которому осуществляется управление технологическим процессом сушки торфа в сушилках:

Шаг 1. Классифицируем производственные ситуации и управляющие переменные согласно классификатору. Определяем классы производственных ситуаций, отвечающих определенным классам управляющих параметров.

Шаг 2. Измеряем и определяем входные возмущающие воздействия.

Шаг 3. С помощью обученного персептрона определяем необходимые оптимальные по энергопотреблению управляющие воздействия процесса сушки торфа, подавая на вход нейросети возмущающие воздействия, что позволит на выходе получить параметры управления. Устанавливаем найденные значения управляющих параметров на производстве.

Шаг 4. С помощью дискриминантного анализа осуществляем распознавание производственной ситуации и относим ее к необходимому классу производственных ситуаций и классу управляющих воздействий.

Шаг 5. При поступлении следующей вагонетки торфа повторяем шаг 2 и шаг 4.

Шаг 6. Сравниваем соответствие классу производственной ситуации с установленными параметрами (классом) управляющих воздействий. Если дискриминантная функция соответствует области установленных классов производственных ситуаций и управляющих переменных, технологические параметры процесса остаются неизменными; нет – меняем значения управляющих параметров до момента соответствия новому классу ситуации классу управляющих переменных. Изменение регулирующих параметров целесообразно проводить согласно корреляционных связей возмущающих воздействий с управляющими. Для этого отбираются 2-3 возмущающих воздействия, что наиболее изменились по сравнению с предыдущими данными. Затем подбираем управляющие воздействия, которые имеют наибольшую корреляционную связь с отобранными входными параметрами. Меняем значение подобранных регулирующих воздействий до момента вхождения дискриминантной функции в необходимый класс производственных ситуаций. Для того, чтобы не менять постоянно лишь один из управляющих параметров, нужно ограничить их изменение в определенных пределах. При достижении критически возможного уровня такого параметра, необходимо проводить изменение другого управляющего фактора, что также имеет значительную корреляционную связь с входными параметрами, которые наиболее изменились по сравнению с параметрами торфа предыдущей вагонетки.

**Заключение.** Классификация и распознавание производственных ситуаций позволяет построить эффективную систему управления процессом сушки торфа в паровых трубчатых сушилках, что позволит минимизировать затраты энергоносителей, повысить качество сушенки и производительность сушилки.

#### Список литературы

1. Гнеушев В.О. Брикетования торфу: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2010. – 167 с.
2. Кулаковський Л.Я. Знаходження за допомогою МГУА математичної моделі процесу процесу сушіння торфу в парових трубчатих сушарках/ Л.Я. Кулаковський, В.П. Розен// Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів. Збірник наукових праць I Міжнародної науково-технічної конференції викладачів, аспірантів і студентів. – Донецьк: РВВ«ДВНЗ»ДонНТУ, 2013. – С. 129-131.
3. Аксенов А.И. Параллельная обработка информации: Т. 5 Проблемно-ориентированные и специализированные средства обработки информации/ А.И. Аксенов, В.В. Аристов, Е.Ю. Барзилович и др. – АН УССР. Физ.-мех. ин-т. – Киев: Наук. думка, 1990. – 504 с.
4. Загоруйко Н.Г. Методы распознавание образов и их применение. – М.: Сов. Радио, 1976. – 206 с.
5. <http://ua.convdocs.org/docs/index-49428.html>

#### Концепция утилизации минеральной части бурых углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии

*Кучерина А. Н., Долгих А. Ю., Николаева В. И., Черкашина Г. А.*

*Томский Политехнический Университет, Россия, г. Томск*

[cannonfodderzura@mail.ru](mailto:cannonfodderzura@mail.ru)

В течение XX века и в настоящее время основной задачей тепловых электрических станций (ТЭС) работающих на твердом топливе является выработка электрической и тепловой энергии, при этом проблемы, связанные с экологией, стали сверх актуальны в последние 2 десятилетия. Однако вред, наносимый ТЭС окружающей среде, был настолько очевиден и настолько велик, что не мог оставаться без внимания. Почти на всех угольных ТЭС удаление золы и шлаков в намывные отвалы осуществляется гидравлическим способом. При этом системы гидрозолоудаления и складирования золы и шлака порождают много сложных инженерно-технических и экологических проблем. При непрерывном росте количества золы, транспортируемой в золошлаковые отвалы, требуется дополнительный отвод земли вблизи ТЭС.

При строительстве новых станций необходимо на этапе проектирования планировать ввод технологических схем утилизации золошлаковых отходов для решения экологической проблемы, связанной с выбросами золы и шлака, путем комплексной переработки отходов в несколько видов материалов, которые могут быть использованы в различных отраслях. Основные направления переработки золошлаковых отходов представлены на рис. 1.



Рис.1. Направления утилизации золошлаковых отходов

Однако золошлаковые отходы составляют миллионы тонн, поэтому утилизация должна осуществляться в тех отраслях хозяйства, в которых есть большие и постоянные потребности в сырьевых ресурсах. Золошлаки и получаемые из них продукты могут использоваться в различных направлениях. Самыми крупными ее потребителями могут стать строительная индустрия, производство стройматериалов и дорожное строительство.

Пригодность золы и шлака в качестве основного сырья при производстве строительных материалов и в бетонах различного назначения в качестве заполнителя или взамен части вяжущего материала определяется, прежде всего, отсутствием или ограниченным содержанием в них вредных компонентов, ухудшающих физико-механические характеристики строительных материалов и бетонов, снижающих их эксплуатационно-технические свойства или затрудняющих технологические процессы производства и ограничивающих область применения [1].

Также отходы могут использоваться в качестве засыпного материала выработанных карьеров, шахт и различного вида оврагов. Необходимо принимать во внимание такие параметры как щелочность, кислотность и общий показатель потенциально опасных компонентов как сера и т. д. Но закладка золы в пустых пространствах подземных горных выработок имеет смысл только при близком расположении к ним ТЭС [2].

Однако наличие даже очень малого процента ценных компонентов в объеме отходов позволяет рассматривать их как потенциальный источник для получения различных элементов, таких как ценные металлы. Ведь состав углей и следовательно золы может включать в себя довольно обширный ряд всевозможных металлов, даже такие редкие и дорогие как золото и титан. Минимальные содержания ценных элементов, позволяющие положительно оценивать энергетическое топливо как сырье для сопутного их получения представлены в [3]:

Использование золы в качестве удобрений в сельском хозяйстве является одним из основных направлений применения золы бурых углей, особенно золы с повышенным содержанием кальция и магния. Зола, внесенная в почву, больше всего влияет на ее физические и химические свойства, такие как химическая реакция, кислотность, количество меняющегося алюминия, сорбционная и водопоглощительная способность. Летучую золу, непосредственно внесенную в почву, можно расценивать как удобрение, содержащее кальций и магний. Зола бурых углей обладает несколько меньшей щелочностью, чем удобрения на основе кальция, однако, она содержит другие компоненты, жизненно важные для растений, особенно магний.

Осадки сточных вод, используемые в сельскохозяйственных целях, должны соответствовать определенным требованиям. Одним из способов подготовки осадков для их использования в сельском хозяйстве является добавка золы, что делает возможным использование смеси для удобрения растений. Полученные смеси имеют низкую влажность, и кроме того, щелочная реакция золы приводит к ошелачиванию шлама, что является благоприятным фактором. Также благоприятными являются процессы компостирования шлама и золы. Добавка золы бурого угля в шлам замедляет скорость минерализации органических веществ, содержащихся в шламе, благодаря чему потери азота и угля во время компостирования смесей меньше, чем потери в случае использования шлама без добавок [4].

При оценке возможного варианта утилизации не горючей части от сжигания исследуемого угля необходимо обратить внимание на гранулометрический, химический, а также фазово-минералогический составы золы и сопоставить с техническими требованиями, предъявляемыми к изготавливаемым материалам и изделиям.

Усредненный химический состав золы бурых углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии представлен в таблице 1.

Таблица 1. Усредненный химический состав золы

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MaO	SiO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
41 %	17 %	16 %	6 %	12 %	4 %	0,5 %	0,08 %

На данном этапе свойства минеральной части исследуемого угля рассматриваются на основании химического состава золы. Согласно существующим требованиям производится оценка возможного варианта для утилизации:

Строительные материалы:

Производство цементов: SiO<sub>2</sub> – не менее 25%, CaO – менее 10% [5].

Бетоны и растворы [6]:

Легкие бетоны: CaO+MaO - менее 3%.

Бетоны на портландцемент: CaO+MaO - менее 3%, Карбонаты – менее 2%.

Жаростойкие бетоны: SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - не менее 75%, SiO<sub>2</sub> – не менее 40%, SiO<sub>3</sub>- менее 3%, CaO+MaO - менее 4% [7].

Ячеистые бетоны: CaO – не менее 40%, K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O - менее 3,5%, SiO<sub>3</sub>- менее 6% [8].

Пористые заполнители [9]:

Аглопористый гравий: SiO<sub>2</sub> – 45-65%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 15-35%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2-18%, CaO + MaO - менее 12%, SiO<sub>3</sub> - менее 3%.

Керамзит: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 20-35% CaO – 7-12%

Зольный гравий: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – не менее 7%, CaO+MaO - менее 8%.

Шамот: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 28-33% для ряда марок изделия, SiO<sub>2</sub> – 14-28% [10].

Наполнители для мастик: Влажность по массе, не более 3 % [11].

Исходя из свойств и минерального состава золы, возможными вариантами утилизации является производство цементов, легких бетонов, зольного гравия путем перевода отходов в инертный вид. Также можно использовать в качестве сырья для получения наполнителей для мастик. Этому соответствуют легко достижимые технические условия.

Удобным и быстрым способом утилизации золошлаков предоставляется использование её в качестве засыпного материала при условии относительно небольшого расстояния от ТЭС до места закладки золы.

Содержание кальция и магния в золе бурых углей позволяет рассматривать возможность использовать исследуемый материал в качестве удобрений почвы.

На данном этапе исследований нет возможности оценить содержание редких металлов в золошлаках исследуемого угля. В дальнейшем планируется провести исследование позволяющее рассмотреть свойства материала с точки зрения содержания полезных компонентов.

#### Список литературы

1. Капустин Ф.Л., Уфимцев В.М. Российские стандарты по использованию золошлаков теплоэнергетики в производстве строительных материалов. Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 57 – 64.
2. Паларски Я., Заяц А. Использование летучей золы и шлака электростанций при производстве горных работ в Польше // Материалы II научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 23–24 апреля 2009 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 73 – 79.
3. Жаров Ю.Н., Мейтов Е.С., Шарова И.Г. и др. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России - Справочник М.: Недра, 1996. 239 с.
4. Гибжинская М., Хари Г., Куява П. и др. Потенциал утилизации летучей золы бурых углей в сельском хозяйстве // Материалы III научно-практического семинара «Золошлаки ТЭС: удаление, транспорт, переработка, складирование», Москва, 22–23 апреля 2010 г. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. С. 68 – 71.
5. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. М.: ФГУП ЦПП, 2004.
6. ГОСТ 25592-91. Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1992.
7. ГОСТ 20910-90. Бетоны жаростойкие. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1991.
8. ГОСТ 25485-89. Бетоны ячеистые. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1993.
9. ТУ21-31-2-82. Зола тепловых электростанций как сырьё для производства аглопоритового гравия, керамического кирпича и камней. М.: ВНИИстром, 1982.
10. ГОСТ 390-96 Изделия огнеупорные шамотные и полукислые общего назначения и массового производства. Технические условия.
11. ГОСТ 2889-80 Мастика битумная кровельная горячая. Технические условия.

#### Экстренная психологическая помощь в экстремальных ситуациях

*Левченко А.А., Сечин А.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[levchenkoanna2011@mail.ru](mailto:levchenkoanna2011@mail.ru)*

Экстренная психологическая помощь (ЭПП) — это система краткосрочных мероприятий направленная на оказание помощи одному человеку, группе людей или большому числу пострадавших после кризисного или чрезвычайного события.

Экстренная психологическая помощь оказывается людям в остром стрессовом состоянии (ОСР). Это состояние представляет собой переживание эмоциональной и умственной дезорганизации.

Психодиагностика, психотехники воздействия и процедура оказания психологической помощи в экстремальных ситуациях имеют свою специфику.

В частности, психодиагностика в экстремальных ситуациях имеет свои отличительные особенности. В этих условиях из-за нехватки времени невозможно использовать стандартные диагностические процедуры. Действия, в том числе практического психолога, определяются планом на случай чрезвычайных обстоятельств.

Неприменимы во многих экстремальных ситуациях и обычные методы психологического воздействия. Все зависит от целей психологического воздействия в экстремальных ситуациях: в одном случае надо поддержать, помочь; в другом следует пресечь, например, слухи, панику; в третьем — принципами оказания помощи перенесшим психологическую травму в результате влияния экстремальных ситуаций являются:

- безотлагательность;
- приближенность к месту событий;
- ожидание, что нормальное состояние восстановится;
- единство и простота психологического воздействия.

Безотлагательность означает, что помощь пострадавшему должна быть оказана как можно быстрее: чем больше времени пройдет с момента травмы, тем выше вероятность возникновения хронических расстройств, в том числе и посттравматического стрессового расстройства.

Смысл принципа приближенности состоит в оказании помощи в привычной обстановке и социальном окружении, а также в минимизации отрицательных последствий «госпитализма».

Ожидание, что нормальное состояние восстановится: с лицом, перенесшим стрессовую ситуацию, следует обращаться не как с пациентом, а как с нормальным человеком. Необходимо поддерживать уверенность в скором возвращении нормального состояния.

Единство психологического воздействия подразумевает, что либо его источником должно выступать одно лицо, либо процедура оказания психологической помощи должна быть унифицирована.

Простота психологического воздействия — необходимо отвести пострадавшего от источника травмы, предоставить пищу, отдых, безопасное окружение и возможность быть выслушанным.

В целом служба экстренной психологической помощи выполняет следующие базовые функции:

- практическую: непосредственное оказание скорой психологической и (при необходимости) доврачебной медицинской помощи населению;
- координационную: обеспечение связей и взаимодействия со специализированными психологическими службами.

Ситуация работы психолога в экстремальных условиях отличается от обычной терапевтической ситуации, по меньшей мере, следующими моментами:

- Работа с группами. Часто приходится работать с группами жертв, и эти группы не создаются психологом (психотерапевтом) искусственно, исходя из нужд психотерапевтического процесса, они были созданы самой жизнью в силу драматической ситуации катастрофы.

- Пациенты часто пребывают в остром аффективном состоянии. Иногда приходится работать, когда жертвы находятся еще под эффектом травмирующей ситуации, что не совсем обычно для нормальной психотерапевтической работы.

- Нередко низкий социальный и образовательный статус многих жертв. Среди жертв можно встретить большое количество людей, которые по своему социальному и образовательному статусу никогда в жизни не оказались бы в кабинете психотерапевта.

- Разнородность психопатологии у жертв. Жертвы насилия часто страдают, помимо травматического стресса, неврозами, психозами, расстройствами характера и, что особенно важно для профессионалов, работающих с жертвами, целым рядом проблем, вызванных самой катастрофой или другой травмирующей ситуацией. Имеется в виду, например, отсутствие средств к существованию, отсутствие работы и пр.

- Наличие почти у всех пациентов чувства потери, ибо поскольку часто жертвы теряют близких людей, друзей, любимые места проживания и работы и пр., что вносит вклад в нозологическую картину травматического стресса, особенно в депрессивную составляющую данного синдрома.

- Отличие посттравматической психопатологии от невротической патологии. Можно утверждать, что психопатологический механизм травматического стресса принципиально отличается от патологических механизмов невроза. Таким образом, необходимо выработать стратегии работы с жертвами, которые охватили бы и те случаи, когда имеет место «чисто» травматический стресс, и те случаи, когда имеет место сложное переплетение травматического стресса с другими патогенными факторами внутреннего или внешнего происхождения.

Цель и задачи экстренной психологической помощи включают профилактику острых панических реакций, психогенных нервно-психических нарушений; повышение адаптационных возможностей индивида; психотерапию возникших пограничных нервно-психических нарушений. Экстренная психологическая помощь населению должна основываться на принципе интервенции в поверхностные слои сознания, то есть на работе с симптоматикой, а не с синдромами.

Проведение психотерапии и психопрофилактики осуществляют в двух направлениях. Первое со здоровой частью населения - в виде профилактики:

- а) острых панических реакций;
- б) отсроченных, «отставленных» нервно-психических нарушений.

Второе направление - психотерапия и психопрофилактика лиц с развившимися нервно-психическими нарушениями. Технические сложности ведения спасательных работ в зонах катастроф, стихийных бедствий могут приводить к тому, что пострадавшие в течение достаточно продолжительного времени окажутся в условиях полной изоляции от внешнего мира. В этом случае рекомендуется психотерапевтическая помощь в виде экстренной «информационной терапии», целью которой является психологическое поддержание жизнеспособности тех, кто жив, но находится в полной изоляции от окружающего мира (землетрясения, разрушение жилищ в

результате аварий, взрывов и т.д.). «Информационная терапия» реализуется через систему звукоусилителей и состоит из трансляции следующих рекомендаций, которые должны услышать пострадавшие:

- 1) информация о том, что окружающий мир идет к ним на помощь и делается все, чтобы помощь пришла к ним как можно быстрее;
- 2) находящиеся в изоляции должны сохранять полное спокойствие, т.к это одно из главных средств к их спасению;
- 3) необходимо оказывать себе самопомощь;
- 4) в случае завалов пострадавшие не должны принимать каких-либо физических усилий к самоэвакуации, что может привести к опасному для них смещению обломков;
- 5) следует максимально экономить свои силы;
- 6) находиться с закрытыми глазами, что позволит приблизить себя к состоянию легкой дремоты и большей экономии физических сил;
- 7) дышать медленно, неглубоко и через нос, что позволит экономить влагу и кислород в организме и кислород в окружающем воздухе;
- 8) мысленно повторять фразу: «Я совершенно спокоен» 5 - 6 раз, чередуя эти самовнушения с периодами счета до 15-20, что позволит снять внутреннее напряжение и добиться нормализации пульса и артериального давления, а также самодисциплины;
- 9) высвобождение из «плена» может занять больше времени, чем хочется потерпевшим. «Будьте мужественными и терпеливыми. Помощь идет к вам».

Целью «информационной терапии» является также уменьшение чувства страха у пострадавших, т.к известно, что в кризисных ситуациях от страха погибает больше людей, чем от воздействия реального разрушительного фактора. После освобождения пострадавших из-под обломков строений необходимо продолжить психотерапию (и прежде всего - амнезирующую терапию) в стационарных условиях.

Еще одной группой людей, к которым применяется психотерапия в условиях ЧС, являются родственники людей, находящихся под завалами, живыми и погибшими. Для них применим весь комплекс психотерапевтических мероприятий:

- поведенческие приемы и методы, направленные на снятие психоэмоционального возбуждения, тревоги, панических реакций;
- экзистенциальные техники и методы, направленные на принятие ситуации утраты, на устранение душевной боли и поиск ресурсных психологических возможностей.

Еще одна группа людей, к которым применяется психотерапия в зоне ЧС, это спасатели. Основной проблемой в подобных ситуациях является психологический стресс. Именно это обстоятельство значительно влияет на требования, предъявляемые к специалистам служб экстренной помощи. Специалисту необходимо владеть умением своевременно определять симптомы психологических проблем у себя и у своих товарищей, владеть эмпатическими способностями, умением организовать и провести занятия по психологической разгрузке, снятию стресса, эмоционального напряжения. Владение навыками психологической само- и взаимопомощи в условиях кризисных и экстремальных ситуаций имеет большое значение не только для предупреждения психической травматизации, но и для повышения устойчивости к стрессовым воздействиям и готовности быстрого реагирования в чрезвычайных ситуациях.

В результате осуществления обширной исследовательской программы немецкие психологи Б. Гаш и Ф. Ласогга разработали ряд рекомендаций для психолога, другого специалиста или добровольца, работающих в экстремальной ситуации. Эти рекомендации полезны как психологам при непосредственной работе в местах массовых бедствий, так и для подготовки спасателей и сотрудников специальных служб.

#### Список литературы

1. Ирина Малкина-Пых. "Экстремальные ситуации". Серия "Справочник практического психолога" "Эксмо", Москва, 2006 г.
2. М.А. Крюкова, Т.И. Никитина, Ю.С. Сергеева «Экстренная психологическая помощь», 2001.
3. М.М. Решетников «Психическая травма: монография»

**Применение импульсного коронного разряда для очистки нефтесодержащих сточных вод***Маринин С.А., Сапрыкин Ф.Е., Грязнова Е.Н., Хаскельберг М.Б., Корнев Я.И.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[fainer@sibmail.com](mailto:fainer@sibmail.com)*

Загрязнение поверхностных и подземных вод нефтью и нефтепродуктами является одной из актуальных проблем нашего времени. Основными источниками загрязнения являются промышленные сточные воды нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий.

Известно, что нефтепродукты в сточных водах могут находиться в грубодисперсном, тонкодисперсном или эмульгированном состоянии, а также в растворенной форме [1]. В сточных водах концентрация нефтепродуктов может достигать десятков мг/л, что существенно выше предельно допустимой концентрации (ПДК), составляющей 0,05 мг/л для вод рыбохозяйственного назначения.

Для удаления из воды пленочных нефтепродуктов традиционно используют песколовки, в которых задерживаются грубодисперсные взвешенные частицы, а также отстойники и нефтеловушки [2]. Удаление тонкодисперсных нефтепродуктов происходит в процессах флотации, коагулирования с последующим фильтрованием на песчаных загрузках или осаждением в отстойниках. Однако, после предварительной очистки в воде, как правило, содержится достаточно большое количество растворенных примесей, концентрация которых может составлять единицы мг/л. Эффективное удаление из воды растворенных нефтепродуктов является серьезной проблемой, для решения которой необходимо применение современных технологий.

В настоящей работе для удаления растворенных нефтепродуктов предложено использовать импульсный коронный разряд (ИКР) в водо-воздушной среде, полученной в результате диспергирования воды в воздухе на капли размером до нескольких миллиметров. Электрический разряд является источником активных частиц-окислителей: атомарного кислорода (О), озона (О<sub>3</sub>) и гидроксильных радикалов (ОН), которые способствуют окислению неорганических примесей и деструкции содержащихся в воде органических веществ. Каналы разряда формируются в газовой фазе, в непосредственной близости или на поверхности капель воды, что способствует эффективному взаимодействию короткоживущих радикалов с компонентами водных растворов [3].

Импульсный коронный разряд был ранее успешно применен для удаления из воды органических примесей – фенолов, гуминовых веществ и др. [3,4,5,6]. Целью настоящей работы является определение эффективности применения ИКР в водо-воздушном потоке для удаления растворенных нефтепродуктов.

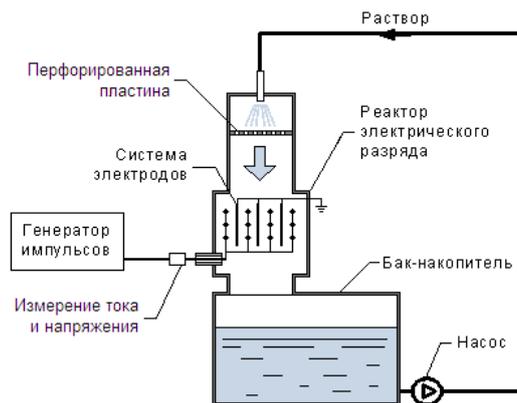


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Эксперименты проводили на модельных растворах нефтепродуктов, которые готовили путем перемешивания 200 г нефти с 35 л водопроводной воды в течение 10 минут с последующим отстаиванием в течение 7 дней. Начальная концентрация экстрагируемых гексаном нефтепродуктов в полученном модельном растворе составляла от 1,5 до 5 мг/л. Модельный раствор помещался в бак накопитель объемом 25 л, откуда с помощью насоса подавался в верхнюю часть установки (см. рисунок 1). Раствор диспергировался в воздухе на капли при

помощи перфорированной пластины. Капли воды проходили через систему электродов, где подвергались воздействию импульсного коронного разряда; далее раствор снова поступал в бак-накопитель. Объемная скорость потока составляла 180 и 700 л/час. Обработка раствора проводилась в течение 40-60 мин.

Для формирования импульсов высокого напряжения использовался магнитотиристорный генератор импульсов. Генератор построен по принципу разряда накопительного конденсатора в нагрузку через быстродействующий ключ, в качестве которого выступает дроссель насыщения. При этом амплитуда напряжения разряда составляла 21 кВ, амплитуда тока – 240 А. Частота следования импульсов регулировалась от 100 до 900 имп/с, энергия импульса составляла 0,34 Дж.

Концентрацию нефтепродуктов в пробах определяли флуориметрическим методом, после экстракции нефтепродуктов гексаном. Для анализа использовался анализатор жидкости «Флюорат-02-3М» (Россия).

В ходе работы наблюдалось снижение концентрации содержащихся в растворе нефтепродуктов даже при отсутствии напряжения на высоковольтных электродах. При аэрации раствора в газовую фазу выделяются и подвергаются окислению легколетучие фракции нефтепродуктов. Из графика на рисунке 2 видно, что при расходе обрабатываемого раствора 700 л/час наибольшая скорость удаления нефтепродуктов наблюдается в первые 10 минут обработки воды.

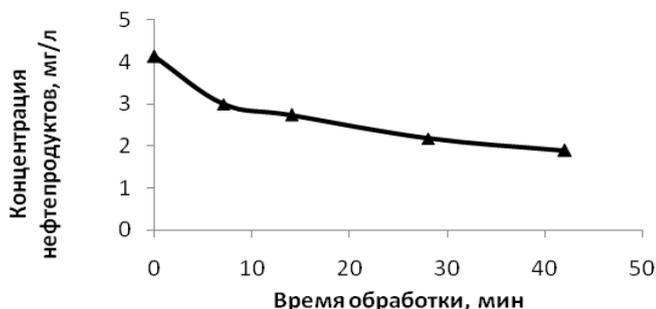


Рис. 2. Зависимость концентрации нефтепродуктов от времени аэрации

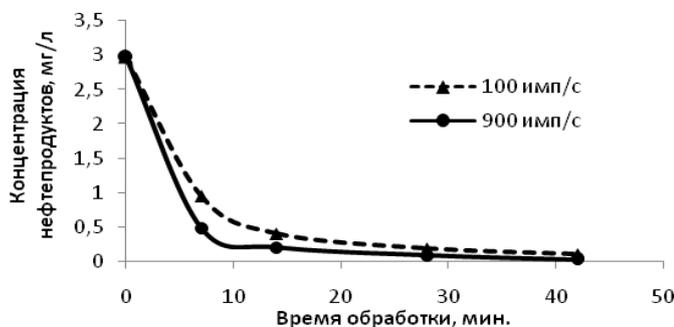


Рис. 3. Зависимости концентрации нефтепродуктов от времени обработки разрядом для различных частот следования импульсов

Зажигание импульсного коронного разряда в межэлектродном промежутке приводит к значительному повышению скорости и глубины удаления нефтепродуктов по сравнению с аэрацией. Увеличение частоты следования импульсов не приводит к существенному росту скорости удаления нефтепродуктов (см. рисунок 3). При этом концентрация частиц-окислителей в зоне реакции с повышением частоты следования импульсов со 100 до 900 имп/с заметно возрастает, о чем косвенно свидетельствует рост концентрации озона в газовой фазе реактора. Равновесная концентрация озона в газовой фазе составляла 1,5-2 г/м<sup>3</sup> при частоте следования импульсов 100 имп/с и 5,5-6 г/м<sup>3</sup> при частоте 900 имп/с. При этом после 40 минут электроразрядной обработки остаточная концентрация экстрагируемых гексаном нефтепродуктов составила 0,1 мг/л при частоте 100 имп/с и 0,03 мг/л при частоте 900 имп/с.

Увеличение расхода обрабатываемого раствора (см. рисунок 4) через реактор с 180 до 700 л/час ведет к росту скорости окисления нефтепродуктов на 20%. Помимо этого снижается остаточная концентрация нефтепродуктов с 0,13 мг/л до 0,03 мг/л соответственно.

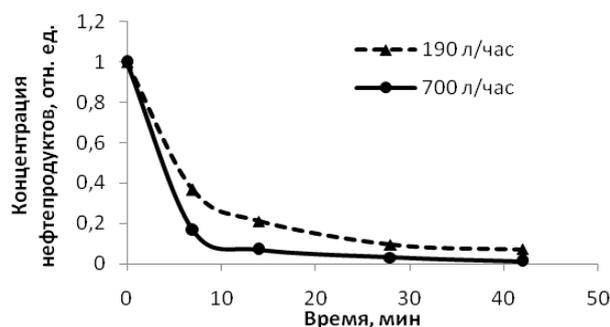


Рис. 4. Зависимости концентрации нефтепродуктов от времени обработки с различными объёмными расходами воды при частоте следования импульсов 900 имп/с

С увеличением расхода обрабатываемого раствора через реактор повышается интенсивность массопереноса через границу раздела фаз. Ранее было экспериментально показано [4], что с увеличением объёмного расхода воды удельная поверхность контакта газа и жидкости в реакторе возрастает практически линейно. Более интенсивный перенос активных частиц через поверхность раздела фаз способствует эффективному удалению нефтепродуктов, находящихся на поверхности капель, в реакциях с короткоживущими активными частицами.

Обработка модельных растворов нефтепродуктов импульсным коронным разрядом приводит к снижению концентрации нефтепродуктов, экстрагируемых гексаном, с 1,5-5 мг/л до 0,03 мг/л, т.е. до уровня допустимого для вод рыбохозяйственного назначения. Таким образом, применение электроразрядной технологии является перспективным направлением очистки сточных вод от растворенных нефтепродуктов.

#### Список литературы

1. Кузубова Л.И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод: Аналитический обзор. – Н.: СО РАН НИОХ, 1992. – 72 с.
2. Эрих В.Н., Расина М.Г., Рудин М.Г. Химия и технология нефти и газа. – Л.: Химия, 1972. – 464 с.
3. Kornev, J., Yavorovsky, N., Preis, S., Khaskelberg, M., Isaev, U., Chen, B-N. Generation of active oxidant species by pulsed dielectric barrier discharge in water-air mixtures // Ozone: Sci. Eng. – 2006. – Vol. 28. – No. 4. – P. 207-215.
4. Panorel I. C., Kornev I., Hatakka H., Preis S. Pulsed corona discharge for degradation of aqueous humic substances // Water Science Technology: Water Supply. – 2011. – № 2. – Vol. 11. – P. 238 – 245.
5. Корнев Я.И., Сапрыкин Ф.Е., Прейс С., Хаскельберг М.Б., Грязнова Е.Н., Шиян Л.Н., Хряпов П.А., Галанов А.И. Применение импульсного электрического разряда для очистки воды от нефтепродуктов // Известия Высших учебных заведений: Физика, 2013. – Т.56. – №7/2. – С. 146 – 152.
6. Белинский В.В., Божко И.В., Чарный Д.В. Импульсный коронный разряд на поверхности электропроводящей жидкости и его использование для обработки воды // Техническая электродинамика. – 2010. – №3. – С. 21–27.

#### Возможность использования природных цеолитов для очистки сточных вод электростанций от соединений тяжелых металлов

*Мосолков А. Ю., Мартемьянов Д. В., Дозморов П. С., Мухортова Ю. Р.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[ornitolog99@gmail.com](mailto:ornitolog99@gmail.com)*

Производство электрической энергии тесно связано с потреблением большого количества воды выводом её из цикла электростанции [1, 2]. Поток воды, выводимый из цикла электростанции называется сточными водами. Большая часть воды расходуется в охлаждающих системах различных аппаратов: конденсаторов турбин, масло и воздухоохлаждителей движущихся механизмов и др. [3, 4]. Другая часть воды расходуется на удаление золы и шлама, которые образуются в результате сгорания угля и другого вида твердого топлива. Удаление золы и шлама производится гидравлическим путем, что требует большого количества водных ресурсов. Сточные

воды ГЗУ (гидрозолоудаления) значительно загрязнены взвешенными веществами, имеют повышенную минерализацию и в большинстве случаев повышенную щелочность. Кроме того, в них могут содержаться соединения фтора, мышьяка, ртути, ванадия. Таким образом, сточные воды электростанций должны быть очищены от загрязнений до допустимых ПДК. И из всех этих загрязнений мы уделим внимание тяжелым металлам.

Одними из наиболее распространённых способов очистки воды от тяжёлых металлов, являются сорбционные методы [5-7]. Среди известных природных минералов, обладающих хорошими сорбционными свойствами, выделяются цеолиты, кристаллы которых пронизаны системой каналов и полостей, имеющие хорошо развитую внутреннюю поверхность [8, 9]. Из-за этих свойств цеолиты используются для очистки промстоков от тяжелых металлов, таких как свинца, цинка, меди, железа, никеля, кадмия, хрома и др. [10].

Целью данной работы является изучение ряда физико-химических свойств природных цеолитов различных месторождений. Будет рассмотрена возможность применения цеолитов для очистки водных растворов имитирующих сточные воды содержащие ионы тяжёлых металлов:  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ .

Исследования проводили на образцах природных цеолитов различных месторождений: Чугуевское, Шивыртуйское, Холинское, Сокирницкое, с различным гранулометрическим составом. Для экспериментов были взяты цеолиты с фракциями: менее 0,1 мм; 0,5 – 1 мм; 1,5 – 2,5 мм. Подготовку образцов осуществляли посредством измельчения исходного сырья в агатовой ступке, с дальнейшим просеиванием на ситах с необходимым размером ячеек.

Для оценки структурных характеристик природных цеолитов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) и значения удельного объема пор ( $P$ ) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

Сорбция ионов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  проводилась в статическом режиме, с использованием магнитной мешалки, при скорости вращения до 200 об/мин. Для проведения эксперимента брали навеску цеолита массой ( $m$ ) 0,2 г, заливали 20 мл раствора ( $V$ ) с начальной концентрацией ( $C_0$ ) 5 и 10 мг/дм<sup>3</sup>. Исходные концентрации для элементов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  – 5 мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  – 10 мг/дм<sup>3</sup>. Модельные растворы готовили на дистиллированной воде с использованием ГСО  $\text{Cr(VI)}$ ,  $\text{Zn(II)}$ ,  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{Fe(III)}$ , а также железа (II) сернокислого 7-водного. Процесс осадительной сорбции для каждого образца цеолита проводили при времени контакта - 150 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». Конечные концентрации ионов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  определяли методом фотоколориметрии [11], а концентрации  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  методом инверсионной вольтамперометрии [12].

В таблице 1 представлены некоторые физико-химические параметры образцов природных цеолитов: удельная поверхность и удельный объем пор.

Как видно из таблицы 1, представленные образцы природных цеолитов месторождений: Чугуевское, Шивыртуйское и Сокирницкое, имеют тенденцию к увеличению удельной поверхности с уменьшением фракционного состава. Цеолиты Холинского месторождения показывают обратную зависимость, т. е. с увеличением фракционного состава, увеличивается удельная поверхность образца. По удельному объёму пор также видно, что цеолиты: Чугуевский, Шивыртуйский и Сокирницкий, показывают увеличение удельного объёма пор, с уменьшением фракционного состава. И наоборот, Холинский цеолит, с уменьшением гранулометрического состава образцов, демонстрирует снижение значений по удельному объёму пор. Как видно, цеолиты имеют значительную пористую структуру, возрастающую с повышением удельной поверхности. Исходя из этого, можно предположить, что при очистке воды с использованием природных цеолитов, будут сказываться внутридиффузионные процессы, что может положительно влиять на пролонгированность сорбционного действия.

В работе определена эффективность сорбции природными цеолитами, при извлечении ионов  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  из водных растворов. В таблице 2, приведены адсорбционные характеристики природных цеолитов различного фракционного состава, при извлечении ионов тяжёлых металлов.

Согласно приведенным сорбционным данным в таблице 2, мы видим, что по таким элементам как  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , с увеличением фракционного состава цеолита наблюдается снижение сорбционной способности образца. По элементу  $\text{Fe}^{3+}$  видно, что Чугуевский, Холинский и Сокирницкий цеолиты показывают увеличение сорбционной активности с увеличением фракционного состава образцов. Шивыртуйский цеолит по элементу  $\text{Fe}^{3+}$  имеет

обратные характеристики и с увеличением фракции цеолита, показывает снижение сорбции. По Cr6+ все образцы цеолитов показывают очень низкие сорбционные характеристики, которые снижаются с увеличением фракционного состава.

Таблица 1. Структурные характеристики минералов

Месторождение цеолита	Фракция, мм	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	P, см <sup>3</sup> /г
Чугуевское	Менее 0,1	25,35	0,011
	0,5-1	21,75	0,009
	1,5-2,5	19,48	0,008
Шивыртуйское	Менее 0,1	16,78	0,007
	0,5-1	9,75	0,004
	1,5-2,5	9,43	0,004
Холинское	Менее 0,1	17,25	0,007
	0,5-1	27,65	0,012
	1,5-2,5	31,29	0,013
Сокирницкое	Менее 0,1	14,78	0,006
	0,5-1	12,47	0,005
	1,5-2,5	11,94	0,004

Таблица 2. Адсорбционные характеристики природных цеолитов

Месторождение цеолита	Фракция, мм	Степень извлечения, %				
		Cr <sup>6+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>
Чугуевское	Менее 0,1	6,2	60,4	83,7	97,5	65,6
	0,5-1	4,9	58,4	80,4	92,16	73,4
	1,5-2,5	3,2	54,38	78,8	90,86	89,8
Шивыртуйское	Менее 0,1	14,6	97,76	99,13	98,76	97,1
	0,5-1	10,3	92,12	97,54	97,48	93,8
	1,5-2,5	7,1	87,64	91,8	92,44	89,2
Холинское	Менее 0,1	15,6	87,18	85,3	94,65	70,7
	0,5-1	11,8	83,6	84,3	92,7	93,4
	1,5-2,5	8,6	78,61	80	89,14	84,1
Сокирницкое	Менее 0,1	7	26	76,1	89,8	45,4
	0,5-1	4,8	22,95	72,6	85,1	83,3
	1,5-2,5	3,5	20,3	69,5	81,36	87,9

По результатам проведённой работы можно сделать вывод о возможности использования природных цеолитов Шивыртуйского, Холинского и Чугуевского месторождений, как наиболее эффективных, для очистки сточных вод электростанций от таких соединений тяжёлых металлов, как: Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup>.

Выводы.

По результатам проведённой работы, определены удельная поверхность и удельный объём пор полученных образцов цеолитов: Чугуевского, Холинского, Шивыртуйского и Сокирницкого месторождений.

Исследованы адсорбционные свойства природных цеолитов, месторождений: Чугуевское, Шивыртуйское, Холинское и Сокирницкое, с различным фракционным составом, по отношению к ионам Cr<sup>6+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>.

Сделан вывод, о возможности эффективного использования природных цеолитов Шивыртуйского, Холинского и Чугуевского месторождений, как наиболее эффективных, для очистки сточных вод электростанций от таких соединений тяжёлых металлов, как: Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup>.

#### Список литературы

1. Кострикин Ю. М., Мещерский Н. А., Коровина О. В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. // Справочник – М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Маргулова Т. Х., Подушко Л. А. Атомные электрические станции. - М.: Энергоиздат, 1982.

3. Герзон В. М. Управление водоподготовительным оборудованием и установками – М.: Энергоатомиздат, 1985
4. Мартынова О. И. Водоподготовка. Процессы и аппараты. // Учебное пособие для вузов. - М.: Атомиздат, 1977.
5. Кондратюк Е.В., Лебедев И.А., Комарова Л.Ф. Очистка сточных вод от ионов свинца на модифицированных базальтовых сорбентах // Ползуновский вестник. 2006. № 2-1.– С. 21–26.
6. Сомин В.А., Полетаева М.А., Комарова Л.Ф. Создание водооборотных систем с очисткой сточных вод от ионов тяжелых металлов // Ползуновский вестник. 2008. № 3.– С. 32–36.
7. Марченко Л. А., Боковикова Т. Н., Шабанов А. С. Сорбционная доочистка сточных вод // Экология и промышленность России. 2007. № 10. – С. 53-55.
8. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – Киев: Наука, 1981. – 172 с.
9. Дистанов У. Г., Михайлов А. С. Природные сорбенты СССР. – М.: Недра, 1990.
10. Глазкова Е. А., Стрельникова Е. Б., Иванов В. Г. Применение природных цеолитов месторождения Хонгуруу (Якутия) для очистки нефтесодержащих сточных вод // Химия в интересах устойчивого развития. – 2003. - № 6. – С. 849-854.
11. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод / М.: Химия, 1973. С. 376.
12. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

**Перспективы утилизации твердых бытовых отходов термическим методом\***  
**Мухаметшина Э.И.**

*Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного учреждения науки Казанского научного центра Российской академии наук, Россия, г. Казань*  
[emmi-84@mail.ru](mailto:emmi-84@mail.ru)

Ежегодно в России образуется более 3 млрд. т отходов, и с каждым годом это число растет на 4-5 процентов. Ежегодно в республике Татарстан образуется до 12 млн. тонн отходов, из них промышленные отходы составляют в среднем 17 процентов, твердые бытовые отходы – 7.

Сложность решения проблем утилизации бытовых отходов обуславливается необходимостью применения капиталоемкого оборудования и трудностью решения многофакторной задачи эколого - экономического обоснования выбора конкретной технологии утилизации бытовых отходов (ТБО) [1].

В последнее время, в связи с заполнением старых полигонов и нехваткой земель для создания новых одним из перспективных направлений утилизации ТБО, является огневой способ переработки на мусоросжигательных заводах. Использование термической переработки твердых бытовых отходов, не только их обезвреживает, но и позволяет получать тепловую и электрическую энергию. При сжигании одной тонны твердых бытовых отходов можно получить порядка 1700 кВт·ч тепловой энергии или порядка 600 кВт·ч электроэнергии [2].

Метод термической переработки твердых бытовых отходов широко используется зарубежом. Широкое распространение метод получил в странах Западной Европы, США и Японии (таблица 1).

Производительность мусоросжигательного завода, в среднем до 500 т мусора в сутки. При этом из 1 т ТБО получается 170 кг биогаза, 400 кг органических удобрений, 50 кг металлолома.

Процесс сжигания осуществляется в топках с подвижной колосниковой решеткой. Топка соединена с котлом, в котором горячие газы отдают тепло. Стенки топки экранированы испарительными поверхностями – вертикальными рядами труб, по которым циркулирует вода и пар. В газоходах котла последовательно устанавливаются пароперегреватель и экономайзер для предварительного подогрева питательной воды за счет тепла отходящих газов. Перед выбросом в окружающую среду отходящие газы направляются в систему многоступенчатой газоочистки. Масса шлака составляет 25% от исходной массы мусора. Горячий шлак подают в бункер, затем в бак с водой, где он охлаждается до 80-90<sup>0</sup> С. Температура горения твердых бытовых отходов на колосниковой решетке составляет ~1000<sup>0</sup>С, температура дожига в топочном пространстве 1000-1200<sup>0</sup>С. Теплотехнологическая схема по сжиганию отходов приведена на рисунке 1 [3].

Таблица.1. Оценка использования термического способа за рубежом.

Страна	Использование метода термической переработки, %	Количество сжигаемых отходов, тыс.т/год
Австрия	48	500
Бельгия	55	2 300
Германия	43	17 000
Люксембург	50	-
Нидерланды	45	4 900
США	15	30 000
Япония	74	-

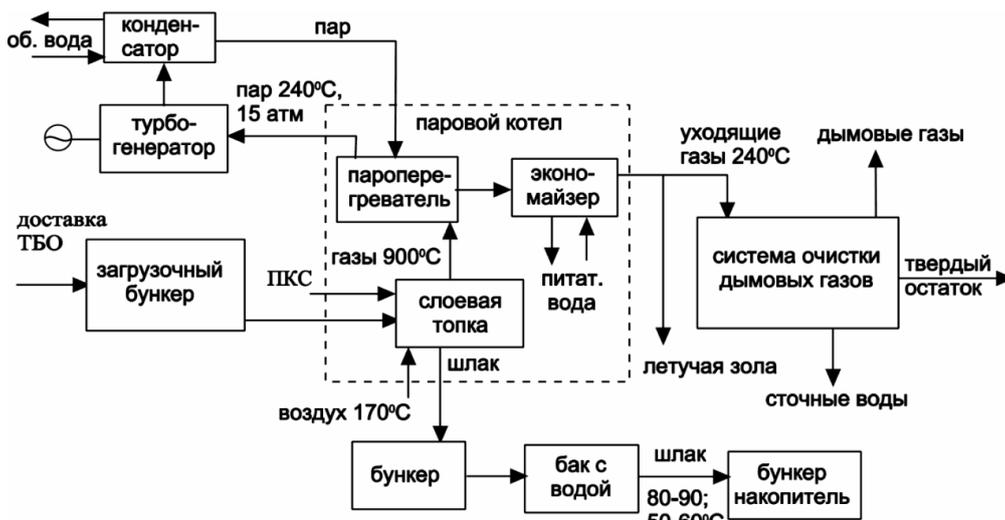


Рис. 1. Теплотехнологическая схема сжигания ТБО

Образующиеся дымовые газы после сжигания направляются на очистку. Классическая технология газоочистки от токсичных компонентов основана на введении парокрабамидной смеси (ПКС) в радиационную часть топочной камеры еще на стадии сжигания отходов (рисунок 2). В целях снижения выбросов тяжелых металлов, диоксинов и производных фурана в газодход перед реактором винтовым конвейером подается мелкодисперсный активированный уголь. Для очистки дымовых газов от кислых компонентов ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ) используют известковое молоко, которое подают с помощью специального турбинного распылителя в квазисухой реактор. Очистка дымовых газов от золы, пыли, продуктов взаимодействия с известковым молоком и активированным углем производится с помощью рукавного фильтра импульсно-струйного типа, в котором пыль слоями оседает на внешней поверхности рукава[4].

Основной недостаток мусоросжигательных заводов - уходящие дымовые газы, имеющие в своем составе вредные примеси. Твердые бытовые отходы представляют собой гетерогенную смесь, содержащую химические элементы в виде различных соединений. При этом присутствуют опасные химические элементы, характеризующиеся высокой токсичностью, летучестью и содержанием соединений галогенов (фтора, хлора, брома), азота, серы, тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия, олова, ртути)[5].

Для управления и контроля за состоянием окружающей среды необходимо оценить объем и опасность загрязняющих веществ. Это возможно сделать путем учета источника и объекта негативного экологического воздействия.

В качестве метода эколого-экономической оценки представлен алгоритм, позволяющий провести последовательную оценку «экологизации» и определить пути совершенствования технологических систем утилизации твердых бытовых отходов, представленный на рисунке 3.

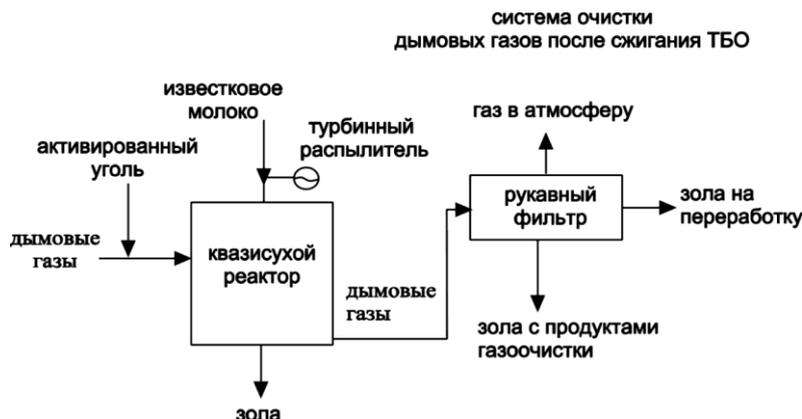


Рис. 2. Теплотехнологическая схема очистки дымовых газов после сжигания

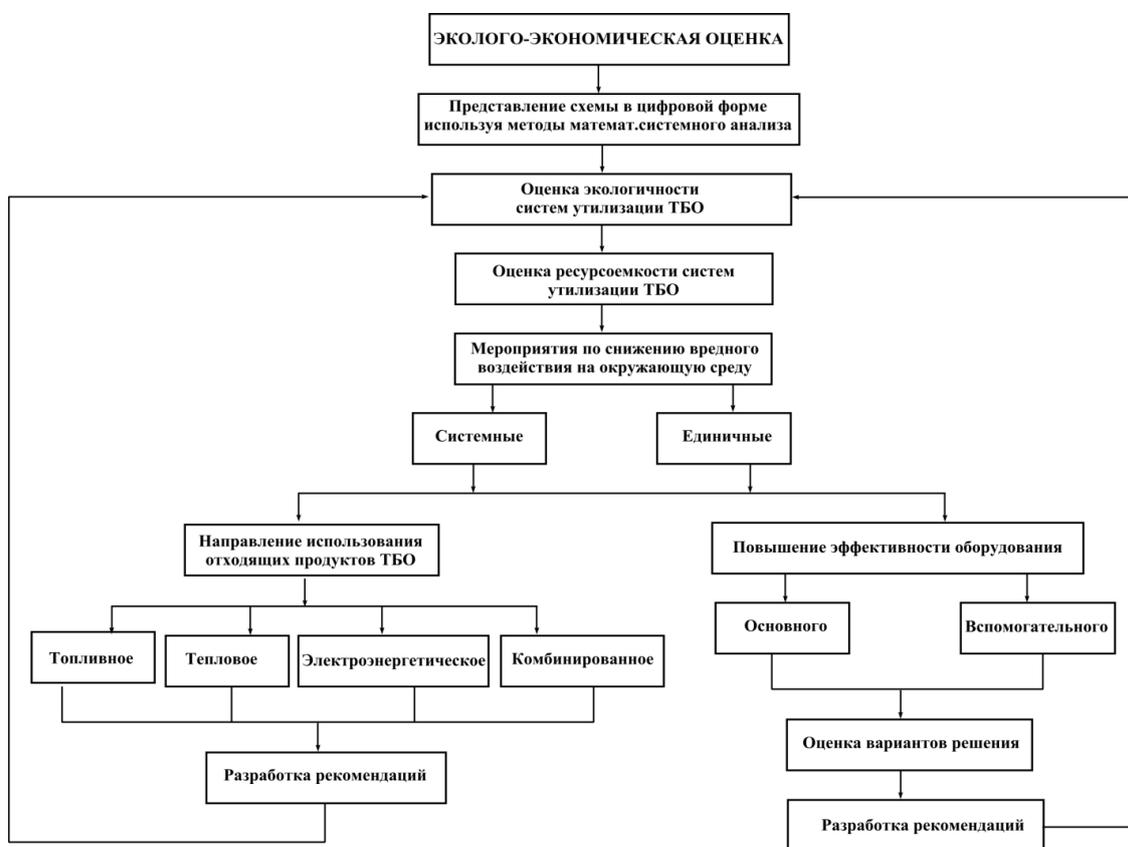


Рис. 3. Алгоритм проведения эколого-экономической оценки сжигания

\* Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики № СП-2401.2013.1

#### Список литературы:

1. Малышевский А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России. – М.: 2012. - с. 29.
2. Балан Р.К. Термодинамический анализ огневой переработки твердых бытовых отходов. Диссертация. - Каракол.: 2010. - 150с.
3. Фридлан В.С., Щеголькова Н.М. Экологические и энергетические направления утилизации твердых бытовых отходов // Теплоэнергетика. –2008. - №12. С.13-19.

4. Гонопольский А.М., Дыган М.М., Кушнир К.Я.. Система очистки газов мусоросжигательного завода // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2010. - № 4. С. 42-45.
5. Свириденко А.И. Проблема выбора технологий утилизации твердых бытовых отходов // Симпозиум «Материальный и энергетический рециклинг твердых бытовых отходов». Гродно 2004. - С.4-9.

**Перспективы применения установок вентиляционных регенеративных компактных (УВРК)  
в учебных аудиториях**

**Назаревич В.В., Новоселов А.С.**

*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Россия, Кемерово  
[nc42@mail.ru](mailto:nc42@mail.ru)*

Рассматриваемая тема является очередным этапом выполнения плана по снижению энергозатрат в Кузбасском государственном техническом университете (КузГТУ). Свежий воздух является самым необходимым фактором жизнедеятельности любого человека. Ежедневно человек вдыхает около 20 тыс. литров воздуха. Наличие вентиляционных систем на сегодняшний день признаётся жизненно важным, в отличие от кондиционеров, которые всё же не являются предметами первой необходимости. Поэтому требования к вентиляции, к её техническим характеристикам имеют не только силу закона, но и прописаны в СНиП. Чем бы человек не занимался, будь то работа или отдых, в закрытых помещениях при отсутствии притока свежего воздуха возрастает концентрация различных вредных веществ (углекислого газа и многих др.). Всё это негативно сказывается на здоровье человека.

Поставленную проблему можно решить, проветривая помещение. Однако в черте города не всегда это удаётся. Вместе со свежим воздухом внутрь помещения попадает: пыль, газы, выбрасываемые промышленными предприятиями, особенно в черте города.

Проблема вентиляции помещений становится особенно острой в связи с использованием герметичных окон, которые экономят тепло, обеспечивают снижение шума и запыленность, однако исключают поступление свежего воздуха в помещение. В неветилируемом помещении повышается температура, скапливается большое количество вредных для организма газов, т.е. возникают дискомфортные условия для человека. Для полноценного решения всех этих вопросов необходимо применять системы вентиляции воздуха. В КузГТУ в программу на 2012-2020 г. были включены вопросы устройства вентиляции с использованием энергосберегающих технологий. Для решения этого вопроса на первом этапе была выбрана и использована установка вентиляционная регенеративная компактная (УВРК) (рис. 1).

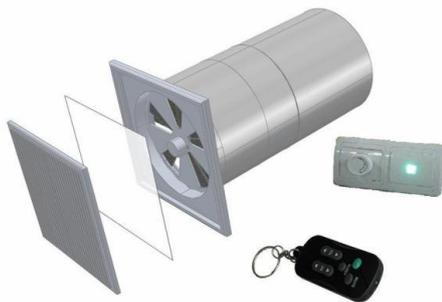


Рис. 1. Установка вентиляционная регенеративная компактная УВРК

На специально разработанном стенде (рис. 2) были исследованы эффективность и параметры рабочих режимов, подобран материал для регенеративной насадки.

Экспериментально определено что, за цикл работы установки, который равен сумме времени на удаление и приток воздуха, при наружной температуре  $T_n = 14,8^\circ\text{C}$ , скорость воздуха составила 0,17 м/с, расход воздуха 6,2 кг/ч. Подобранный насадка имеет пористость 87%, гидравлическое сопротивление 4 Па. Коэффициент аккумулирования теплоты за период одного цикла составил 99%. Анализ полученных результатов показывает, что если в условиях Кузбасса на нагрев воздуха в аудиториях на 30 человек при норме  $40 \text{ м}^3/(\text{час}\cdot\text{чел.})$  требуется 11,3 Мкал/час,

то в системе с УВРК требуется всего лишь 5,3 Мкал/час, т.е. в 2 раза меньше. Расчетная эффективность энергосбережения при сбалансированной вентиляции составляет [1]:

$$e = (T_{\text{п}} - T_{\text{н}}) / (T_{\text{в}} - T_{\text{н}}) = 0,49 = 49\%$$

где  $T_{\text{п}}$  – температура приточного воздуха, °С;  $T_{\text{н}}$  – температура наружного воздуха, °С;  $T_{\text{в}}$  – температура воздуха в помещении, °С.



Рис. 2. Оборудованный стенд

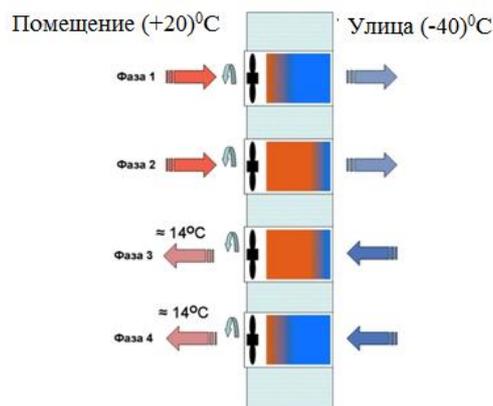


Рис.4. Рабочие фазы работы УВРК

Таким образом, исследования показали полную работоспособность установки с достаточно высоким снижением расхода тепла на вентиляцию. Принцип работы УВРК прост и естественен – напоминает дыхание человека в морозную погоду через шарф. При выдохе воздух нагревает шарф, при вдохе холодный воздух подогревается, проходя через ткань шарфа. Подобный принцип реализован во всех приборах УВРК. В приборе роль легких выполняет реверсивный вентилятор, а роль шарфа – высокоэффективный теплообменник – регенератор.

На рис. 3 показаны фазы работы установки. В фазах 1 и 2 теплый воздух (красная стрелка) из помещения вентилятором выбрасывается наружу, отдавая свое тепло насадке регенератора.

В фазах 3 и 4 холодный наружный воздух, подаваемый вентилятором в помещение, проходя через насадку регенератора установки, нагревается до определенной температуры и т.д.

Установка УВРК работает в 4 режимах:

- режим энергосбережения, с обеспечением притока свежего воздуха и удалением комнатного;
- режим проветривания (притока), как обычный приточный оконный вентилятор;
- режим вытяжки, как обычный вытяжной вентилятор;
- режим нерегламентированной естественной вентиляции, без включения вентилятора, как обычная форточка (типа приточного клапана – «альпийской форточки»).

Примеры установки УВРК показаны на рис. 4. Одной УВРК достаточно для обеспечения свежим воздухом одного помещения площадью до 30 м<sup>3</sup>.



Рис. 4. Пример установки УВРК

Для эффективного проветривания двух помещений, между которыми есть сквозное отверстие, нужно установить УВРК в каждой комнате. Установленные в разных комнатах приборы работают синхронно в противофазе: когда один подает свежий воздух, второй удаляет из помещения отработанный воздух и наоборот. Горячий воздух, выходя на улицу через установку, отдает свое тепло насадке, а когда холодный воздух с улицы заходит в комнату он подогревается от насадки.



Рис. 5. Регенеративная вентиляционная установка в КузГТУ

Таким образом, использование УВРК позволяет получить не только экономическую эффективность, но и повысить комфортные условия в учебных аудиториях для студентов, что повысит их успеваемость. В настоящее время в КузГТУ производят монтаж и наладку первой регенеративной установки утилизации теплоты выбрасываемого вентиляционного воздуха, которая изображена на рис. 5.

#### Список литературы

1. Баскаков, А. М. Промышленные теплообменные процессы и установки / А. М. Бакластов, В. А. Горбенко, О. Л. Данилова [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 328 с

**Влияние условий получения и длительности хранения на активность электровзрывных нанопорошков алюминия***Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И.**Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Нанопорошки (НП) металлов благодаря своим уникальным свойствам успешно применяются при получении композиционных материалов, керамики, сорбентов для очистки сточных вод и технологических газов, в качестве реагентов и катализаторов в химическом синтезе, при создании газовых сенсоров. Изменение свойств НП металлов по сравнению с грубодисперсными металлами обусловлено увеличением доли поверхностных атомов. С высокой реакционной способностью НП металлов связаны вопросы обеспечения пожаробезопасности технологических процессов их производства и переработки.

Нанодисперсные металлы являются метастабильными системами [1, 2]. Даже при условии хранения НП металлов в инертной атмосфере, в них одновременно протекают процессы рекристаллизации, диффузионного спекания, диффузии продуктов восстановления воды и др. С целью разработки мероприятий по безопасному обращению с НП металлов представляет интерес исследование химической активности нанопорошков при их длительном хранении.

Для оценки устойчивости НП металлов к окислению при нагревании может быть использован метод термического анализа [2, 3]. С помощью таких параметров как температура начала окисления и скорость окисления, определяющих начало процесса разогрева горючих порошков и его интенсивность, можно установить потенциальную пожароопасность технологических процессов, связанных с использованием НП металлов. Данные ИК-спектроскопии позволяют судить о процессах, происходящих на поверхности частиц НП металлов при их длительном хранении.

В данной работе представлены результаты исследования влияния условий получения и длительности хранения на устойчивость электровзрывных нанопорошков алюминия (НП Al) при нагревании в воздухе.

НП Al были получены методом электрического взрыва проводников [4] в водороде ( $H_2$ ), аргоне (Ar) и в смеси аргона с азотом ( $Ar+N_2$ ). Все исследованные НП хранились в условно герметичной таре при 20 °C и относительной влажности 60–80 % в течение длительного времени: НП Al ( $H_2$ ) – 27 лет, НП Al (Ar), НП Al ( $Ar+N_2$ ) – 10 лет.

Ранее было установлено [1], что НП алюминия, полученные методом ЭВП, способны к самовоспламенению при контакте с воздухом. Стабилизация НП в воздухе возможна с помощью пассивирования поверхности, т. е. создания оксидно-гидроксидной защитной оболочки на частицах после их получения медленным напуском воздуха в разрядную камеру. При пассивировании происходит дрейф электронов от металла к окислителю, образуется несколько монослоев оксида алюминия. Основным окислителем НП металлов является протон, который образуется при диссоциации воды, адсорбированной из воздуха. Протоны диффундируют через оксидный слой к поверхности раздела «металл – оксид», а на поверхности оксидного слоя образуются оксидно-гидроксидные слои, толщина которых для электровзрывных НП Al составляет от 2 до 8 нм, а массовое содержание оксида алюминия может превышать 10 %. Авторы работы [1] предполагают, что пассивированные порошки относительно устойчивы к окислению при хранении в условно герметичной таре.

Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов НП проводили с помощью рентгеновского дифрактометра «Shimadzu» XRD-7000. Согласно данным РФА в НП Al ( $H_2$ ) и НП Al (Ar) присутствует только фаза металлического алюминия (рис. 1), рентгеноаморфные фазы оксидов при помощи РФА не фиксируются. НП Al ( $Ar+N_2$ ) содержит две кристаллические фазы: металлический алюминий (85 %) и нитрид алюминия (25 %).

Размер и форму частиц анализировали с помощью сканирующего электронного микроскопа «Hitachi» TM-3000. По данным электронной микроскопии НП Al являются полидисперсными системами. В НП Al ( $H_2$ ) и НП Al (Ar) (рис. 2, а и б) присутствуют частицы микрометрового и нанометрового диапазонов. Форма крупных частиц близка к сферической с гладкой поверхностью, имеются отдельные агломераты частиц. Добавка азота к аргону при получении НП Al приводит к формированию на поверхности частиц нитрида алюминия и уменьшению содержания металлического алюминия, при этом дисперсность продуктов взрыва повышается. Предполагается [1], что образующийся в процессе ЭВП на поверхности частиц нитрид алюминия при

пассивировании окисляется и гидролизуется, поэтому защитной пленкой в этом случае также является оксид алюминия.

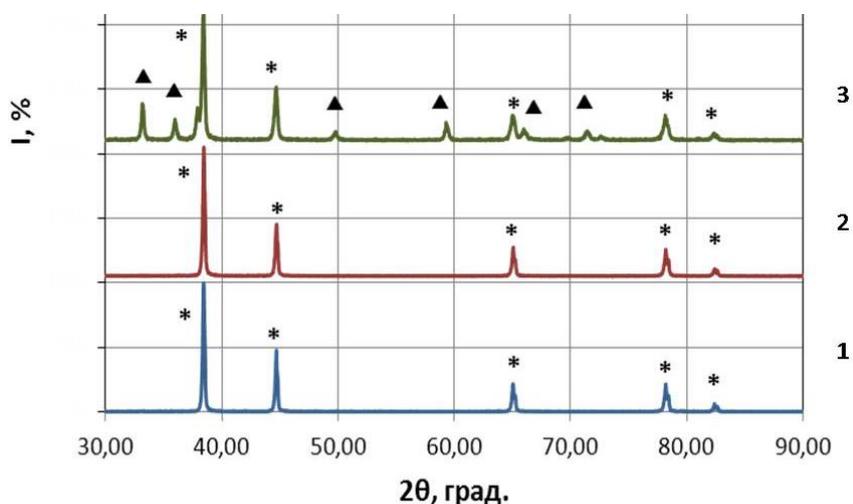


Рис. 1. Рентгенограммы нанопорошков алюминия, полученных в среде водорода – 1, аргона – 2, смеси аргона и азота – 3: Al (\*), AlN (▲)

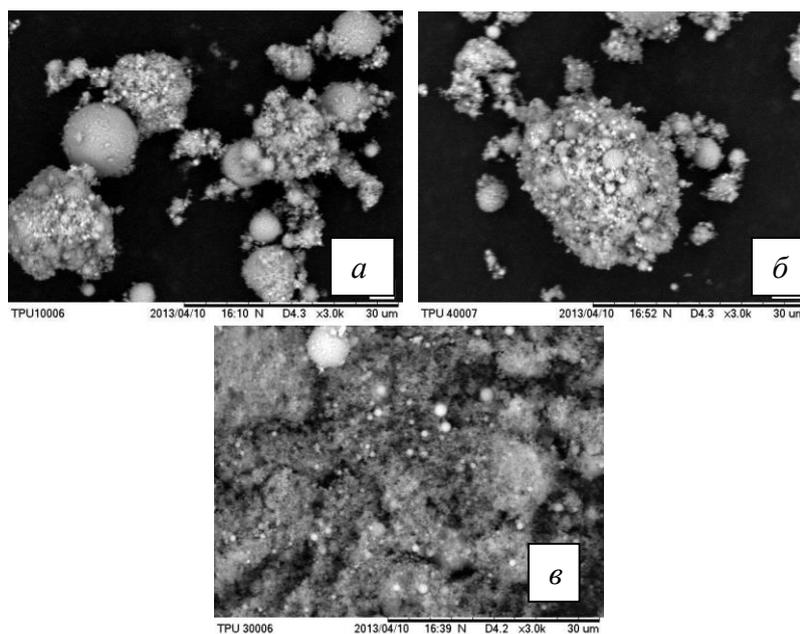


Рис. 2. Микрофотографии нанопорошков:  
НП Al (H<sub>2</sub>) – а, НП Al (Ar) – б, НП Al (Ar+N<sub>2</sub>) – в

Для оценки устойчивости НП Al к окислению при нагревании использовали совмещенный термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600 в режиме линейного нагрева (10 °С/мин) в атмосфере воздуха в интервале температур 20...1000 °С. Масса исследуемых образцов составляла НП Al ~5·10<sup>-4</sup> г. Согласно данным термического анализа при нагревании в воздухе всех образцов происходит десорбция газообразных веществ, адсорбированных на поверхности частиц до 3 мас. %. Затем происходит резкое увеличение скорости роста массы и выделение теплоты. Интенсивное окисление образцов НП Al в воздухе начинается ниже стандартной температуры плавления алюминия (660 °С) и протекает в одну стадию для НП Al (Ar) и в две стадии для НП Al (H<sub>2</sub>) и НП Al (Ar+N<sub>2</sub>). НП Al (Ar) при нагревании в воздухе проявляет более высокую активность: увеличение скорости роста массы происходит резко, а выделение теплоты носит взрывоподобный

характер. Стадийность процессов окисления НП связана с полимодальным распределением частиц по диаметру и окислением сначала фракции более мелких частиц, а затем – более крупной.

Параметры химической активности исследуемых НП, необходимые для оценки устойчивости к окислению, представлены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры химической активности электровзрывных нанопорошков

№	НП	Температура начала окисления, °С	Прирост массы по ТГ, %	Удельный тепловой эффект, Дж/г
1	Al (H <sub>2</sub> )	542	67,1	4127
2	Al (Ar)	510	61,9	6549
3	Al (Ar+N <sub>2</sub> )	531	48,8	3561

Для записи ИК-спектров в области 4000...400 см<sup>-1</sup> использовали ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700. В ИК-спектрах НП Al (рис. 3) присутствуют колебания ОН-связей в области 3000–3700 см<sup>-1</sup>, в большей степени проявляющиеся в спектрах образцов НП Al (H<sub>2</sub>) и Al (Ar+N<sub>2</sub>). Интенсивная полоса поглощения для образцов НП Al (H<sub>2</sub>) и Al (Ar) при ~935 см<sup>-1</sup> соответствует деформационному колебанию Al-ОН. Полосы поглощения в области 420–560 см<sup>-1</sup> обусловлены колебаниями Al-O. Полоса поглощения 755 см<sup>-1</sup> в спектре образца НП Al (H<sub>2</sub>) характерна для тетраэдрически координированного алюминия в составе  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Полосы поглощения 1430–1480 см<sup>-1</sup> связаны с образованием карбонатных структур в результате хемосорбции CO<sub>2</sub> на поверхности наночастиц.

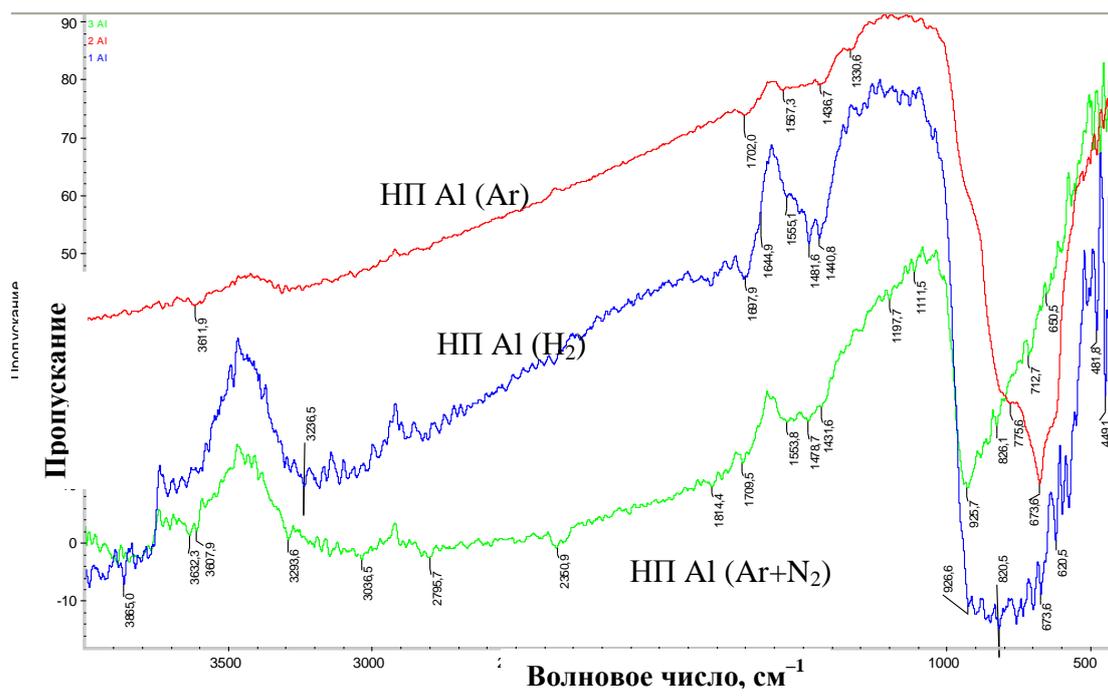


Рис. 3. ИК-спектры нанопорошков алюминия

Согласно [1, 5, 6] при обычных условиях на поверхности наночастиц алюминия формируется защитный рентгеноаморфный оксидно-гидроксидный слой, в состав которого входят гидроксиды: байерит  $\alpha$ -Al(OH)<sub>3</sub>, бемит  $\gamma$ -AlOOH. При длительном хранении протекает медленный процесс кристаллизации аморфных фаз, в результате которого, предположительно, аморфные гидроксиды кристаллизуются в низкотемпературную модификацию  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. ИК-спектроскопические исследования показали, что после длительного срока хранения (27 лет) кристаллизация поверхностных слоев частиц НП Al (H<sub>2</sub>) окончательно не завершена и оксидно-гидроксидные соединения сохраняют свою рентгеноаморфную структуру.

Результаты исследования химической активности и состояния поверхностного слоя наночастиц алюминия при помощи термического и ИК-спектроскопического методов анализа показали, что даже после длительного хранения НП Al остаются достаточно активными при нагревании, что объясняется наличием защитных оксидно-гидроксидных оболочек. Более высокой активностью характеризуются НП Al, полученные в среде аргона (длительность хранения – 10 лет). НП Al, полученные в водороде, даже после долгого времени хранения (27 лет) более активны, чем НП Al, полученные в смеси аргона и азота. Это объясняется тем, что водород характеризуется более высокой теплопроводностью и обеспечивает более эффективное охлаждение продуктов взрыва, а также водород как восстановитель обладает защитными для порошков металлов свойствами. Как известно [1], НП Al, полученные в водороде, содержат на 2–5 мас. % больше металлического алюминия, чем НП, полученные в других газах, и более устойчивы при их последующем хранении.

Исследования термической устойчивости нанопорошков металлов и закономерностей их окисления при нагревании в воздухе могут быть использованы для диагностики пожароопасности нанодисперсных металлов и стать основой для разработки мероприятий по безопасному обращению с ними.

*Работа выполнена в рамках реализации межинститутского исследовательского проекта ТПУ 2013 года, а также при поддержке грантов ФЦП ГК № 16.552.11.7063 и № 14.518.11.7017.*

#### Список литературы

1. Громов А.А., Хабас Т.А., Ильин А.П. и др. Горение нанопорошков металлов. – Томск: Дельтаплан, 2008. – 382 с.
2. Ильин А.П., Яблуновский Г.В., Громов А.А. Об активности порошков алюминия // Физика горения и взрыва. – 2001. – Т. 37. – № 4. – С. 58–62.
3. Назаренко О.Б. Особенности диагностики электровзрывных нанопорошков металлов // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 11. – С. 42–45.
4. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. Особенности получения нанопорошков в условиях электрического взрыва проводников. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 223 с.
5. Радишевская Н.И., Чапская А.Ю., Львов О.В. и др. Состав и структура оксидно-гидроксидной оболочки на частицах нанопорошка алюминия // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – № 3. – С. 19–23.
6. Коршунов А.В. Влияние размеров и структуры частиц порошков алюминия на закономерности их окисления при нагревании на воздухе // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 315. – № 3. – С. 5–11.

#### Использование нанопорошка нитрида алюминия в качестве пламягасящей добавки

*Ильин А.П., Назаренко О.Б., Баталова А.Ю.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

**Введение.** Полимерные материалы широко используются в различных отраслях промышленности и в быту. В частности, полиолефины применяются для изготовления упаковочного материала, в строительстве в качестве гидроизоляционных пленок, напорных и безнапорных труб в системах водоснабжения и канализации, дренажных труб, санитарно-технических изделий, фитингов и т. д. Из класса полиолефинов наибольшее применение получили полиэтилен, полипропилен и сополимеры этилена и полипропилена. Основными недостатками полиолефинов и строительных материалов на их основе являются низкая термостойкость и повышенная пожарная опасность. Они относятся к легковоспламеняющимся материалам, разложение которых протекает без образования коксового остатка: кислородный индекс равен 17,4...18,2 %, температура воспламенения равна 325...345 °С, температура самовоспламенения – 345...390 °С [1].

Снижение горючести полимерных материалов является актуальной проблемой. Для улучшения свойств полимеров используются различные типы наполнителей: фосфор- и азотсодержащие соединения, полибромированные дифенилы и дифенилоксиды, оксиды сурьмы, гидроксиды металлов и др. При использовании наполнителей следует учитывать, что введенные в полимер добавки могут улучшать одни характеристики материала, но снижать при этом другие.

Трудность решения задачи снижения горючести полимеров связана с поиском эффективных наполнителей, не снижающих физико-химические и физико-механические свойства полимеров. Решением проблемы могут стать нанодисперсные пламягасящие добавки. Введение в полимер наночастиц приводит к изменению его структуры на молекулярном, топологическом и надмолекулярном уровнях. При введении в полимеры наночастиц в количестве от 0,1 до 10 мас. % наблюдается эффект экстремального изменения большинства физико-химических свойств полимерного материала.

Предварительные исследования показали перспективность использования электровзрывных нанопорошков как пламягасящих добавок к полиолефинам. В работе [2] представлены результаты исследований термостабильности полипропилена с добавками нанопорошков (НП) гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , байерита  $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , бемита  $\gamma\text{-AlOOH}$  и низкотемпературной модификации оксида алюминия  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Все добавки, за исключением  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , кроме их устойчивости к окислению при нагревании до 400 °С, отщепляют воду в эндотермических процессах. Результаты исследований свидетельствуют об уменьшении скорости окисления полипропилена при наполнении полимера от 0,5 до 10 мас. % гиббситом и байеритом.

В работе [3] показана возможность применения НП, полученных методом электрического взрыва проводников (ЭВП), в качестве модификаторов полиэтилена высокого давления для изготовления композиционных материалов с повышенной стойкостью к растрескиванию. Исследования влияния малых добавок ( $\leq 1$  мас. %) наполнителей на основе электровзрывных НП  $\text{AlN}$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на стойкость к растрескиванию полиэтилена высокого давления показали [4], что для материала, наполненного НП  $\text{AlN}$  (0,075 мас. %) со среднеповерхностным диаметром частиц 0,12 мкм стойкость к растрескиванию возросла в 7 раз в сравнении с полиэтиленом без добавок.

В данной работе исследована возможность применения нанодисперсного нитрида алюминия в качестве пламягасящей добавки к полиэтилену.

**Методики исследования.** Объектом исследования являлся полиэтилен высокого давления ПЭВД марки 10803-020 (ГОСТ 16377-77). Нанопорошки  $\text{AlN}$  получены методом ЭВП в атмосфере аргона и азота [5]. Площадь удельной поверхности НП составила  $S_{\text{AlN}} = 21,5 \text{ м}^2/\text{г}$ , среднеповерхностный диаметр –  $a_{\text{sAlN}} = 0,095 \text{ мкм}$ . Для улучшения адгезионной связи между полимерной матрицей и нанопорошками было проведено аппретирование поверхности нанопорошков стеариновой кислотой. Аппретирование приводит к уменьшению количества агломератов наполнителя и улучшению взаимодействия между макромолекулами полимера и частицами нанопорошка, при этом больший эффект получается от наполнения при меньшем количестве модификатора в смеси. Концентрация НП  $\text{AlN}$  в полиэтиленовой матрице составляла 0,1; 0,25; 0,75; 1,5 и 3,0 мас. %. Образцы наполненного полиэтилена были приготовлены с помощью экструдера ДСК 42/7.

Оценка эффективности добавок нанопорошков проводилась методами термогравиметрического анализа (Q-1500D) и оптической микроскопии (МБИ-6).

**Результаты и их обсуждение.** Термические характеристики образцов полиэтилена, модифицированного НП  $\text{AlN}$ , представлены в таблице:  $C_{\text{AlN}}$  – концентрация наполнителя, мас. %;  $T_{\text{н.пл.}}$  – температура начала плавления, °С;  $T_{\text{ок}}$  – температура начала окисления, °С;  $T_{\text{инт}}$  – температура начала интенсивной потери массы, °С.

Таблица. Термические характеристики полиэтилена, модифицированного нанопорошком нитрида алюминия

$C_{\text{AlN}}$ , мас. %	$T_{\text{н.пл.}}$ , °С	$T_{\text{ок}}$ , °С	$T_{\text{инт}}$ , °С
0	80	150	360
0,1	85	180	-
0,25	80	179	360
0,75	78	178	370
1,5	80	183	375
3	80	179	360

При наполнении полиэтилена НП  $\text{AlN}$  с концентрацией 0,1 мас. % наблюдался рост температуры начала плавления образца на 5 °С по сравнению с исходным образцом полиэтилена; температура начала окисления в этом случае увеличилась на 30 °С. Существенный рост температуры начала окисления на 33 °С наблюдался для образца НП  $\text{AlN}$  1,5 мас. %, также для

этого образца обнаружено увеличение температуры начала интенсивной потери массы на 15 °С по сравнению с полиэтиленом без добавок.

Введение НП в полимер характеризуется более существенным влиянием на термическую устойчивость образцов по сравнению с микропорошками, введенными в полимер в тех же самых концентрациях [3]. Значительный рост температуры начала интенсивной потери массы при нагревании свидетельствует о влиянии НП на структуру полиэтиленовой матрицы в процессе термической деструкции материала.

На рис. 1 показано изменение температуры начала интенсивной потери массы  $T_{\text{инт}}$  образцов полиэтилена в зависимости от концентрации НП AlN. Для сравнения представлены данные по влиянию на этот параметр добавок микропорошка (МП) AlN [3] с диаметром частиц 40 мкм. Для исходного полиэтилена  $T_{\text{инт}} = 360$  °С, а при содержании нитрида алюминия в полиэтилене 1,5 мас. %  $T_{\text{инт}} = 375$  °С. Повышение температуры начала интенсивной потери массы (деструкции) происходит за счет химического взаимодействия нитрида алюминия с гидропероксидами, снижение концентрации которых положительно влияет на скорость термоокислительной реакции. Данная закономерность связана с уменьшением степени кристалличности полиэтиленовой матрицы.

На рис. 2 представлены зависимости потери массы от температуры для исходного полиэтилена и образца, наполненного 1,5 мас. % НП AlN. Полученные результаты показывают, что добавление НП AlN улучшило термическую стабильность полиэтилена.

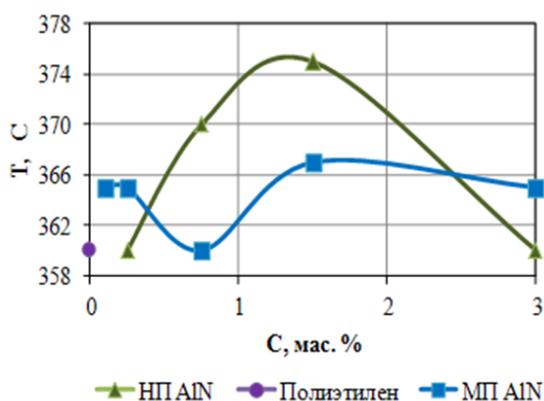


Рис. 1. Зависимость температуры начала интенсивной потери массы  $T_{\text{инт}}$  образцов полиэтилена от концентрации НП и МП AlN

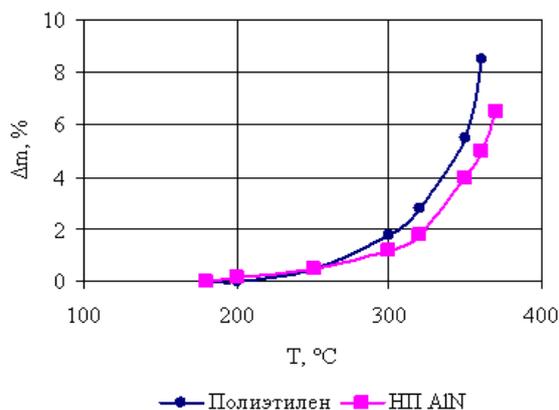
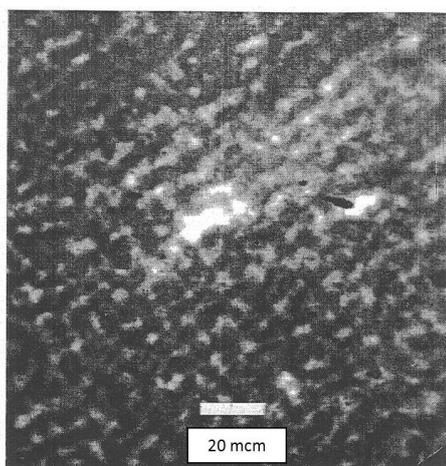
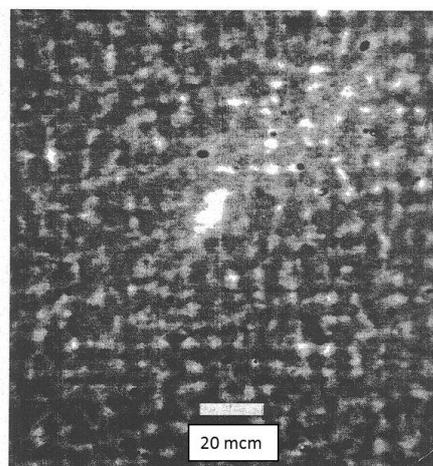


Рис. 2. Зависимость потери массы от температуры ( $C_{\text{AlN}} = 1,5$  мас. %)



а



б

Рис. 3. Микроструктура полиэтилена, наполненного НП AlN:  
а – 0,5 мас. %; б – 1,0 мас. %

Исследование структуры образцов показало, что НП AlN при малых концентрациях (< 1 мас. %) являются центрами кристаллизации и способствуют формированию мелкокристаллической структуры полиэтилена. При увеличении содержания наполнителя в полиэтиленовой матрице возрастает вероятность возникновения агломератов.

**Заключение.** Изучены термические параметры образцов полиэтилена, наполненного нанопорошками AlN. Термическая устойчивость выше для образцов полиэтилена с НП AlN концентрацией 0,1–3 мас. %. Результирующий эффект объясняется влиянием наночастиц на микроструктурные характеристики полиэтилена. Наночастицы являются центрами кристаллизации и участвуют в создании мелкокристаллической структуры. Таким образом, наночастицы нитрида алюминия могут быть использованы как наполнители полиэтилена для улучшения как механических свойств так и для снижения горючести.

Будущие исследования будут сфокусированы на более детальном исследовании параметров горючести полимерных материалов с различными нанодисперсными пламягасящими добавками.

*Работа выполнена в рамках реализации межинститутского исследовательского проекта ТПУ 2013 года, а также при поддержке грантов ФЦП ГК № 16.552.11.7063 и № 14.518.11.7017.*

#### Список литературы

1. Баратов А.Н., Андрианов Р.А., Корольченко А.Я. и др. Пожарная опасность строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1988. – с.
2. Ильин А.П., Назаренко О.Б., Тихонов Д.В. и др. Гидроксидные и оксидные порошки – эффективные пламягасящие добавки в полимеры // Проблемы и перспективы развития Томского нефтехимического комбината: Тез. докл. 10-го отраслевого совещания. – Томск, 1996. – С. 37.
3. Филиппов П.В. Модифицирование полиэтилена высокого давления добавками ультрадисперсных порошков: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Томск, 2003. – 19 с.
4. Ильин М.А., Верещагин В.И., Тихонов Д.В., Назаренко О.Б. Повышение стойкости к растрескиванию полиэтилена высокого давления, модифицированного ультрадисперсными порошками // Известия ТПУ. – 2007. – Т. 310. – № 1. – С. 99–101.
5. Назаренко О.Б. Электровзрывные нанопорошки: получение, свойства, применение / Под ред. А.П. Ильина. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2005. – 148 с.

#### Удаление фосфатов из сточных вод ОАО «Томское пиво»

*Нагорных Е.А., Зарубина Р.Ф., Назаренко О.Б.*

*Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Сточные воды на предприятия ОАО «Томское пиво» представлены двумя типами: ливневые и хозяйственно-бытовые. Большое количество хозяйственно-бытовых сточных вод образуется на стадии мойки и замачивания ячменя, промывки дрожжей, мойки производственных емкостей, трубопроводов, помещений, тары, а также при сборе последних промывочных вод варочного цеха. На солодовенных и пивоваренных предприятиях основной объем сточных вод образуется при гидротранспортировке, замачивании, мойке сырья и оборудования. Количество хозяйственно-бытовых сточных вод составляет 2500 м<sup>3</sup>/сутки, максимальное количество – 120 м<sup>3</sup>/ч.

Сточные воды предприятия являются высококонцентрированными, в них большую долю загрязнителей составляют органические вещества, которые имеют, как правило, естественное происхождение, т. е. образуются в результате жизнедеятельности микроорганизмов или являются остатками сырья растительного происхождения. В составе сточных вод пивоваренного завода присутствуют остатки пивного сула, дрожжи и остатки пива, которые поступают при мойке бутылок.

В табл. 1 представлены усредненные результаты анализа состава сточных вод за период 2007–2009 гг. Анализ проб сточных и природных подземных вод осуществляет аккредитованная гидрохимическая лаборатория ОАО «Томскгеомониторинг». Отбор проб производится не реже одного раза в квартал либо по необходимости. Результаты анализа оформляются в виде протоколов. Для сравнения в табл. 1 показаны значения допустимой концентрации, установленной распоряжением департамента городского хозяйства Администрации г. Томска 19.05.2010 г. Из представленных данных видно, что средние годовые значения большинства показателей, в том

числе фосфатов, превышают требования разрешительного документа. Таким образом, требуется разработка системы очистки сточных вод на предприятии.

В работах [1, 2] была показана возможность очистки воды от фосфат-ионов при использовании в качестве фильтрующей загрузки природного цеолита Бадинского месторождения. Установлено, что удаление фосфатов происходит в результате образования труднорастворимых соединений кальция. При скорости фильтрования 0,7 мл/мин удалось добиться эффективности удаления фосфатов 78 %. Целью данной работы являлось исследование возможности очистки от фосфатов сточных вод ОАО «Томское пиво».

Природные цеолиты находят все большее применение в практике очистки сточных и питьевых вод. Природные цеолиты представляют собой каркасные алюмосиликаты с трехмерной упорядоченной структурой, пронизанной микропористой системой каналов и полостей [3, 4]. Они обладают уникальной комбинацией физических, физико-химических, адсорбционных и ионообменных свойств. Цеолиты являются природными катионообменными материалами и успешно используются для очистки воды от катионов тяжелых металлов и аммонийного азота. Удаление анионов из воды с помощью цеолитов возможно после их предварительного модифицирования.

Таблица 1. Состав сточных хозяйственно-бытовых и производственных вод ОАО «Томское пиво» (2007–2009 гг.)

Показатель	Максимальный	Усреднённый годовой	ДК, мг/л
взвешенные вещества, мг/л	23333	1061	150
сухой остаток, мг/л	3069	2080	472
pH	8,6	7,7	8,5
ХПК, мгО/л	35333	3300	-
БПК <sub>5</sub> , О/л	11200	497	166,7
азот аммонийный, мг/л	23,4	9,98	10,0
нитриты, мг/л	54	0,17	0,17
железо общее, мг/л	1,91	1,3	1,095
хлориды, мг/л	345	41,9	60,0
сульфаты, мг/л	304	19,5	30,0
нитраты, мг/л	88	9,3	3,0
фосфаты, мг/л	59,25	2,62	2,0
фенолы, мг/л	2,64	0,02	0,002
нефтепродукты, мг/л	1,224	0,31	1,0
метанол, мг/л	0,363	0,363	0,5
формальдегид, мг/л	0,16	0,16	0,6
кремний, мг/л	24,3	11,97	10,0
мочевина, мг/л	73,4	20,3	50,0
цинк, мг/л	0,043	0,043	0,028
никель, мг/л	<0,01	<0,01	0,03

В работе для проведения экспериментов по очистке воды использовали цеолит Бадинского месторождения (Читинская обл.). Химический состав бадинского цеолита представлен в табл. 1. По химическому составу данная цеолитовая порода относится к высококремнеземистой, характеризуется высоким отношением Si/Al, общее содержание SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 79,4...84 %.

Таблица 2. Химический состав природного цеолита Бадинского месторождения

Компонент	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Состав, мас. %	68,0–72,0	0,6–0,8	11,4–12,0	0,16	2,1–3,7	0,6–1,7	2,6–4,8	0,4–1,5

Согласно результатам рентгенофазового анализа цеолит Бадинского месторождения состоит из клиноптилолита (70–80 %), а также примесных пород – кварца, монтмориллонита, полевого шпата и кристобалита [1, 2, 5]. С помощью термического анализа определено, что образец бадинского цеолита содержит в своем составе связанную и сорбированную воду [1, 5]. Потеря веса при нагревании образца бадинского цеолита до 1000 °С составила 10,0 %. причем

максимальная потеря адсорбированной воды ~6 % наблюдалась в температурном диапазоне от 80 до 300 °С. С помощью ИК-спектроскопии установлено наличие характерных для фазы клиноптилолита структурных групп.

В эксперименте использовался цеолит объемом 70 мл фракции 1–2 мм. Через колонку с цеолитом предварительно был пропущен модельный раствор ионов кальция  $\text{Ca}^{2+}$  (с концентрацией 10 мг/л) для перевода его в кальциевую форму. После этого цеолит промыли дистиллированной водой.

Фосфаты на предприятии ОАО «Томское пиво» используются для мойки оборудования, их добавляют к каусту (NaOH) при мойке бутылок. В период отбора стоков проходила мойка растворами каустической соды (концентрация щелочи 1–1,5 %) и азотной кислоты (концентрация 2 %) оборудования (емкостей хранения квасного сула квасного участка, емкостей отделения брожения квасного участка (бродильно-купажного танка)), слив дрожжей и другие технологические процессы.

Фильтрация через колонку с цеолитовой загрузкой производилась со скоростью 5–6 мл/мин. Последовательно производился отбор 500 мл фильтрата (последовательно в колбы по 50–100 мл). Отобранные пробы консервировались раствором хлороформа (2 мл раствора на 500 мл пробы). Определение фосфатов проводили по методике РД 52.24.382-2006 «Массовая концентрация фосфатов и полифосфатов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом».

Эффективность удаления фосфатов  $\mathcal{E}$  рассчитывали по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{оч}}}{C_{\text{исх}}} \cdot 100\%,$$

где  $C_{\text{исх}}$  – концентрация фосфат-аниона в исходном растворе;  $C_{\text{оч}}$  – концентрация фосфат-аниона в очищенном растворе.

На рис. 1 показана зависимость эффективности удаления фосфатов из сточной воды при пропускании ее через цеолит. Эффективность очистки сточных вод от фосфатов составила 80 % при пропускании через фильтр 500 мл очищаемой воды.

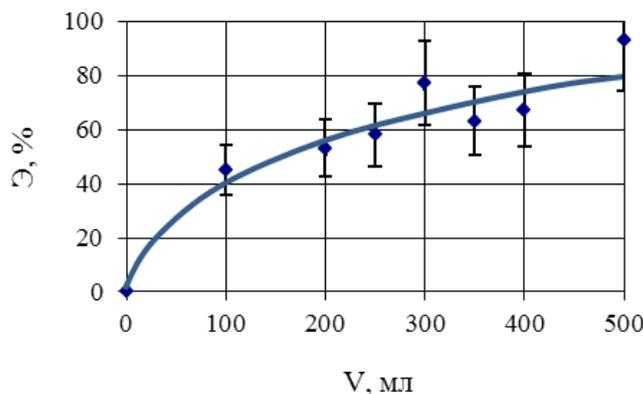


Рис. 1. Эффективность удаления фосфат-ионов в зависимости от объема фильтрата

Механизм очистки воды от фосфатов показан на схеме (рис. 2). Для обогащения цеолита ионами кальция предлагается использовать цеолитовый фильтр на стадии умягчения воды в процессе водоподготовки. В настоящее время для этих целей на ОАО «Томское пиво» воду пропускают через катионообменную смолу КУ-2-8 [6]. При этом жесткость воды снижается путем замены ионов натрия на катионообменной смоле на ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из фильтруемой воды. После прохождения через смолу определенного количества воды проводится регенерация фильтра в автоматическом режиме 8–12 % раствором NaCl. Смола заряжается новыми ионами натрия, а ионы кальция и магния в процессе регенерации удаляются в дренаж [6]. В случае умягчения воды с использованием цеолита после его насыщения ионами кальция можно осуществлять подачу на фильтр сточной воды после мойки оборудования с повышенным содержанием фосфатов.

В процессе фильтрации сточной воды через цеолит ионы кальция цеолита в ходе ионного обмена замещаются ионами натрия из раствора и поступают в обрабатываемую воду, где связывают фосфаты в труднорастворимые соединения, которые затем отфильтровываются.

Предположительно, при этом происходит образование труднорастворимого ортофосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , который имеет произведение растворимости  $2,0 \cdot 10^{-29}$ .

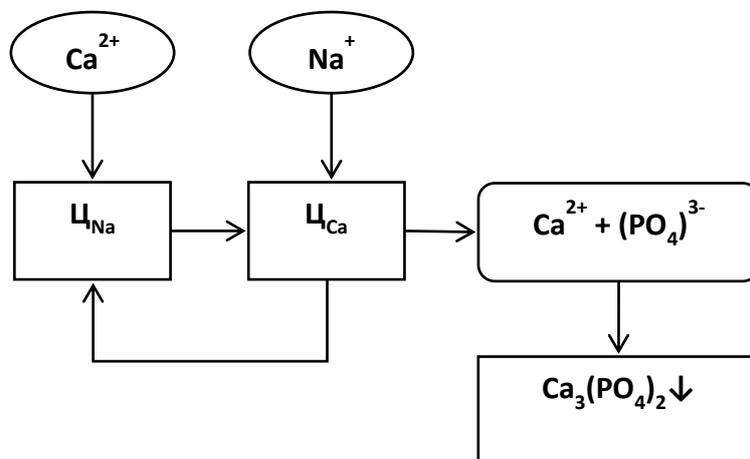


Рис. 2. Механизм удаления фосфатов из сточных вод при фильтровании через цеолитовую загрузку

Таким образом, в данной работе показана возможность использования природных цеолитов для очистки сточных вод предприятия ОАО «Томское пиво» от фосфатов, которые используются на стадии мойки оборудования. Показано, что эффективность очистки достигает 80 %. Для достижения высоких показателей очистки и выбора оптимальных условий необходимо проведение более детальных исследований.

#### Список литературы

1. Назаренко О.Б., Зарубина Р.Ф. Применение бадинского цеолита для удаления фосфатов из сточных вод // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – № 3. – С. 11–14.
2. Вейсгейм А.С., Зарубина Р.Ф., Нагорных Е.А., Назаренко О.Б. Изучение возможности очистки воды от фосфатов на фильтре с цеолитовой загрузкой // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы докладов восемнадцатой всероссийской научно-технической конференции (Томск, 5–7 Декабря 2012). – Томск: СПБ Графикс, 2012. – С. 336–339.
3. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. – М.: Мир, 1976. – 781 с.
4. Челищев Н.Ф., Володин В.Ф., Крюков В.Л. Ионнообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
5. Вейсгейм А.С., Зарубина Р.Ф., Назаренко О.Б. Удаление железа из скважинной воды на фильтре с загрузкой из Бадинского цеолита [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. – 2012. – Т. 5. – № 4. – С. 23–30.
6. Богданова Я.Н., Назаренко О.Б. Анализ технологий производства питьевой бутилированной воды // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Материалы докладов семнадцатой Всероссийской научно-технической конференции (Томск, 7–8 декабря 2011). – Томск: Изд-во СПБ Графикс, 2011. – С. 309–312.

#### Исследование физико-химических свойств природных цеолитов Монголии

*Батдемберел Г. \*, Назаренко О.Б. \*\*, Татарина Е.Н. \*\**

*\*Монгольский университет науки и технологий, Монголия, г. Улан-Батор*

*\*\* Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

**Введение.** Природные минералы широко используются в качестве сорбентов для удаления вредных веществ из загрязненных вод. Все большее применение в практике очистки сточных и питьевых вод находят природные цеолиты – каркасные алюмосиликаты с трехмерной упорядоченной структурой, представляющую собой систему полостей, соединенных между собой

каналами [1, 2]. Природные цеолиты обладают уникальными адсорбционными и ионообменными свойствами, а также возможностью многократной регенерации.

Месторождения природных цеолитов со значительными запасами имеются в США, Японии, Южной Африке, России, Словакии, Болгарии, Турции, Италии и других странах. В Монголии геологические исследования цеолитовых месторождений начались с 1986 года и к настоящему времени выявлено несколько десятков разномасштабных геологических проявлений цеолитов, расположенных преимущественно на юге, юго-востоке и северо-востоке. Образованию цеолитовых месторождений способствовала тектоническая и палеогеографическая обстановка территории Южной Монголии. По данным [3] цеолиты образованы при взаимодействии нейтральных или слабощелочных слабоминерализованных вод палеозер с кислым или умереннощелочным вулканическим стеклом. Количество цеолитов в породах колеблется от 3 до 90 % объема породы. Максимальные содержания цеолитов (60–90 %) приурочены к прослоям кислых витрокластических туфов, меньше их в туффитах, туфопесчаниках и других породах. В прослоях осадочных пород цеолиты отсутствуют либо содержание их ничтожно мало. Большая часть объема цеолитосодержащих туфов представлена клиноптилолитом, также обнаружены феррьерит, шабазит и эрионит.

Целью данной работы являлось исследование физико-химических характеристик природных цеолитов Ургунского и Цагаанцавского месторождений, необходимое для обоснования возможности их использования в процессах очистки воды. Месторождения Ургун и Цагаанцав расположены в южной части Монголии (рис. 1) и являются перспективными объектами для развития экономики Монголии [4].



Рис. 1. Географическое расположение цеолитовых месторождений Ургун и Цагаанцав на территории Монголии

**Материалы и методики экспериментов.** Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов природных цеолитов выполнен с помощью рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD-7000. Размер и форму частиц анализировали с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM-3000. Для тестирования термической устойчивости образцов цеолитов использовали совмещенный термоанализатор ТГА/ДСК/ДТА SDT Q600 в режиме линейного нагрева (10 °С/мин) в атмосфере воздуха в интервале температур 20...800 °С. Для записи ИК-спектров в области 4000...400 см<sup>-1</sup> использовали ИК-Фурье спектрометр Nicolet 5700. Элементный состав образцов определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с помощью спектрометра Quant'X.

**Результаты и обсуждение.** С помощью РФА определен минералогический состав цеолитовых пород (рис. 2). Исследуемые образцы содержат в своем составе клиноптилолит, а также примесные породы – кварц, монтмориллонит, полевои шпат и кристобалит.

На рис. 3 показан внешний вид исследуемых пород, а также микрофотографии, полученные с помощью электронного микроскопа.

Спектры цеолитов, полученные методом рентгеновской флуоресцентной спектроскопии, показаны на рис. 4. В таблице приведен элементный состав образцов цеолитовых пород. Содержание элементов определяли по интенсивности аналитических линий определяемых элементов. Отношение основных составляющих катионов Si/Al составляет для цеолита Ургунского месторождения 4,32, а для цеолита месторождения Цангаавцав – 4,72. Эти данные говорят о высоком качестве цеолитов – их высокой термо- и кислотостойкости.

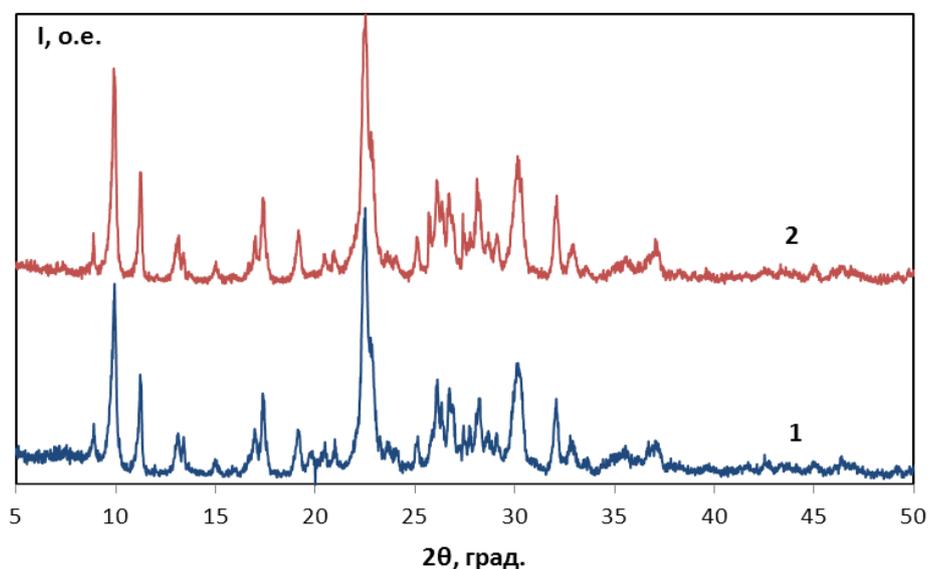


Рис. 2. Рентгенограммы образцов цеолитов месторождений Ургун (1) и Цагаанцав (2)

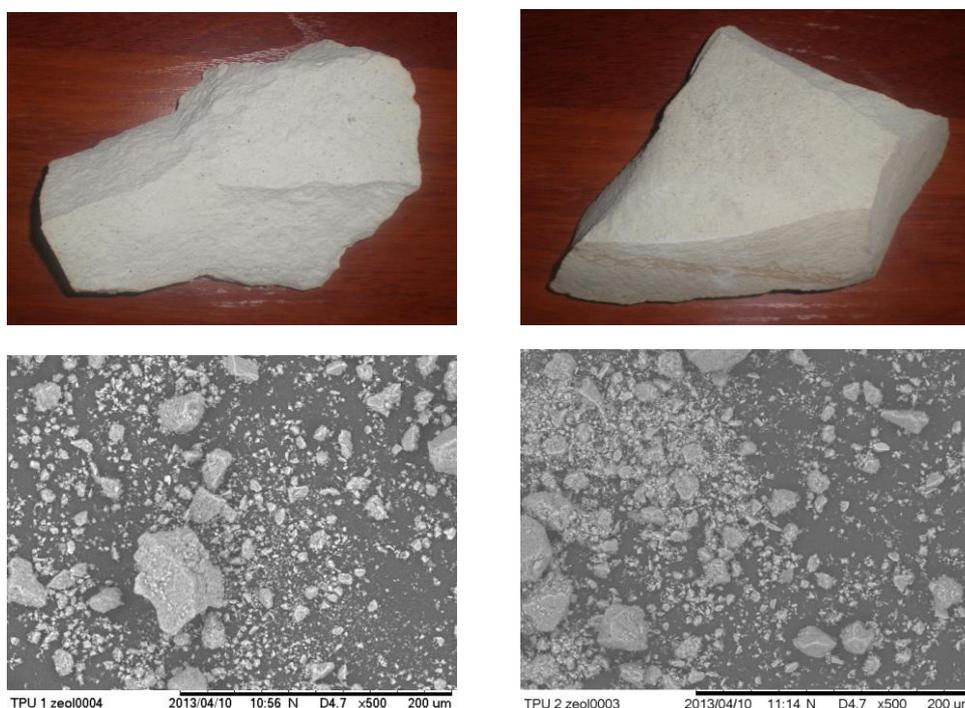


Рис. 3. Общий вид и микрофотографии природных цеолитов месторождений Ургун (а) и Цагаанцав (б)

Результаты исследования термической устойчивости монгольских цеолитов показали, что снижение веса при нагревании образцов до 1000 °С составило до 9,5 %, что позволяет для

улучшения сорбционных свойств использовать термическое модифицирование.

Наличие характерных для фазы клиноптилолита структурных групп в образцах цеолитов установлено методом ИК-спектроскопии. Наиболее интенсивная полоса поглощения наблюдается при  $1040\text{ см}^{-1}$  и отвечает колебанию связи Si–O–Si. Полосы поглощения  $800,5$  и  $780,5\text{ см}^{-1}$  связаны с валентными колебаниями связи Al–O, а  $473,2\text{ см}^{-1}$  – с деформационными колебаниями Al–O<sub>4</sub>. С наличием цеолитной воды связаны полосы поглощения в диапазоне  $3253\text{--}3734\text{ см}^{-1}$ ,  $1612,4\text{ см}^{-1}$  – полоса деформационных колебаний молекул воды.

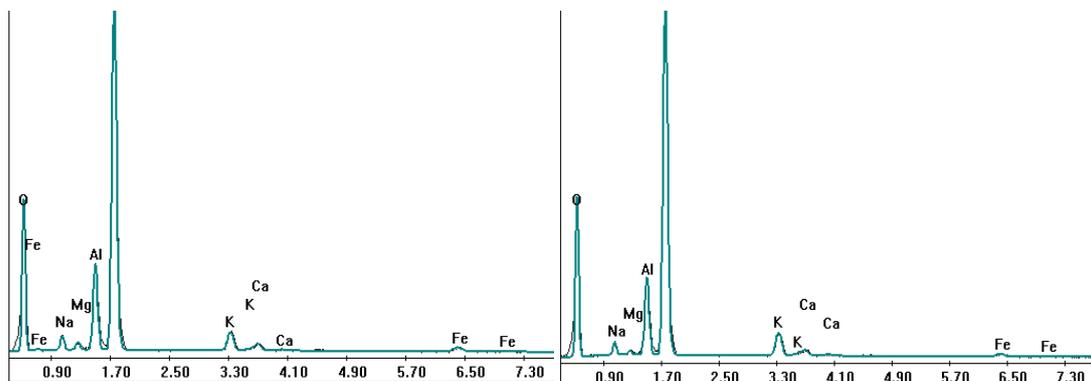


Рис. 4. Рентгенофлуоресцентные спектры образцов цеолитовых месторождений Ургун (а) и Цагаанцав (б)

Таблица. Элементный состав образцов природных цеолитов, мас. %

Элемент	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Месторождение								
Ургун	43,74	2,53	0,98	8,89	38,44	2,72	1,07	1,64
Цагаанцав	45,81	2,22	0,57	8,08	38,11	3,37	0,88	0,97

**Выводы.** В данной работе представлена характеристика физико-химических свойств монгольских природных цеолитов месторождений Ургун и Цагаанцав. Цеолиты обладают высокой термостойкостью и кислотостойкостью и удовлетворяют требованиям для использования в практических целях для обработки сточных вод. Выполненные исследования позволяют сделать вывод о возможности химического и термического модифицирования исследованных цеолитов для улучшения сорбционных свойств.

Работа выполнена при частичной поддержке ФЦП ГК № 16.552.11.7063 и № 14.518.11.7017.

#### Список литературы

1. Брек Д. Цеолитовые молекулярные сита. – М.: Мир, 1976. – 781 с.
2. Челищев Н.Ф., Володин В.Ф., Крюков В.Л. Ионнообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. – М.: Наука, 1988. – 128 с.
3. Петрова В.В. Низкотемпературные вторичные минералы и их роль в литогенезе (силикаты, алюмосиликаты, гидроксиды) / (Тр. Геол. ин-та; вып. 525). – М.: ГЕОС, 2005. – 247 с.
4. Mavlet U., Enebish B. Mineral resources of Mongolian. – Ulaanbaatar, 1998. – 280 p.

#### Качественный анализ загрязнения воздуха методом лишеноиндикации

Кондратова А.А., Орлова К.Н

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, г. Юрга

Email: [lestaks@rambler.ru](mailto:lestaks@rambler.ru)

Формирование и развитие природных экосистем напрямую зависит от степени воздействия техногенных факторов различной природы. Не менее важное значение имеют и адаптивные возможности биологических систем, которые на современном этапе позволяют выявить биоиндикационные исследования, ставшие важной частью экологического мониторинга.

**Цель работы:** Изучение качественного состояния атмосферы города Юрга методом лишеноиндикации.

**Задачи:**

- Выявить видовой состав лишайников, встречающихся в городе.
- Сделать вывод о степени загрязнённости воздуха в городе.

Одним из основных объектов глобального биологического мониторинга выбраны лишайники. Лишайники представляют собой весьма своеобразную группу споровых растений, состоящих из двух компонентов - гриба и одноклеточной, реже нитчатой, водоросли, которые живут совместно как целостный организм. При этом функция основного размножения и питания за счет субстрата принадлежит грибу, а функция фотосинтеза – водоросли.

Большинство лишайников состоят из образованной гифами плотной коры, в которой имеются необходимые для дыхания поры. Кора позволяет всасывать влагу из воздуха и защищает лишайник от переохлаждения или перегрева. Под корой гифы более рыхлые, между ними располагаются клетки водоросли. Обычно клетки фотобионта сконцентрированы по периферии – ближе к свету – образуя фотосинтезирующий слой. По анатомическому строению различают лишайники гомеомерные (в которых водоросли распределены более или менее равномерно по всему телу) и гетеромерные (водоросли находятся только под слоем коры). Некоторые лишайники симбиотируют также с бактериями, за счёт чего получают азот прямо из воздуха, или паразитируют на мхах и других лишайниках.

Исследование проводилось на деревьях только одного вида: Тополь. Так как в результате проведенного анализа научных данных выявлена зависимость произрастания эпифитных лишайников от видового состава деревьев, так, к примеру лишайники могут активно распространяться на тополях и хвойных, а менее на березах. Таким образом, чтобы исключить погрешность связанную с видовым составом деревьев был выбран тополь.

Различают три группы эпифитных лишайников:

- **накипные (коркоподобные)** Если слоевища плотно прилегают к субстрату в виде зернистого либо пылистого налета или в виде чешуек и корочек разной формы, то такие лишайники называются накипными. Похожи на плоские корки, плотно срастающиеся с корой, камнями, почвой, они трудно отделяются на ощупь, бархатистые и влажные.

- **листоватые (листовидные)** Если слоевища лишайников имеют вид более или менее расчлененных пластинок (лопастей), они называются листоватыми. Имеют форму мелких пластинок, чешуек, прикрепляются к поверхности тонкими нитями гриба и довольно легко отделяются от нее.

- **кустистые.** Лишайники, которые имеют кустистое слоевище, состоящее из прямостоячих в разной степени разветвленных столбиков (подециев), называются кустистыми. которые либо растут вверх как маленькие кустики, либо свисают с дерева вниз подобно бороде. Не имея корней, лишайники довольно крепко прикрепляются к субстрату особыми выростами, расположенными на нижней стороне таллома.



Рис. 1 – Карта Юрги с отмеченными точками проведения измерений

На территории города обнаружены следующие виды лишайников: Пармелия бороздчатая (*Parmelia sulcata*), Фисция звездчатая (*Phiscia stellaris*), Пармелиопсис сомнительный (*Parmeliopsis ambigua*), Ксантория настенная (*Xanthoria parietina*)

Таблица 1–Результаты качественного исследования состояния чистоты воздуха в г. Юрга.

Номер точки	Видовой состав
1	Листовые, накипные
2	Листовые, накипные
3	Листовые, накипные
4	нет
5	накипные
6	накипные
7	накипные
8	накипные
9	нет
10	Листовые, накипные

Изучение всех видов лишайников в крупнейших городах мира выявило ряд общих закономерностей: чем больше индустриализован город, чем более загрязнен воздух, тем меньше встречается в его границах видов лишайников, тем меньшую площадь покрывают лишайники на стволах деревьев, тем ниже "жизненность" лишайников. Установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха лишайники исчезают по следующей схеме в порядке убывания:

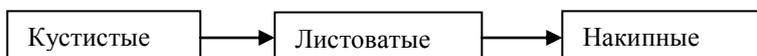


Рис. 2 – Исчезновение лишайников при возрастании загрязнения воздуха

**ВЫВОДЫ:** В результате качественного биомониторинга с помощью лишайноиндикации на территории города Юрги обнаружены две зоны лишайниковых пустынь. Зона наибольшего загрязнения воздуха предположительно связана с деятельностью заводов. Выделяются две зоны критического загрязнения в жилых районах. Предположительным загрязнителем являются выхлопы автомобилей. Выявлена необходимость дальнейших исследований загрязнения воздуха методом лишайноиндикации на территории города с применением иных методик и с привлечением дополнительных методов для составления лишайноиндикационной карты города Юрги.

#### Список литературы

1. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие/ Под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: Академический Проект, 2006. —416 с.
2. Биологический контроль окружающей среды, биоиндикация и биотестирование/ под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

#### Философско-мировоззренческая составляющая при изучении общепрофессиональных дисциплин инженерно-технического направления

(на примере электротехники)

*Петуров В.И., Куркин К.О., Пешкова Ю.В.*

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта, Россия, г. Чита*

[Peturov\\_vi@rambler.ru](mailto:Peturov_vi@rambler.ru)

Глобализация мировой экономики не проходит бесследно для национальных образовательных систем и, прежде всего для высшего профессионального образования. Россия на новом этапе своего развития активно включилась в процессы интернационализации образования,

присоединившись в 2003 г. к Болонскому процессу, в результате которого большинство европейских стран перейдет на двухуровневое обучение студентов в высших учебных заведениях. После подписания министром образования РФ 19 сентября 2003 г. Болонской декларации отечественной высшая школа активно участвует в создании единого образовательного пространства, сотрудничая в этой сфере с ведущими европейскими и мировыми державами.

С учетом сказанного перед Российской высшей школой вновь, на новом этапе исторического развития, возникают задачи улучшения качества подготовки теперь не только уже специалистов, но также и бакалавров и магистров, повышения уровня их профессионального образования, успешного освоения в рамках образовательной программы универсальных и профессиональных компетенций [1].

В процессе формирования мировоззрения студентов, превращения полученных знаний в убеждения, в жизненную позицию исключительно важная роль в технических вузах принадлежит общеинженерным и специальным техническим кафедрам. Каждая техническая дисциплина содержит не только чисто технические выкладки, формулировку законов и т. п., но и их философское истолкование, т. е. включает в себя и мировоззренческие проблемы.

В основе формирования мировоззрения лежит изучение философии, как науки, играющей ведущую методологическую роль. Важнейшие принципы и законы философии опосредованно выступают и как методы анализа технических наук. Они отражаются во всех видах инженерно-технической деятельности, таких как научно-исследовательская, проектно-конструкторская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, монтажно-наладочная и сервисно-эксплуатационная. Овладение основами философских знаний воспитывает культуру мышления, умение творчески подходить к любому делу, правильно ориентироваться в любой новой для человека области знания и деятельности, способность смотреть в корень вещей и явлений, видеть их взаимосвязь и взаимозависимость, тенденции развития, скрытые от поверхностного взгляда.

Недопонимание исключительной важности методологического и мировоззренческого аспектов философии специалистом любого профиля и в особенности технического приводит к тому, что если человек лишь Homo Faber (человек делающий), тогда он крайне опасен. Homo Faber – полезная составная часть человека только в том случае, если человек желает воспринимать себя и быть признанным обществом как Homo Sapiens (человек разумный).

Технократическая реализация текущих экономических интересов без учета социальных аспектов делает инновационные проекты весьма конфликтными, основанными подчас на противоестественных решениях, не учитывающих возможности окружающей среды. Масштабы технических инноваций, покорение природы, исчерпание ее ресурсов часто свидетельствуют о неадекватности людей, просчетах и произволе, которые принесут вред многим поколениям на протяжении многих десятилетий. Поэтому для современного этапа развития экономики и производства требуется органичное взаимное переплетение законов технической среды обитания и природной реальности, гармоничная конвергенция всех типов систем [2].

В этой связи, в процессе подготовки будущих инженерно-технических кадров необходимо сформулировать основные требования, предъявляемые к техническим дисциплинам с целью более полного отражения мировоззренческих вопросов при подготовке специалистов, бакалавров и магистров по техническим направлениям и специальностям.

Преподавание любой технической дисциплины должно быть организовано так, чтобы, научить студента оценивать в едином комплексе широкий круг взаимосвязанных с техникой экономических, исторических, социальных и экологических проблем.

При изучении технических дисциплин должны быть отражены:

- системный подход к анализу научно-технического прогресса;
- важнейшие достижения отечественных и зарубежных ученых и инженеров в рассматриваемой области науки и техники;
- социально-экономические предпосылки решения той или иной проблемы, создания того или иного технического объекта;
- краткая история развития данного устройства и роль отечественных и зарубежных ученых и инженеров в его совершенствовании;
- роль научных абстракций в познании исследуемых процессов;
- основные закономерности научно-технического прогресса, проявляющиеся в процессе возникновения и развития данной отрасли техники: противоречия между потребностями производства и возможностью их удовлетворения; противоположность и

взаимобусловленность требований к данной конструкции (достоинства и недостатки, сочетание технического совершенства и простоты и т. п.); возврат к старым идеям на основе новейших достижений науки и техники;

- взаимосвязь таких важных качественных и количественных показателей, как КПД, эффективность, безопасность, экологичность, надежность и т.п.;
- роль новых материалов и технологии;
- особенности состояния и перспективы, прогнозная оценка развития данной отрасли, решение конкретных научно-технических проблем в Российской Федерации, других странах и в целом в мире.

Студент должен отчетливо понимать причины, вызывающие необходимость создания того или иного объекта техники, и условия, позволяющие решить эту проблему. При этом необходимо подчеркивать характерную закономерность научно-технического прогресса, в соответствии с которой для успешного решения крупной научно-технической проблемы всегда существуют объективные социально-экономические предпосылки.

К. Маркс указывал: «...человечество ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже имеются налицо, или, по крайней мере, находятся в процессе становления» [3]. Потребность, общества в тех или иных материальных благах выявляется в форме постоянно возникающего и постоянно разрешаемого противоречия между потребностями и возможностью их удовлетворения.

При любом способе материального производства потребности общества опережают техническую основу производства, вызывают необходимость в более совершенных технических средствах и тем самым стимулируют развитие науки и техники.

Иллюстрацию указанных выше положений для студентов технических специальностей удобно проводить на основе рассмотрения истории развития электротехники, и в частности, на примере истории развития трансформаторов и трансформаторостроения, поскольку трансформатор является важнейшим элементом современных систем электроснабжения, одним из наиболее распространенных видов электротехнического оборудования [4, 5].

В последней четверти XIX века в связи с бурным развитием промышленности все более остро ощущалась необходимость в экономичной передаче больших количеств электроэнергии на дальние расстояния. Исследования показали, что наиболее эффективный путь решения этой проблемы – повышение напряжения линий электропередач. Поэтому со всей остротой была поставлена задача создания высокоэкономичных трансформаторов. А возможность ее решения была обусловлена успехами научных исследований в области электротехники, огромным опытом инженерных и конструкторских разработок различных электротехнических устройств, достижениями электроизоляционной техники, металлургической промышленности и др. Почти полвека потребовалось для того, чтобы трансформатор превратился из лабораторного прибора в промышленную конструкцию, содержащую все основные элементы современного трансформатора [6].

История развития трансформатора – как и многих других важнейших электротехнических объектов – наглядная иллюстрация диалектики технического развития, путей преодоления противоречий инженерной мысли, логики и творческой методологии ученых и инженеров. Даже краткое знакомство с ней поможет студенту увлечься своеобразной романтикой инженерных поисков, приобрести умение творчески мыслить, понять сложные взаимосвязи научно-технического прогресса.

В заключение, считаем нужным, подчеркнуть, что, говоря о будущем развития техники, необходимо добиваться осознанного понимания студентами того факта, что какие бы уникальные технические решения и конструкции ни были созданы сегодня, они лишь являются ступенью на пути создания еще более совершенных объектов.

Освещение мировоззренческих вопросов требует серьезного подхода, в основе которого должна быть органическая связь изучаемого материала со знаниями, полученными студентами при изучении других наук и, прежде всего дисциплин гуманитарно-социального и естественнонаучного блоков, соответствующей направленности всех видов учебных занятий.

#### Список литературы

1. Серебрянников С.В. Новые образовательные стандарты и задачи УМО по обеспечению единства российского высшего профессионального образования в области энергетики. – Роль и задачи УМО в обеспечении единства российской системы высшего профессионального

- образования для энергетики. Материалы пленума Совета Учебно-методического объединения вузов России по образованию в области энергетики и электротехники. – Москва – Казань, 2008.
2. Хабибуллин К.Н., Коробов В.Б., Луговой А.А. Философия науки и техники. – М.: Высшее образование, 2008. – 192 с.
  3. Маркс К. К критике политической экономии. – Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. – 2-е изд. – Т. 13. – С. 7.
  4. Петуров В.И. Мировоззренческие проблемы обучения студентов направления 140200 «Электроэнергетика». – VI Всероссийская научно - практическая конференция «Энергетика в современном мире» (материалы конференции). – Чита: ЧитГУ, 2009. Ч.П. – С. 225–230.
  5. Пешкова Ю.В., Куркин К.О. Историко-методологические аспекты изучения общепрофессиональных дисциплин в техническом вузе (на примере электротехники). – МИКС-2013: Сборник трудов Межвузовской итоговой конференции студентов. – Иркутск: ИрГУПС, 2013. – С. 148 – 151.
  6. Шнейберг Я. А. Трансформации трансформатора. // Наука и жизнь, № 3, 1973. – С. 40–47.

#### **Определение коэффициента вертикальной диффузии при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования**

*Рыжакова Н.К., Покровская Е.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[pokrelena@gmail.com](mailto:pokrelena@gmail.com)*

При контроле загрязненности атмосферного воздуха согласно ГОСТ 17.2.3.01-86 на опорных стационарных постах проводятся наблюдения за содержанием пыли, сернистого газа, окиси углерода, двуокиси азота. Однако особый интерес представляет содержание в воздухе тяжелых металлов и других химических элементов, так как даже в малых концентрациях, но при длительном воздействии они могут причинить существенный вред здоровью человека. Следует отметить, что повышенное содержание некоторых элементов в организме человека может привести к заболеванию раком (например, свинец - рак почек, желудка, кишечника).

Существует ряд способов определения степени загрязнения воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами. Основные различия заключены на начальном этапе, то есть в момент отбора проб (например, фильтрация воздуха или использование искусственных или естественных планшетов). Последующие стадии существующих способов одинаковы и основаны на использовании таких наиболее распространенных методов определения химического состава проб, как атомно-абсорбционная атомно-эмиссионная спектроскопия, нейтронно-активационный анализ, рентгенофлуоресцентный метод, фотокolorиметрический метод.

При использовании воздушных фильтров или поглощающих материалов осуществляется прокачка через них воздуха. Отбор разовых проб проводят в зонах максимального загрязнения непосредственно в факеле выброса. Отбор проб осуществляется, как правило, в течение 20 минут, в каждой точке отбирают не менее 25 проб в течение нескольких дней на уровне 1,5 метра от земли (зона дыхания).

Более длительная экспозиция имеет место при контроле содержания химических элементов в воздухе с помощью анализа дождевых осадков или снегового покрова. Однако эти методы требуют сложной пробоподготовки и являются очень трудоемкими.

В последние десятилетия широкое распространение получили методы, основанные на использовании биомониторов для оценки и прогноза состояния окружающей среды. В качестве биомониторов часто используют мхи, которые играют роль естественных планшетов, так как обладают высокими аккумуляционными способностями, продолжительным жизненным циклом и широко распространены в природе. В ряде известных работ, в том числе и зарубежных, мхи применяют для оценки уровней загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами (ТМ) достаточно обширных территорий. В зависимости от длины прироста используемого в исследовании мха период наблюдения может составлять от 2-3 до 10-15 лет.

Метод мхов-биомониторов можно использовать не только для оценки загрязнения атмосферного воздуха ТМ, но и для изучения основных закономерностей распределения выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы. Как будет показано далее, применение метода математического моделирования для описания измеренных распределений концентраций химических элементов во мхах в зависимости от расстояния от источника загрязнения может

быть использовано для определения основных параметров переноса загрязняющей примеси. Моделирование осуществляется на основе диффузионно-конвективного уравнения, которое для средних значений концентраций примеси  $q$  для точечного источника загрязнения в приземном слое атмосферы имеет вид [1]:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} + V_g \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} \quad (1)$$

Уравнение учитывает турбулентную диффузию в вертикальном направлении, характеризующуюся коэффициентом вертикальной диффузии  $k_z$ , перемещение по ветру в направлении оси  $x$  со скоростью  $u$  и гравитационное оседание со скоростью  $V_g$ .

Данная работа посвящена определению одного из основных параметров переноса примеси – коэффициента вертикальной диффузии  $k_z$  с помощью метода мхов-биомониторов.

В большинстве работ по переносу загрязняющей примеси в атмосфере используется прямая зависимость коэффициента вертикальной диффузии от высоты над поверхностью земли:

$$k_z = k_1 z,$$

где  $k_1$  – коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии.

Для расчета коэффициента  $k_1$  к настоящему времени получено несколько формул, пригодных для некоторых определенных состояний атмосферы [2]. В связи с этим полученные по той или иной формуле значения  $k_1$  могут быть использованы только в расчетах разовых концентраций для соответствующих состояний атмосферы. Кроме того, возникают проблемы с определением содержащегося в формулах параметра шероховатости, который учитывает рельеф местности, где расположено предприятие: рельеф конкретной местности чаще всего нельзя отнести к какому-либо определенному типу. Следует отметить, что при оценке степени загрязнения тяжелыми металлами, концентрации которых в выбросах невелики, интерес представляют не разовые, а усредненные за длительные периоды наблюдения концентрации, когда реализуются различные состояния атмосферы.

В методе мхов-биомониторов определение коэффициента вертикальной диффузии основано на использовании аналитического решения уравнения (1), которое при степенной аппроксимации скорости ветра и коэффициента вертикальной диффузии от высоты  $z$  с учетом фоновых концентраций имеет вид [2]:

$$q(x) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right) + q_\phi \quad (2)$$

здесь  $q_\phi$  – фоновое (природное) содержание химического элемента во мхах, отобранных на территориях, где отсутствует техногенное загрязнение;

$x$  – расстояние от точки пробоотбора мхов до источника загрязнения;

$\theta_1$ ,  $\theta_2$ ,  $\theta_3$  – параметры пространственного распределения концентраций химических элементов, содержащихся во мхах. Численные значения данных параметров зависят от множества факторов: от мощности и высоты трубы промышленного предприятия, состояния атмосферы и свойств загрязняющей примеси.

Анализ литературы по переносу загрязняющей примеси в приземном слое атмосферы показал, что при расчете разовых концентраций используется следующее выражение для параметра  $\theta_3$  [3]:

$$\theta_3 = \frac{u_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 k_1} \quad (3)$$

Где  $n$  – параметр, характеризующий изменение скорости ветра с высотой,  $n=0,1 \dots 0,25$ ;  $u_1$  – скорость ветра, измеряемая на высоте 1 м от поверхности земли;  $H$  – высота трубы источника загрязнения.

Формулу (3) при известном значении параметра  $\theta_3$  можно использовать для определения коэффициента пропорциональности вертикальной диффузии  $k_1$ . Значение  $\theta_3$  можно найти путем аппроксимации измеренных концентраций химических элементов во мхах, отобранных на разных расстояниях  $x$  от источника загрязнения, зависимостью вида (2) с помощью метода наименьших квадратов (МНК).

Для применения данного способа определения коэффициента вертикальной диффузии отбирали образцы эпифитного мха *Pyloisapolyantha* (Hedw.) B.S.G. с коры берез, осин и тополей на высоте 1,5-2 м в заданном направлении от ТЭЦ-5 ( $H=260$  м) на расстояниях от 1 до 5 км

(рис 1). Фоновый образец мха отобрали в ХМАО на расстоянии, значительно удалённом от основных населённых пунктов и предприятий, что практически исключает воздействие на них техногенного загрязнения. В данном исследовании брали зелёный прирост мха, что соответствует 2-3 годам накопления химических элементов в мхах. Пробоподготовка и измерения проводили в соответствии с запатентованной методикой [4]. В ходе исследования подготовлено и измерено 38 проб мха, в которых определено содержание следующих элементов: Ва, Hf, Eu, Fe, Yb, Co, La, Lu, As, Nd, Rb, Sm, Sc, Sr, Sb, Th, U, Cr, Cs, Ce, Zn. Измеренные распределения концентраций химических элементов в образцах, отобранных на разных расстояниях от источника загрязнения, аппроксимировали зависимостью вида (2); в качестве примера на рис. 2 показаны распределения концентраций Co и Sr. Коэффициент вертикальной диффузии определяли по формулам:

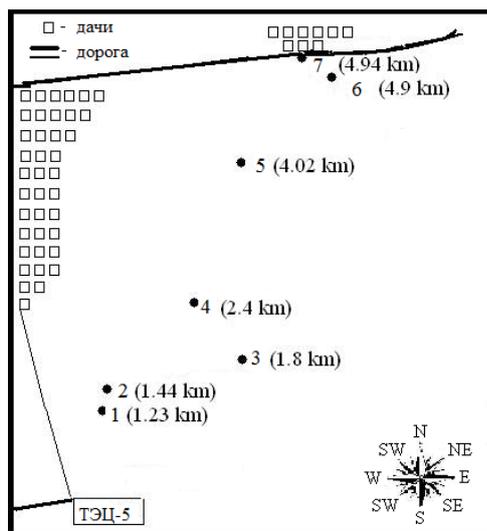


Рис. 1 Карта пробоотбора вблизи ТЭЦ-5 г. Новосибирска

$$k_z = k_1 z, \quad k_1 = \frac{\langle u_1 \rangle H^{1+n}}{(1+n)^2 \theta_3},$$

где  $\langle u_1 \rangle$  – усредненная за период экспозиции скорость ветра.

В таблице 1 приведены значения параметра  $\theta_3$ , определенного с помощью МНК,  $k_1$  и коэффициенты вертикальной диффузии, рассчитанные для различных высот при  $n=0,2$  и  $\langle u_1 \rangle = 5 \text{ м/с}$ .

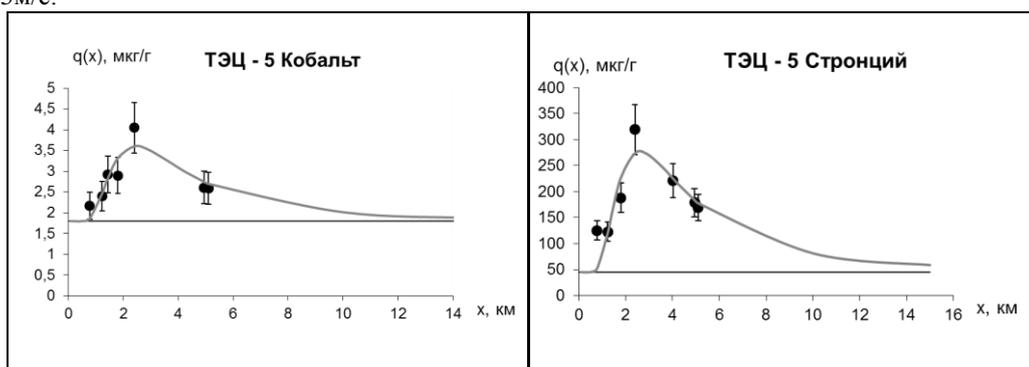


Рис. 2 Распределение химических элементов во мхах в зависимости от расстояния: сплошная кривая – результат аппроксимации функцией вида (2); горизонтальная прямая – фоновые концентрации

Следует отметить, что значения коэффициента вертикальной диффузии (табл.1), определенные в данном исследовании с помощью мхов-биомониторов, не противоречат данным, приведенным в литературе [5].

Таблица 1. Значения  $\theta_3$ ,  $k_1$  и коэффициента вертикальной диффузии  $k_z$ .

Элемент	$\theta_3$	$k_1$ , м/с	$k_z$ , м <sup>2</sup> /с				
			$z=50$ м	$z=100$ м	$z=150$ м	$z=200$ м	$z=250$ м
Ba	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Hf	5,9	0,12	6	12	18	24	30
Eu	5	0,14	7	14	21	28	35
Fe	10,4	0,07	3,5	7	10,5	14	17,5
Yb	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Co	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
La	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Lu	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
As	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Nd	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Rb	6,58	0,10	5	10	15	20	25
Sm	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Sc	9,24	0,07	3,5	7	10,5	14	17,5
Sr	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Sb	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Th	8,57	0,08	4	8	12	16	20
U	7,13	0,10	5	10	15	20	25
Cr	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Cs	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5
Ce	6,5	0,11	5,5	11	16,5	22	27,5
Zn	8	0,09	4,5	9	13,5	18	22,5

Выводы:

Существующие методы определения коэффициента вертикальной диффузии используются при расчете разовых концентраций для некоторых определенных состояний атмосферы.

Метод мхов-биомониторов позволяет определять усредненные за длительные (от 2-3 до 10-15 лет) периоды наблюдения значения коэффициента вертикальной диффузии, которые учитывают реализацию различных состояний атмосферы, характерных для данной местности.

#### Список литературы

1. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. - 448 с.
2. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере: справочник— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
3. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 272 с.
4. Название изобретения: пат. №2463584 Рос. Федерация, опубл. 10.10.12 г. Бюл. №28.
5. Лайхтман Д.Л. Физика пограничного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 342 с.

#### Определение скорости гравитационного оседания частиц летучей золы при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования

*Рыжакова Н.К., Покровская Е.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

На сегодняшний день в результате производственной деятельности в атмосферу выбрасывается большое количество газообразных и твердых веществ. Наиболее крупные частицы выбросов промышленных предприятий улавливаются очистительными установками, в то время как мелкодисперсная часть попадает в атмосферный воздух. Именно она и представляет серьезную угрозу для здоровья человека, так как попадает в органы его дыхания. Тяжелые металлы, содержащиеся в мелкодисперсных частицах выбросов промышленных предприятий, могут накапливаться в организме и приводить к серьезным заболеваниям, включая рак [1].

Для оценок и прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий широко используется математическое моделирование переноса загрязняющей примеси. Одним из основных параметров переноса вредных веществ в приземном

слое атмосферы является скоростью гравитационного оседания твердых частиц, содержащихся в выбросах промышленных предприятий. Необходимо отметить, что скорость гравитационного оседания применяют не только при математическом моделировании, но и при определении дисперсного состава частиц загрязняющей примеси, если известна их плотность.

Известные методы определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий можно разделить на две большие группы:

1) Отбор представительной пробы частиц летучей золы массой не менее 0,5 г, а затем определение ее плотности и скорости гравитационного оседания.

2) Выделение частиц из газового потока и определение скорости гравитационного оседания производится одновременно.

Большинство известных способов определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы, относящихся к первой группе, основано на седиментометрическом принципе [2]: скорость и время оседания частиц различного размера и массы неодинаковы: более крупные и, соответственно, более тяжелые частицы оседают быстрее. Данный способ включает две операции: а) отбор представительной пробы частиц летучей золы; б) диспергирование золы в жидкой или газообразной неподвижной среде. В зависимости от измеряемой величины существует несколько модификаций данного способа. Например, скорость гравитационного оседания частиц летучей золы определяют с помощью номограмм по массе дисперсной фазы, выпадающей на чашечку весов из столба суспензии и накопленной к заданным моментам времени. При электрофотоседиментрии скорость гравитационного оседания частиц летучей золы определяют с помощью калибровочной кривой по зависимости интенсивности пучка света, проходящего на заданном уровне столба суспензии по мере осаждения дисперсной фазы.

При применении выше перечисленных способов для определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы в атмосферном воздухе возникает ряд проблем. Во-первых, этими способами определяется скорость перемещения частиц за счет сил гравитации в неподвижной среде. В атмосфере, когда воздушные массы находятся в непрерывном движении, на скорость оседания влияют еще и аэродинамические свойства частиц. Во-вторых, скорость гравитационного оседания зависит от дисперсного состава пыли. А дисперсный состав уловленной пыли и пыли, содержащейся в атмосферном воздухе, могут сильно отличаться [3]. И, в-третьих, из-за сравнительно малых концентраций пыли в атмосферном воздухе время пробоотбора составляет не менее нескольких суток.

Ко второй группе относятся некоторые аэродинамические способы определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы, позволяющие проводить измерения непосредственно в пылегазовом потоке, то есть в воздушной среде. Эти способы также основаны на седиментометрическом принципе: разделение пылегазового потока на фракции с различными массами происходит за счет гравитационных или инерционных, чаще центробежных сил (для тонкодисперсной пыли с размерами частиц не более нескольких мкм). На этом принципе основано действие ротационных анализаторов, циклонных и струйных сепараторов. Однако, эти способы мало пригодны для измерения скорости гравитационного оседания непосредственно в атмосферном воздухе, так как их используют при достаточно высоких концентрациях пыли в потоке. Кроме того, аэродинамические свойства частиц, движущихся в турбулентной атмосфере и в пылегазовом потоке, могут сильно отличаться.

Таким образом, из анализа известных способов определения скорости гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий следует, что не существует надежного способа определения этой величины для частиц, движущихся в атмосферном воздухе.

Такую возможность дает использование мхов-биомониторов, которые аккумулируют содержащиеся в атмосферном воздухе частицы. В этом случае отсутствует искажение аэродинамических свойств частиц, а время экспозиции существенно возрастает и в зависимости от длины прироста используемого в исследованиях мха составляет от 2-3 до 10-15 лет [4].

Данная работа посвящена определению скорости гравитационного оседания частиц летучей золы промышленных предприятий непосредственно в приземном слое атмосферы с помощью метода мхов-биомониторов и математического моделирования, основанного на решении диффузионно-конвективного уравнения переноса загрязняющей примеси в приземном слое атмосферы (см. доклад «Определение коэффициента вертикальной диффузии при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования»). Решение уравнения переноса для приземного слоя атмосферы имеет вид [5]:

$$q(x) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right) + q_{\phi}, \quad (1)$$

где  $q_{\phi}$  – фоновое (природное) содержание химического элемента во мхах, отобранных на территориях, где отсутствует техногенное загрязнение;

$x$  – расстояние от точки пробоотбора мхов до источника загрязнения;

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$  – параметры пространственного распределения концентраций химических элементов, содержащихся во мхах.

Анализ литературы по переносу загрязняющей примеси в приземном слое атмосферы показал, что при расчете разовых концентраций используются следующие выражения для параметров  $\theta_2, \theta_3$  [6]:

$$\theta_2 = -\left[\frac{3}{2} + \frac{V_g}{k_1}(1+n)\right]; \quad \theta_3 = \frac{u_1 H^{1+n}}{(1+n)^2 k_1}, \quad (2)$$

где  $V_g$  – скорость гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий;

$k_1$  – коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии;

$n$  – параметр, характеризующий изменение скорости ветра с высотой,  $n=0,1 \dots 0,25$ ;

$u_1$  – скорость ветра, измеряемая на высоте 1 м от поверхности земли;

$H$  – высота трубы источника загрязнения.

Используя формулы (2) как систему двух уравнений, можно получить следующее выражение для скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий:

$$V_g = -\frac{(\theta_2 + \frac{3}{2})u_1 H^{1+n}}{(1+n)^3 \theta_3} \quad (3)$$

Параметры  $\theta_2, \theta_3$ , зависящие от состояния атмосферы, свойств загрязняющей примеси и высоты промышленного предприятия, могут быть найдены путем аппроксимации измеренных концентраций химических элементов во мхах, отобранных на разных расстояниях  $x$  от источника загрязнения, зависимостью вида (1) с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Если в формулу (3) подставить среднюю скорость ветра  $\langle u_1 \rangle$ , рассчитанную за период экспозиции (в нашем случае за 2-3 года), то данное выражение можно использовать для определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленного предприятия.

Таблица 1. Значения  $\theta_2, \theta_3$  и скорость гравитационного оседания  $V_g$  при  $n=0,2$ ;  $\langle u_1 \rangle = 5 \text{ м/с}$ .

Элемент	$-\theta_2$	$\theta_3$	$V_g, \text{ см/с}$
Ba	1,98	8	3,4
Hf	2,3	5,9	7,8
Eu	2,7	5	13,8
Fe	3,7	10,4	12,1
Yb	3,18	8	12,1
Co	3,26	8	12,6
La	2,65	8	8,3
Lu	2,64	8	8,2
As	3,11	8	11,6
Nd	3,24	8	12,5
Rb	2,2	6,58	6,1
Sm	3,7	8	15,8
Sc	3,15	9,24	10,3

Sr	3,06	8	11,2
Sb	3,14	8	11,8
Th	3,01	8,57	10,1
U	2,58	7,13	8,7
Cr	3,05	8	11,1
Cs	2,83	8	9,6
Ce	2,37	6,5	7,7
Zn	2,77	8	9,1

Для применения данного способа определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы в приземном слое атмосферы использованы образцы эпифитного мха *Pylaisia polyantha* (Hedw.) B.S.G., отобранные в заданном направлении от ТЭЦ-5 г. Новосибирска на разных расстояниях от 1 до 5 км. Методика проведения и обработки результатов эксперимента, в том числе карта пробоотбора, приведена в докладе «Определение коэффициента вертикальной диффузии при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования».

В таблице 1 приведены значения параметров  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ , найденные с помощью метода наименьших квадратов, а также скорости гравитационного оседания частиц летучей золы; расчет проведен при  $n=0,2$  и средней скорости ветра  $\langle u_1 \rangle = 5 \text{ м/с}$ .

Следует отметить, что значения скорости гравитационного оседания, определенные в данном исследовании с помощью мхов-биомониторов, не противоречат результатам определения этой величины другими способами [3].

Выводы:

Не существует надежного способа определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий непосредственно в приземном слое атмосферы.

Для определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы непосредственно в атмосферном воздухе можно применять метод мхов-биомониторов.

Использование мхов-биомониторов дает возможность проведения оценок и прогнозирования усредненных за длительные промежутки времени уровней загрязнения приземного слоя атмосферы тяжелыми металлами и другими токсичными элементами. Время усреднения определяется длиной прироста используемого в исследовании мха и может составлять от 2-3 до 10-15 лет.

#### Список литературы

1. Беспалов В.Г. Питание и рак. Диетическая профилактика онкологических заболеваний. - М., 2008. - 176 с.
2. Коузов П.А., Скрябина Л.Я.. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. Л.: Химия. 1983. – 131 с.
3. Коузов П.А. основы анализа дисперсионного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – 3-е изд. Перераб. – Л.: Химия, 1987 – 264 с.
4. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г., Рогова Н.С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов //Оптика атмосферы и океана, 2009 – т. 22, – №1. с. 101 – 104.
5. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере: справочник— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
6. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.

#### Саманные дома как образец экологичного строительства

**Прунскас В.В., Федюк Р.С.**

Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток

[roman44@mail.ru](mailto:roman44@mail.ru)

Глина - прекрасный материал для строительства домов; причём домов больших, качественных, тёплых, удобных для проживания. В Европе дома из глины - саманные дома - стоят

столетиями. И такие дома строились не только в Европе; Афганистан - страна, где саманный дом - традиция.

Кто сомневается в крепости такого дома - отбросьте сомнения: участники афганской войны вспоминают, что попадание из танка прямой наводкой в стену такого дома не разрушало его, а просто оставляло след. Саманный дом крепок и будет стоять столетия, если соблюсти технологию его строительства.

Саман - это не глина. Саман - это композитный материал, состоящий из смеси земли, воды, соломы, глины и песка. Саман при строительстве укладывается вручную, поэтому есть возможность вылепить дом любой формы. Перегородки дома также лепятся сразу же. В саманном доме окна и дверные проёмы могут быть любой формы.

В состав материала входят каолинит, свободная алюмокремневая кислота в виде тонких пластинок и чешуек и серицит - разновидность мусковита. В глине встречаются минералы с промежуточными свойствами между серицитом и каолинитом - гидрослюды.

Второстепенными минералами глины являются: кварц в виде мельчайших зёрен, иногда в весьма большом количестве, лимонит в коллоидальном состоянии или в виде мелких зёрен, пирит, рутил, турмалин, углистые вещества, гипс, известковый шпат, конкреции фосфоритов, ванадиевые минералы.

Глины образуются путём выветривания изверженных и метаморфических горных пород. Их химический состав показывает генетическое родство с главнейшими породообразующими минералами - полевыми шпатами.

При переносе глины водами рек, ледниками или морскими течениями, они смешиваются с кварцевым песком или кварцевой пылью, с карбонатными породами, иногда с вулканическим материалом.

Когда к глине примешаны кварцевый песок и кварцевая пыль в значительном количестве (свыше 40%), её называют суглинком; суглинок ледникового происхождения называется валунным [1].

Когда к глине в значительном количестве примешаны карбонатные породы, её называют глинистым мергелем. Глины морского дна, смешанные с организмами планктона, носят название ила.

Глина находит применение в строительном деле и в технических производствах. Из технических свойств глины особенно важны: пластичность - способность в увлажнённом виде принимать и сохранять придаваемую ей форму после высыхания; способность отвердевать при удалении кристаллизационной воды после обжига при надлежащей температуре.

Сухая глина - жирна на ощупь, легко растирается в порошок, липнет к языку, жадно поглощает влагу.

В зависимости от примеси окисей марганца, железа и органических веществ глины различно окрашены. Примеси окислов железа и углекальциевой соли уменьшают огнеупорность глины.

В зависимости от количества песка и углекислого кальция глина подразделяется на жирную и тощую глину. Первые - жирны на ощупь, жадно поглощают воду, причём, увеличиваются в объёме до двух раз; при просушке, увлажнённая предварительно глина сильно уменьшается в объёме и растрескивается. Тощие глины на ощупь - не жирны, при растирании между пальцами ощущается примесь песка, с водой дают незначительное увеличение объёма, тесто мало пластично, при высыхании незначительно изменяются в объёме и не трескаются [2].

И по стоимости, и по времени, и по расходу материала на штукатурные и шпаклевочные операции приходится наибольшая доля во всех работах, а стоимость может достигать трети от стоимости внутренней отделки. Даже в новых зданиях, не говоря уж о домах типовой застройки, допуски кривизны стен, полов и углов сравнительно велики. То есть качественно наклеить обои или положить плитку без выравнивания стен не удастся. А ведь чем больше видов работ, тем дороже стоимость ремонта.

Большинство строительных и ремонтных фирм могут предложить подробно расписанный план проведения работ, разработанный с учетом уровня отделки. Градации у каждой фирмы свои, но, как правило, выделяются несколько основных уровней. Чаще всего это простая, улучшенная (снятие старых обоев и краски вплоть до бетона, выравнивание стен) и высококачественная отделка.

Чтобы узнать, достаточно ли в почве глины, сделайте из почвы пасту, возьмите кусочек пальцами и сожмите его. Если пальцы хоть немного слипаются, когда вы пробуете их

разъединить, в почве есть глина. Сделайте мокрый шар размером с шар для гольфа и расплющите его на ладони. Затем поверните руку ладонью вниз, открывайте и закрывайте её. Если процент глины высокий, вы сможете открыть ладонь минимум раз пять прежде чем шар упадёт, а часть глины останется на ладони - рука будет в земле.

Разомните образец как пластилин. Раскатайте стержень толщиной с карандаш, оберните его вокруг пальца. Чем больше глины - тем сильнее он изогнётся не трескаясь. Сделайте совсем мокрый шарик, сдавите его в кулаке, оставив небольшую щель между двумя пальцами. Если глины много - выдавится лента мокрой глины, если нет - вы выдавите воду.

Сделайте мокрый шар размером с яйцо и расплющите его. Похлопайте, пока на поверхности не появится вода. Глина сохраняет блеск, когда ладонь открыта, или тускнеет по мере впитывания воды.

Глина слипается и затвердевает при засыхании. Если сухая почва легко распадается в руках - скорее всего в ней достаточно глины. Сухие глинистые почвы очень тяжело копать, они разваливаются на куски, которые невозможно раздробить в руках. Но при размачивании глина всегда размягчается.

Глина часто имеет заметный цвет - красный, охра, сине-серый и т.п. Она может быть разных цветов. Большинство глин водонепроницаемы. Хороши для поиска места, где вода выходит на поверхность - у родников, например. Указатели - водяной кресс, осоки, мята и некоторые виды ивы. Болотистая лесистая местность тоже может быть богата глиной. Трещины и расщелины на земле в сухую погоду - указатели глины. Проскальзывание колёс - указатель залежей глины. Куски глины иногда выглядят как гравий - полейте их водой: если получилась клейкая смесь - перед вами глина.

Песок более мелкий чем грубый сахар делает саман не очень крепким, поэтому его можно оставить для структурной работы над тонкими деталями. Чтобы сэкономить на песке, для традиционного английского самана использовали крошку сланца, но она обрабатывалась при смешивании копытами, а не ступнями ног. Иногда, если есть сложности с песком, можно использовать гравий.

Саман - композитный материал, состоящий из смеси земли, воды, соломы, глины и песка. Для хорошего результата нужно хорошо перемешать смесь. В большинстве случаев глина (или глинистая почва) должна быть сначала тщательно замочена, прежде чем добавлять в неё песок и солому. Сухая глинистая почва может быть твёрдой и комковатой, с ней сложно работать.

Для идеальной смеси важна пропорция глины и песка. Нужно достаточно глины, чтобы сделать пластичную, клейкую смесь, но не слишком много, чтобы смесь не сжималась слишком сильно и не трескалась при высыхании. В результате смесь - саман - обычно содержит всего от 5 до 25% глины.

Чтобы определить подходящую смесь, смешайте глину и песок в разных пропорциях: 3:1, 2:1, 1:1, 2:3, 1:2, 1:3. После перемешивания добавьте воды, чтобы образцы слипались, когда вы сжимаете их ладонями. Они должны быть относительно сухими - суше корки пирога. Образец не должен ломаться - он не должен быть влажным или рассыпчатым. При падении с высоты в метр на мягкую землю шарик (размером со снежок) должен сохранить свою форму. Если он рассыпался - слишком много песка. Если расплющился - слишком много глины.

Для сравнения полезно сделать несколько тестовых кирпичей, высушить их и посмотреть, как они трескаются, крошатся и ломаются. Сделайте для этих кирпичей замесы без соломы. Полное высыхание кирпичей может занять несколько дней. Потрескавшаяся поверхность указывает на слишком большое количество глины. При царапании гвоздём не должно оставаться глубоких борозд. Сделайте один кирпич с соломой и попробуйте после высыхания сломать его, скручивая кирпич: хорошую смесь таким способом сломать почти невозможно.

Смешивать саман можно при помощи куска брезента (топча смесь и приподнимая углы брезента), или в специальной яме, или при помощи трактора или бетономешалки. Бетономешалки, правда, не смешивают солому. Если вы пользуетесь бетономешалкой - положите в смесь песка, глины и воды пару 10-кг камней, чтобы они крутились вместе с саманом. Камни, крутясь, будут разбивать глину и вмуровывать в неё песок. Солому можно домешать в смесь, вылив её из мешалки, ногами.

Если смесь прилипает к ногам или брезенту - добавьте песка. Если саман распадается - добавьте глины и/или воды. Или в смеси слишком много соломы. Мокрые куски самана рвутся - добавьте соломы. Или просто смесь слишком влажная. Тестовые кирпичи трескаются при высыхании - добавьте песка. Тестовые кирпичи при высыхании мягкие и рассыпчатые - добавьте

глины. Тестовые кирпичи легко ломаются - добавьте соломы, лучше длинной. Солома должны быть сухой.

Солома облегчает саман и добавляет изоляцию, удерживая воздух в полых стеблях. Лучшая для самана солома должна иметь прочные волокна и быть длинной. В земляной стене солома не гниет - она мумифицируется в стене.

Прекрасный саман получается из соломы овса, ржи, озимой пшеницы. Ячменная солома тоже подойдет. Озимая солома наилучшая. Избегайте весенней пшеницы. Рисовую солому хорошо использовать с пшеницей 1 к 1. Ржаная трава хуже т.к. саман к ним не прилипает. Другие типы соломы, которые нужно избегать - люцерна, конопля, пшено, гречиха, соя, сорго, лён и кукуруза.

Соломы обычно занимает 10-15% смеси при условии, что она останется той же плотности что и в кипе. Готовьте материалы с запасом! Избыток пригодится для сидений, подмосток и т.п.

Необходимые материалы:

- для фундамента: камни, кирпичи, урбанит (бетонные куски разбитых плит и тротуаров - можно найти бесплатно), гравий;
- для саманных стен: грубая песчаная почва или песок, глинистая почва, солома, вода;
- для крыши, перекрытий, проёмов: пиломатериалы, столбы и доски.
- а также: стёкла для окон, крыша, изоляция, гвозди, шпагат, трубы, провода, розетки.

Стекло для встроенного окна должно быть листовым, закалённым, толщиной 4-6 мм, или автомобильным стеклом. Не используйте тонкое гнутое стекло, если у него нет рамы. Стекло может быть и целым, и разбитым, любой формы - оно встраивается в саман. Окна с рамами могут быть очень полезны, можно использовать и старые. Состояние рам не очень важно - их частично можно вмуровать в саман.

Саман - один из самых дешёвых строительных материалов, которые можно вообразить. Зачастую хватает той земли, что выкапывается из ямы под фундамент. При наличии изобретательности и предусмотрительности стоимость остальных компонентов (дверей, окон, полов и так далее) может быть существенно снижена. Общие затраты зависят от размера, дизайна, вашего творчества и организованности и от того, насколько вы готовы заплатить другим за строительство дома. Кроме того, мы платим кредитным учреждениям за заём, а потом строим с их ограничениями. Поскольку здесь вы сам себе подрядчик, вы можете использовать собственные материалы; продвигаясь медленно и аккуратно, можно построить дом за одну десятую той стоимости, по которой они продаются.

#### Список литературы

1. Минке Г. Глинобетон и его применение. – Калининград: ФГУИПП «Янтарный сказ», 2004. - 232 с
2. Fathy, H. Natural Energy and Vernacular Architecture. Chicago /London, 1986

#### Биоиндикация маркеров производства ядерно-топливного цикла, на примере Сибирского химического комбината

*Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л. \*, Меркулов В.Г.*

*Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

*\*Томский государственный университет, Россия, г. Томск*

Масштабы строительства и прогнозы развития атомных электростанций, теплоэлектроцентралей и станций теплоснабжения во многих странах свидетельствуют о возрастающей, а для некоторых стран и решающей роли ядерной энергетики в электроснабжении и выработке тепла [1]. В соответствии с нормативной документацией при контроле за выбросами продуктов ядерно-топливных производств измеряют только содержание радионуклидов в почве, донных отложениях, природных водах и биоте [2]. В то же время очень опасными могут быть газоаэрозольные выбросы, содержащие токсичные тяжелые металлы. Системы очистки газоаэрозольных отходов на таких предприятиях многоступенчаты, сопровождаются дозиметрическим контролем. Но выбросы из вентиляционных труб смешиваются с большими объемами воздуха и рассеиваются на большой площади, следовательно, концентрации загрязняющих веществ малы. В данном случае традиционные методы контроля атмосферного воздуха, основанные на анализе фильтров, через которые прокачивается воздух в течение непродолжительного времени – от нескольких часов до нескольких суток – непригоден.

В настоящее время для определения содержания большого количества химических элементов и металлов в атмосфере активно развиваются биофизические методы наблюдения. В качестве депонирующих загрязнителей объектов чаще всего используют мхи и лишайники, которые обладают хорошими аккумуляционными свойствами и широко распространены в природе [3, 4]. В Европе на протяжении последних 30 лет используется метод мхов-биоиндикаторов, который позволяет выявлять наиболее загрязненные территории, отслеживать динамику загрязнения атмосферного воздуха. Каждые 5 лет под эгидой комиссии ООН по трансграничному переносу атмосферных выпадений в Европе (UNECE ICP Vegetation) издается Европейский атлас атмосферных выпадений тяжелых металлов [5-7]. Метод контроля загрязнения атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов основан на сравнении концентраций химических элементов во мхах, отобранных на исследуемой территории, с фоновыми значениями, что дает возможность избежать определения предельно допустимых концентраций, что является непростой и нерешенной до конца задачей [8, 9]. Метод контроля загрязнения атмосферного воздуха с помощью мхов-биоиндикаторов позволяет оценивать даже незначительное содержание химических элементов в воздухе, так как время экспозиции в зависимости от используемого прироста мхов составляет от нескольких до пятнадцати лет [10].

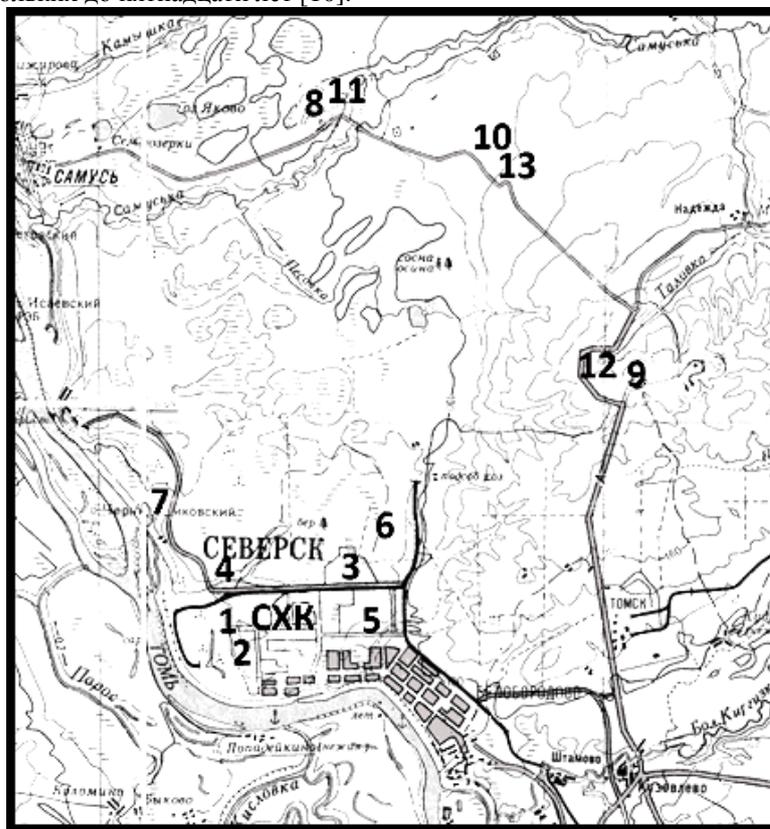


Рис. 1 Карта пробоотбора (пробы 1-10 отобраны в 2011г., 11-13 – в 2005 г.)

Целью данного исследования является изучение загрязнения атмосферного воздуха предприятиями ядерно-топливного цикла с помощью метода мхов-биоиндикаторов на примере Сибирского химического комбината. Данный комплекс предприятий ядерно-топливного цикла расположен в непосредственной близости от г. Томска. Основу комбината составляют заводы по обращению с ядерными материалами: завод по разделению изотопов; сублиматный завод; радиохимический завод; химико-металлургический завод и теплоэлектроцентраль, которая в настоящее время реконструируется; реакторный завод, работу которого остановили в 2008 г. Таким образом, в зоне действия данного комплекса кроме ряда редкоземельных металлов следует оценивать наличие продуктов реакции деления (Ba, Rb, Cs, Sr, Co), а также U, Th. Образцы эпифитного мха *Pylaisia polyantha*, произрастающего на коре осин и тополей, отобрали на разных расстояниях от СХК (рис.1). Трехлетний прирост мха отбирали в 2005 (3 образца) и 2011 (10 образцов) гг. на высоте 1,5-2 м. Фоновые пробы мха отобраны также в 2005 и 2011 гг. в

Сибирском регионе на большом расстоянии от промышленных центров. Отобранные образцы мха предварительно очищали от земли и различных примесей, затем производили промывку дистиллированной водой, далее высушивали до постоянного веса при температуре 80°-100°. После высушивания образцы подвергали процессу гомогенизации и прессовали по 2 параллельные пробы в таблетки массой 0,2-0,3 г и диаметром 1 см.

Содержание химических элементов определяли с помощью нейтронно-активационного анализа на реакторе ИРТ-Т ТПУ г. Томск. В вертикальном экспериментальном канале реактора пробы облучали в потоке тепловых нейтронов плотностью  $5,5 \cdot 10^{13}$  нейтрон/см<sup>2</sup>\*с в течение пяти часов. Для определения содержания химических элементов в пробах мха использовали относительный метод, когда исследуемый образец и образец сравнения (эталон) с известным содержанием определяемых элементов, облучают одновременно. В качестве образцов сравнения использованы стандарты МАГАТЭ –FFA (пыль летучая) и Табак-5. Измерение удельных активностей химических элементов в пробах проводили с помощью гамма-спектрометра на базе особо чистого германия и спектрометрической системы Genie 2000 (Cauberga, USA); время измерения составляло 300-900 сек. В каждой пробе определено содержание 27 химических элементов по долгоживущим изотопам: Sm, Mo, Ce, Ca, Lu, U, Tb, Th, Cr, Yb, Hf, Ba, Sr, Nd, Br, As, Sb, Cs, Rb, Fe, Zn, Sc, Co, Na, Eu, K, La; погрешность измерений составила 10-15 %.

Для анализа результатов измерения проведено усреднение концентраций химических элементов по образцам, отобраным на сравнительно небольших расстояниях 0,5-4 км (точки 1-7), по образцам, отобраным на расстояниях 14-15 км (точки 8-10), и по образцам, отобраным примерно в тех же точках, что и образцы 8-10, но в 2005 г (точки 11-13) (рис. 1 и таб.1).

Таблица 1. Усредненные значения концентраций, мкг/г

точки усредне ния элемент	1-7 (2011г)	8-10 (2011г)	11-13 (2005г)	фон	точки усредне ния элемент	1-7 (2011г)	8-10 (2011г)	11-13 (2005г)	фон
Sm	0,69	0,29	0,38	0,46	Br	8,7	9,6	9,7	7,1
Mo	0,40	0,23	0,14	0,07	As	0,65	0,33	0,49	0,28
Ce	13,5	4,6	6,4	3,2	Sb	0,54	0,27	0,26	0,13
Ca	20148	30370	20695	20961	Cs	0,89	0,35	0,69	0,28
Lu	0,094	0,039	0,064	0,046	Sc	2,1	0,8	1,3	0,7
U	1,43	0,37	0,48	0,28	Rb	15	7	15	8
Tb	0,07	0,03	0,04	0,032	Fe	4155	1854	2430	1563
Th	0,83	0,43	0,67	0,33	Zn	187	153	239	178
Cr	9,5	8,1	6,4	4,8	Co	5,7	2,9	3,5	1,8
Yb	0,55	0,27	0,38	0,04	Na	584	280	496	408
Hf	0,82	0,47	0,61	0,12	Eu	0,18	0,13	0,17	0,11
Ba	381	536	384	320	K	3057	1626	2344	3498
Sr	174	191	288	237	La	2,2	1,3	1,4	1,4
Nd	0,65	0,31	0,38	0,55					

Из полученных данных по содержанию химических элементов в образцах эпифитного мха *Pylaisia polyantha* сделаны следующие выводы:

1) Концентрации большинства элементов уменьшаются с расстоянием от СХК; исключением являются Ca, Ba, Sr, Br, концентрации которых сравнимы с фоновыми значениями;

2) Концентрации U, Th, Cs, Rb, Co в пробах мха, отобранных в 2005 г, в 1,5-2 раза выше, чем в пробах, отобранных в 2011 г. Уменьшение концентраций данных элементов со временем объясняется сокращением производственных мощностей СХК за 2002-2011 гг., в том числе остановкой реакторного завода в 2008г.

Необходимо отметить, что полученные результаты являются достаточно очевидными. Однако, это свидетельствует о достоверности и надежности определения химических элементов в

атмосферном воздухе с помощью эпифитных мхов и доказывает возможность использования данных видов мхов для контроля выбросов предприятий ядерно-топливного цикла.

#### Список литературы

1. Макдональд А. Ядерная энергетика: положение дел в мире. Взгляд на производство электроэнергии на АЭС во всем мире и его будущие перспективы. Бюлл. МАГАТЭ 49-2. Март, 2008. С. 45-48.
2. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций. СП АС-83/93. 2003г. № 69.
3. Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 24. – № 1. – С. 79-83.
4. Карташев А.Г. Биоиндикация экологического состояния окружающей среды. Томск: Изд-во Водолей, 1999. - 192 с.
5. European Atlas: Spatial and temporal trends in heavy metal accumulation in mosses in Europe (1990-2005), UNECE ICP Vegetation. Centre for Ecology & Hydrology, University of Wales Bangor, United Kingdom, July 2008.
6. Buse A., Norris D., Harmens H., Büker P., Ashenden T., Mills G. Heavy metals in European mosses: 2000/2001 survey, UNECE ICP Vegetation Coordination Centre, CEH Bangor, UK, 2003. – 45 p.
7. Nikodemus O., Brūmelis G., Tabors G., Lapina L., Pope S. Monitoring of air pollution in Latvia between 1990 and 2000 using moss // Journal of Atmospheric Chemistry. – 2004. – P. 521-531.
8. Lead W.A., Steinnes E., Jones K.C. Atmospheric deposition of PCBs to moss (*Hylocomium splendens*) in Norway between 1997 and 1990 // Environmental Science and Technology. – 1996. – V. 30. – P. 524-530.
9. Вацева К., Стафилов Т., Šajn R., Tănăselia C. Moss biomonitoring of air pollution with heavy metals in the vicinity of a ferronickel smelter plant // Journal of Environmental Science and Health, Part A. – 2012. – V. 47. – P. 645-656.
10. Способ оценки загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами с помощью эпифитных мхов: пат.2463584 Рос. Федерация. № 2011117784/28; заявл. 03.05.2011; опубл. 10.10.2012, Бюл. №28.

#### Радиоэкологический паспорт промышленных объектов города Юрга

*Семенов А.А., Орлова К.Н.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета, г. Юрга*

*E-mail: lestaks@rambler.ru*

По данным Международной комиссии по радиологической защите, в большинстве стран вклад техногенных источников, которые внесли свой вклад суммарную дозу в результате выбросов на предприятиях атомного цикла и атомных электростанциях, или в результате испытаний ядерного оружия, не превышает сотых долей процентов от общего годового облучения человека. Облучение человека в процессе его жизнедеятельности происходит как от естественных источников радиации, так и в процессе рабочей деятельности на обычных промышленных предприятиях.

При проведении геоэкологического радиационного мониторинга на территории города Юрги наблюдалось повышение максимальной дозы облучения [2]. В результате чего был сделан вывод о необходимости более детального исследования территории прилегающей к заводам.

Перед исследователями ставилась цель: определить вклад производственной деятельности промышленных объектов в годовую дозу облучения человека.

Для достижения поставленной цели решались задачи:

- [1] Определить мощность дозы гамма-излучения на территории, прилегающей к промышленным объектам города Юрги, и на территории, свободной от промышленных объектов на расстоянии 1 км.
- [2] Рассчитать годовую дозу облучения человека
- [3] Произвести оценку дозы и мощности дозы гамма-излучения в различных районах города Юрги
- [4] Рассчитать вклад промышленных объектов в общее облучение человека.

[5] Проанализировать полученные данные, установить предположительные причины повышения или понижения фона в тех или иных местах.

В ходе работы исследовалась мощность дозы гамма-излучения. Гамма-излучение - это коротковолновое излучение, с энергией  $E_{\gamma} = 0,01-10$  МэВ. . Прибор, используемый для определения мощности дозы гамма-излучения дозиметр «Грач» — измеряет дозу или мощность дозы гамма-излучения, полученную прибором (и тем, кто им пользуется) за некоторый промежуток времени.

Детектором дозиметра «Грач», служащим для преобразования явлений, вызываемых ионизирующими излучениями в электрический или другой сигнал, легко доступный для измерения, является ионизационный счетчик, по типу счётчика Гейгера, определяющий чувствительность дозиметра в 20000 имп/мкЗв. Дозиметр гамма-излучения «Грач» имеет два измерительных канала: для измерения мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и для измерения дозы с независимым перезапуском этих величин. Измерение происходит непрерывно с постоянным уточнением результата, причем статистическая погрешность высвечивается на дисплее, т.е. можно получить результат с необходимой статистической точностью. Измерения проводились при статистической погрешности не более 8%.

Проведение измерений дозиметрических характеристик производилось преимущественно в ясную погоду и на одинаковом расстоянии 1 м. от грунта, строго в горизонтальном положении. На карте-схеме города Юрги (рис. 1) пронумерованы точки, в которых производились измерения уровня гамма-излучения. Были выбраны районы с самыми крупными промышленными предприятиями и три жилых района города. Замеры производились по периметру каждого предприятия по три замера в каждой точке. В таблице 1 отражены полученные численные значения мощности дозы гамма-излучения с рассчитанной годовой дозой гамма-излучения.



Рис. 1. Карта-схема города Юрги

Таблица 1. Карточка регистрации мощности эквивалентной дозы гамма-излучения

Место измерения (номер точки на карте-схеме)	Дополнительная характеристика места измерения	Мощность дозы, Н, мкЗв/ч, среднее значение	Годовая доза облучения, мЗв
1	Химическая промышленность	0,11	0,93
2	Машиностроительная промышленность	0,14	1,23
3	Металлургическая промышленность	0,11	0,93
4	Пищевая промышленность	0,15	1,31
5,6,7	Жилой район	0,10	0,91

Согласно санитарным правилам СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)», утвержденным 1 сентября 2009 года вместо НРБ-99, максимальная мощность эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте - 2,5 мкЗв/ч. При проведении

обследований и оценке по показаниям дозиметра опасности облучения необходимо помнить, что последствия облучения определяются не мощностью дозы, а суммарной полученной дозой, т.е. мощностью дозы, умноженной на время, в течение которого облучается человек. Например, если мощность дозы составляет 0,11 мкЗв/ч, то облучение в течение года (8760 ч) создаст дозу ~1 мЗв – по СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» предел, который не должен превышать при техногенном облучении населения. Небольшие превышения характерны для всех исследуемых заводов. Значения, превышающие норму 1 мЗв, определены для двух точек. Эта местность является близлежащей к машиностроительному предприятию, точнее к ТЭЦ и к металлургической промышленности.

Высокие значения можно объяснить используемым топливом в ТЭЦ, находящимися неподалеку шлаковыми насыпями. Для металлургической промышленности превышения характерны в основном для местности, где находятся хранилища для осаждения шлама.

**ВЫВОДЫ:**

1. Результаты исследования показывают несомненную актуальность проведения радиационного мониторинга промышленных предприятий.
2. Согласно оценке дозиметрических характеристик значения дозы гамма-излучения, превышающие норму характерны для территорий машиностроительной и металлургической промышленности.
3. Повышения фоновое значения годовой дозы гамма-излучения вероятнее всего обусловлены используемым топливом и расположением хранилищ отходов промышленности.
4. Вклад данных промышленных объектов в общую годовую дозу облучения оценивается  $\approx 0,17$  мЗв/год

Полученные результаты составляют радиоэкологический паспорт промышленных объектов города Юрга.

#### Список литературы

1. СанПиН 2.6.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» от 7 июля 2009 года, N 47: Зарегистрировано в МинЮсте РФ 14 августа 2009 года, N 14534. 2009.
2. Федеральный закон ФЗ «О радиационной безопасности населения» от 9 января 1996 года, N 3: Принят Государственной Думой 5 декабря 1995 года. 1996.
3. Орлова К.Н. Исследование уровня радиационной безопасности на территории города Юрги // Вестник Кузбасского государственного технического университета [Вестник КузГТУ] / Кузбасский государственный технический университет (КузГТУ) . — 2011. № 6. С. 35-37

#### Взаимодействие объектов железнодорожного транспорта с окружающей средой Серегина С.Ю.

*Инновационный Евразийский университет, Республика Казахстан, г. Павлодар  
[swetik-90@inbox.ru](mailto:swetik-90@inbox.ru)*

Согласно Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», которая закладывает основы для глубоких системных преобразований с целью перехода к экономике новой формации посредством повышения благосостояния, качества жизни населения Казахстана и вхождения страны в число 30-ти наиболее развитых стран мира при минимизации нагрузки на окружающую среду и деградации природных ресурсов.

Ссылаясь на то, что одной из основных приоритетных задач по переходу к «зеленой экономике», стоящими перед страной, является повышение благополучия населения и качества окружающей среды через рентабельные пути смягчения давления на окружающую среду исходя из этого характер воздействия транспорта на окружающую среду определяется составом техногенных факторов, интенсивностью их воздействия, экологической весомостью воздействия на элементы природы [1].

Для оценки уровня воздействия объектов транспорта на экологическое состояние природы используют интегральные характеристики:

- абсолютные потери окружающей среды, выражаемые в конкретных единицах измерения состояния биосферозов (флоры, фауны, людей);
- компенсационные возможности экосистем, характеризующие их восстанавливаемость в естественном или искусственном режиме, создаваемом принудительно;
- опасность нарушения природного баланса, возникновение неожиданных потерь и локальных экологических сдвигов, которые могут вызвать экологический риск и кризисные

ситуации в окружающей природной среде;

- уровень экологических потерь, вызываемых воздействием объектов транспорта на окружающую среду.

Данные характеристики и позволяют определить экологическую безопасность в регионах расположения транспортных объектов.

Любое воздействие объектов транспорта на природу вызывает ответную реакцию, которая проявляется в следующих формах: адаптационной - с локальным или статическим смещением равновесия; восстанавливающейся или самовосстанавливающейся, характеризующейся полным возвратом экосистемы в исходное состояние; частично восстанавливающейся, когда экосистема восстанавливает только часть своих свойств и характеристик; невосстанавливаемой, когда в экосистеме образуются необратимые сдвиги от исходного ее состояния.

Успешное функционирование и развитие железнодорожного транспорта зависят от состояния природных комплексов и наличия природных ресурсов, развития инфраструктуры искусственной среды, социально-экономической среды общества. При этом с каждым из элементов системы железнодорожного транспорта имеются прямые и обратные связи, а также определенные ограничения по использованию природных комплексов, природных, трудовых и финансовых ресурсов.

Состояние окружающей среды при взаимодействии с объектами железнодорожного транспорта зависит от развития инфраструктуры по строительству железных дорог, производству подвижного состава, производственного оборудования и других устройств, интенсивности эксплуатации подвижного состава и других объектов на железных дорогах, результатов научных исследований и их внедрения на предприятиях и объектах отрасли [2].

Каждый элемент системы имеет прямые и обратные связи друг с другом. При развитии и функционировании объектов железнодорожного транспорта следует учитывать свойства природных комплексов - многосвязность, коммутативность (переместимость), аддитивность, инвариантность, устойчивость, многофакторную корреляцию.

Многосвязность выражается в разнохарактерном (физическом, химическом, биологическом, техногенном и антропогенном) воздействии транспорта на природу, которое может вызвать в ней трудно учитываемые изменения.

Аддитивность - это возможность многопараметрического сложения различных источников техногенного и антропогенного воздействий на природу, что может привести к непредсказуемым изменениям в природе.

Инвариантность является свойством экосистем сохранять стабильность в границах регламентированных техногенных и антропогенных воздействий.

Устойчивость - способность экосистем сохранять исходные параметры при естественном, техногенном, антропогенном воздействиях.

Многофакторная корреляция характеризует экосистемы с позиций их предопределенности к случайным и неслучайным событиям с аналитическими связями между ними.

Железнодорожный транспорт постоянно воздействует на природную среду. Уровень воздействия может лежать в допустимых равновесных и кризисных границах.

Воздействие объектов железнодорожного транспорта на природу обусловлено строительством дорог, производственно-хозяйственной деятельностью предприятий отрасли, эксплуатацией железных дорог и подвижного состава, сжиганием большого количества топлива, применением пестицидов на лесных полосах и др.

Загрязнения от объектов железнодорожного транспорта накладываются на фоновые загрязнения от хозяйственно-бытовой, культурной, производственной деятельности общества, от объектов теплоэнергетики, промышленности, сельскохозяйственной и других видов деятельности. Часто в районах станций и узлов, железных дорог фоновые загрязнения равны или превышают допустимые нормы.

Строительство и функционирование железных дорог требуют изъятия из природной среды земли, почв, недр, флоры, фауны, ландшафтов.

Объекты железнодорожного транспорта потребляют воду, воздух, топливно-энергетические, минеральные ресурсы. Так, для прокладки одного километра двух путного полотна требуется 4 км рельсов массой 300 т, до 4 000 деревянных или железобетонных шпал, тысячи тонн песка и щебня.

Строительство и функционирование железных дорог связано и с загрязнением природных комплексов выбросами, стоками, отходами, которые не должны нарушать равновесие в

экологических системах. Равновесие экосистемы характеризуется свойством сохранять устойчивое состояние в пределах регламентированных антропогенных изменений в окружающих транспортное предприятие природных комплексах [3].

Самоочищающаяся способность природной среды снижается из-за уничтожения и истощения природных комплексов. Линии железных дорог, прокладываемые на сложившихся путях миграции живых организмов, нарушают их развитие и даже приводят к гибели целых сообществ и видов.

Объекты железнодорожного транспорта потребляют большое количество различных видов топлива (угля, газа, дизельного топлива, бензина и др.), используемого для обеспечения производственных процессов, отопления и работы подвижного состава. Количество топлива, потребляемого подвижным составом, зависит от вида используемых энергетических установок, их мощности, режимов работы, технического состояния.

Факторы воздействия объектов железнодорожного транспорта на окружающую среду можно классифицировать по следующим признакам: механические (твердые отходы, механическое воздействие на почвы строительных, дорожных, путевых и других машин); физические (тепловые излучения, электрические поля, электромагнитные поля, шум, инфразвук, ультразвук, вибрация, радиация и др.); химические вещества и соединения (кислоты, щелочи, соли металлов, альдегиды, ароматические углеводороды, краски и растворители, органические кислоты и соединения, антисептики для шпал и др.), которые подразделяются на чрезвычайно опасные, высоко опасные, опасные и малоопасные; биологические (макро- и микроорганизмы, бактерии, вирусы, простейшие и их производные). Эти факторы могут действовать на природную среду долговременно, сравнительно недолго, кратковременно и много временно. Время действия факторов не всегда определяет размер вреда, наносимого природе. Например, взрывы, транспортные катастрофы происходят быстро, но ущерб от них может исчисляться миллиардами гривен и гибелью сотен людей.

Основными направлениями снижения величины загрязнений окружающей среды являются: рациональный выбор технологических процессов для производства готовой продукции и ее транспортирования; применение экологически чистого производственного оборудования и подвижного состава, своевременное их обслуживание и ремонт; использование средств защиты окружающей среды и поддержание их в исправном состоянии.

Для повышения экологической безопасности функционирующих объектов железнодорожного транспорта ужесточаются требования к обеспечению достоверности проектных решений как предприятия в целом, так и его подразделений; обеспечивается строгое выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, транспортных, газовых и других видов магистралей, предупредительного и аварийно-восстановительного оборудования; совершенствуется структура сбора и обработки информации о функционировании производственных и транспортных систем; внедряются автоматизированные системы контроля технического состояния объектов и экологической обстановки; в процессе испытаний производственного и энергетического оборудования, а также строительных конструкций ужесточаются режимы нагрузок с целью выявления до критических дефектов.

#### Список литературы

1. Автомобильный транспорт Республики Казахстан ч. 1. 2008 г. /Агентство по статистике. - Астана, 2009.
2. Инициатива Астаны «Зеленый мост»: Партнерство стран Европы, Азии и Тихого океана по реализации «зеленого» роста», утвержденная шестой Конференцией министров по окружающей среде и развитию в Азиатско-Тихоокеанском регионе 2 октября 2010 года.
3. План мероприятий Правительства Республики Казахстан по реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике».

#### **Мобильное устройство для прогрева грунта и дорожного покрытия при аварийно-ремонтных и восстановительных работах**

*Синицын А.А., Тюкин Н.Н., Ильичев Е.А.*

*Вологодский государственный университет, Россия, г. Вологда*

[nee-energo@yandex.ru](mailto:nee-energo@yandex.ru)

Поиск новых технологических решений и систем подготовки грунта при ремонтно-строительных и аварийных работах является важной задачей в нашей стране в связи с ее суровыми

природно-климатическими условиями. Повышенная механическая прочность мерзлых грунтов препятствует их разработке обычными техническими средствами, что вызывает необходимость предварительной подготовки таких грунтов. Применяют следующие основные методы подготовки грунта в зимних условиях: оттаивание с последующей разработкой талого грунта, предварительное механическое рыхление и разработка мерзлого грунта. Механизированные методы в настоящее время наиболее распространены, однако применение специальных средств рыхления или резания на отдельные куски в условиях сложного городского подземного хозяйства затруднено, а иногда - невозможно по техническим требованиям и соображениям безопасности. В городских условиях проблема разработки мерзлых грунтов возникает, в первую очередь, перед аварийными, коммунальными и энергоснабжающими службами и организациями. Большое число аварийных ситуаций в зимний период связано с разрывами трубопроводов различного назначения. Время восстановления работоспособности участка напрямую зависит от скорости вскрытия ремонтной бригадой поврежденного трубопровода. Еще одним важным аспектом поднятой выше проблемы является подготовка грунта перед строительством - задача, возникающая перед строительными организациями, ведущими работы в зимний период. Применение специальных средств рыхления или резания грунта не позволяет использовать полученную смесь без достаточного количества талого грунта для возведения насыпей, засыпки траншей и пазух котлованов из-за невозможности качественного уплотнения, поскольку приводит к просадкам грунта после оттаивания. В таких условиях применение альтернативных способов подготовки грунта при ремонтно-строительных и аварийных работах расширяет технические возможности организации и позволяет обеспечить эффективность проводимых работ. Эти задачи могут быть решены с помощью организации оттаивания грунта [1].

Оттаивание мерзлых грунтов по большинству показателей менее эффективно по сравнению с использованием механизированных методов. Но при небольших объемах работ, в стесненных условиях сложного городского подземного хозяйства, труднодоступных местах и в тех случаях, когда невозможно использовать более экономичные и менее энергоемкие способы прибегают к оттаиванию мерзлых грунтов. Существует большое количество способов отогрева грунта в зависимости от источника тепла (электроэнергии, пара, газа, мазута, кокса, горячих шлаков и пр.) и принципа действия. При этом сущность метода оттаивания заключается в том, что теплота, передаваемая в слой мерзлого грунта, растапливает лед в его порах и обращает грунт в талое состояние [2]. Существующие методы оттаивания имеют ограниченное применение вследствие высоких энергетических и временных затрат или неприемлемы из соображений безопасности при раскопке инженерных коммуникаций (газовых, электрических сетей). Так оттаивание мерзлого грунта с применением открытого огня и электрического поля ограничено при проведении некоторых видов работ, к примеру, отогрев площадки с замерзшими газопроводами необходимо производить только нагретым теплоносителем. В связи с этим возникает необходимость поиска наиболее эффективного, технически безопасного и экономически оправданного метода оттаивания мерзлого грунта [3].

Обобщая приведенные аргументы, можно заключить, что поставленная задача, а именно - создание энергоэффективной мобильной установки для быстрого оттаивания мерзлых грунтов при проведении ремонтно-строительных и аварийных работ, является актуальной.

Разрабатываемое устройство относится к теплоэнергетике и строительству и может быть использовано в качестве источника тепловой энергии для нагрева любых рабочих тел, обнаружения внутренних дефектов в рабочих телах тепловым методом неразрушающего контроля, при аварийных и ремонтно-строительных работах для обогрева, отогрева мерзлого грунта, бетона, дорожного покрытия и других строительных материалов. Устройство может применяться при энергетических и технических обследованиях различных строительных элементов зданий, сооружений, строений.

Выбор оптимального варианта установки. Обзор современного состояния технического уровня развития средств и методов оттаивания мерзлых грунтов показал большое их разнообразие. Конкуренентная продукция представлена на рынке технических средств следующими устройствами: аппараты для прогрева почвы и бетона WACKER NEUSON, парогенераторы STEAM MATE, жидкотопливные инфракрасные нагреватели Master XL, термоэлектрические маты ТЕРМОМАТ и др.

На фиг.1 изображена принципиальная схема установки, состоящей из теплоизолированной снизу платформы 1, на которой размещен электрогенератор 2 и теплогенератор, включающий в себя теплоизоляционный корпус 3, вентиляторный блок 4, горелочное устройство 5, камеру

сгорания 6, воздушную решетку 7, систему регулирования мощности 8 и систему подачи газового топлива 9. От теплогенератора отходит поворотный патрубок 10, проходящий через круглый проем в платформе 1, на конце которого размещен завихритель 11. Электрогенератор 2 снабжен крышкой для заполнения жидким топливом 12, трубой отвода выхлопных газов 13 и патрубком подачи воздуха 14. Платформа 1 устанавливается на неровную поверхность земли при помощи меняющих высоту ног 15, при этом по всему периметру платформы до поверхности земли размещена защитная юбка 16. Для снабжения газовым топливом предусмотрен отдельно стоящий баллон 17. Для перемещения платформы 1 устроены рукояти 18. Для защиты оборудования платформы 1 устроен съемный тент 19.

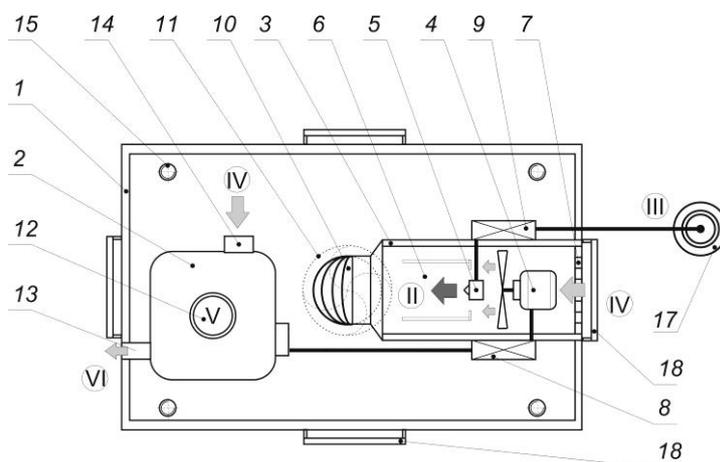


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

Для создания горячего теплоносителя I, состоящего из дымовых газов II от сгорания газового топлива III и воздуха IV в электрогенераторе 2 предусмотрено сжигание жидкого топлива V с отводом выхлопных газов VI.

Устройство работает следующим образом. Платформу 1 переносят с помощью рукоятей 18, устанавливают строго горизонтально с помощью ног 15 на поверхности земли в зоне прогрева F. Баллон 17 размещают на расстоянии не менее 1 метра от базовой части и соединяют с ней газовым резиновым или резино-полимерным шлангом (условно не показан), после чего открывают газовый редуктор баллона (условно не показан).

Заправка электрогенератора 2 осуществляется через крышку для заполнения жидким топливом 12. Запуск выполняется с помощью блока управления (условно не показан). За счет сгорания топливно-воздушной смеси, состоящей из жидкого топлива V и воздуха IV вырабатывается электрическая энергия, которая обеспечит бесперебойную работу теплогенератора. Образующиеся продукты сгорания удаляются через трубу отвода выхлопных газов 13.

После запуска электрогенератора и выхода его на стационарный режим производят включение теплогенератора и выбирают режим нагрева через систему регулирования мощности 8 и систему подачи газового топлива 9. Включается вентиляторный блок 4, нагнетающий воздух IV из окружающей среды через воздушную решетку 7 к горелочному устройству 5. Одновременно к нему через систему подачи газового топлива 9 из баллона 17 подается газовое топливо III, где смешивается с воздухом, образуя газо-воздушную смесь, которая горит в камере сгорания 6. При этом выделяются дымовые газы II, которые направляются вдоль камеры сгорания на выход из теплогенератора, смешиваются с воздухом IV, образуя горячий теплоноситель I.

Посредством поворотного патрубка 10 горячий теплоноситель I направляется под платформу 1, при этом на выходе расположен завихритель 11, в котором поток горячего теплоносителя I закручивается, тем самым создается циркуляционное движение среды в пространстве, ограниченном защитной юбкой 16. После выхода теплогенератора на стационарный режим контролируется производительность установки с помощью системы регулирования мощности 8.

Достоинством предложенного устройства является то, что, по сравнению с другими средствами нагрева, отогрева, обогрева рабочих тел, например, мерзлого грунта, бетона, дорожного покрытия, предложенное устройство работает автономно без подключения к системам энергоснабжения, не зависит от качества поверхности размещения установки (вплоть до 30%-ном

уклоне поверхности) и ее состояния (лед, вода, песок). При этом осуществляется быстрая скорость и большая глубина прогрева рабочего тела. Предложенное устройство мобильно и может обслуживаться бригадой в количестве двух человек.

Таким образом, предложенное устройство позволяет решить задачу нагрева, отогрева, обогрева рабочих тел (мерзлого грунта, бетона, дорожного покрытия) радиационно-конвективным способом при аварийных и ремонтно-строительных работах, повысить качество, надежность и эффективность устройств подобного класса, применяемых для нагрева любых рабочих тел, проводить энергетические и технические обследования различных строительных элементов зданий, сооружений, строений, проводить дефектоскопию рабочих тел.

Как показали расчетно-экспериментальные исследования устройства для конвективного оттаивания мерзлого песчаного грунта, проводимые кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» при ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет», глубина оттаивания увеличивается по зависимостям, сходным с зависимостями, определяемыми аналитическими и численными расчетами по различным известным математическим моделям и экспериментальным данным. При этом конвективный способ нагрева позволяет в несколько раз быстрее осуществить оттаивание рабочих тел по сравнению с другими известными способами.

По таким показателям, как удельная мощность отогрева на 1 м<sup>2</sup> грунта, время оттаивания на глубину 0,5 м, затраты на оттаивание, выраженные в денежном эквиваленте - руб./ч\*м<sup>2</sup>, а также температуре нагрева, предлагаемая установка является более эффективной. Рассматривая такие показатели, как габариты и масса установки, более привлекательным с точки зрения перемещения и транспортировки является термомат, однако принимая в расчет его малую эффективность при оттаивании (порядка 30 час.), данные преимущества отодвигаются на второй план. В виду того, что второй аналог - устройство для прогрева почвы и бетона Е700М – рассчитано на большие площади отогрева (до 400 м<sup>2</sup>), для наших условий подобное устройство неэффективно и нерационально.

Работа поддержана грантом имени выдающихся организаторов нефтяной и газовой промышленности (Байбакова Н.К., Динкова В.А., Картунова А.К., Мальцева Н.А., Муравленко В.И., Оруджева С.А., Филановского В.Ю., Шашина В.Д., Щербины Б.Е.) Международной Топливо-Энергетической Ассоциации (IFPA) и Министерством образования и науки Российской Федерации.

Проект удостоен золотой медали XIV Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед», 2011 г. Лауреат молодежного конкурса Russia Power и HydroVision Russia 2011 («PennWell», Великобритания).

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

#### Список литературы

1. Sinitsyn, A.A. The calculation of the characteristics and of the geometrical sizes of power devices / A.A. Sinitsyn // European Applied Sciences, April, 2013, №4, vol. 1 - pp. 151-154.
2. Yang, M. The soil moisture distribution, thawing-freezing processes and their effects on the seasonal transition on the Qinghai-xizang (Tibetan) Plateau / M. Yang, T. Yao, X. Gou, T.Koike, Y.He // Journal of Asian Earth Sciences. 2003. T. 21. № 5. С. 457-465.
3. Sinitsyn, A.A. Simulation of fire engineering processes in energy devices aimed at their optimization and improvement of reliability / A.A. Sinitsyn // Life Science Journal, the Acta Zhengzhou University Oversea Version. Marsland Press: New York, 2013;10(8s). p. 442-447.

#### Основная проблема пожаровзрывобезопасности в шахтных технологических объемах и оценка уровня безопасности рабочего персонала в них

*К.С Скорюпина*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
krisrox2@mail.ru*

Шахта - промышленное предприятие, осуществляющее добычу пластовых полезных ископаемых подземным способом и отгрузку их потребителю или на горно-обогательную фабрику. Добыча угля в шахтах самый популярный способ, но и в то же время самый опасный.

Проблема обеспечения безопасности в шахтах, разрабатывающих метаноносные пласты угля, продолжает оставаться актуальной в России и за рубежом.

В угольных пластах выделяются разные газы, но наиболее часто метан (СН<sub>4</sub>). Для предупреждения взрывов метана и угольной пыли в угольных шахтах необходимо вести непрерывный контроль за содержанием метана в воздухе и обеспечивать удаление пыли из шахтных вентиляционных каналов.

Техническое перевооружение угольной промышленности, внедрение прогрессивных технологических схем выемки угля, повышение культуры производства способствовали в последние годы снижению аварийности в угольных шахтах. Однако, недостаточная изученность горнотехнических условий добычи угля, потенциальная возможность газовыделения в горные выработки и наличие в них мелкодисперсной пыли, нарушение технологии очистных и проходческих работ могут быть причиной возникновения аварий.

Взрывы газа и угольной пыли относятся к авариям с наиболее тяжкими последствиями в социальном и экономическом плане. Нередко они сопровождаются групповыми несчастными случаями [2].

К сожалению, взрывы газа и пыли на угольных шахтах России в последние годы стали доминирующими травмирующими факторами по сравнению с другими видами аварий с групповыми несчастными случаями. Существует нормативная база, регламентирующая безопасность ведения горных работ на угольных шахтах по пылегазовому фактору [4]. Однако за прошедший период существенно изменилась технология подземной угледобычи, что отрицательно сказалось на факторах риска взрывов газа и угольной пыли.

В целом мероприятия по предупреждению взрывов в угольных шахтах малоэффективны и в определенных условиях не гарантируют безопасность [5].

Целью работы является рассмотрение проблемы пожаровзрывобезопасности шахтных технологических объемов для оценки уровня безопасности в них.

Для достижения цели в работе решались следующие задачи:

Изучить литературные источники о проблемах пожаровзрывобезопасности шахтных технологических объемов;

Выявить уровень безопасности горняков в шахтах.

Горнодобывающая промышленность имеет целью добычу и первичное обогащение полезных ископаемых. Она поставляет минеральное топливо – уголь, торф, нефть, газ, и другое полезное сырье, что является значительной частью экономики государства и определяет его самостоятельность и обороноспособность.

Для горнодобывающей промышленности характерны:

огромное влияние на окружающую среду;

постоянное перемещение рабочего места, что предъявляет особые требования к средствам механизации и автоматизации производства;

постоянное увеличение глубины горных работ, что обуславливает ухудшение горно-геологических условий разработки, возможность возникновения газодинамических явлений, рост температуры рудничной атмосферы.

Все это создает предпосылки к снижению комфортности и повышению опасности труда.

Взрывы газа и угольной пыли относятся к авариям с наиболее тяжкими последствиями в социальном и экономическом плане.

Как показывает практика, обеспечение надежной пылевзрывозащиты – это сложная организационно-техническая задача, решение которой зависит от объективной оценки факторов опасности взрыва. Основные из них:

1. чувствительность системы, как отложившейся пыли в виде геля, так и взвешенной к источникам зажигания;

2. масса отложившейся пыли на единицу поверхности выработки и горношахтного оборудования;

3. способы и параметры профилактических мероприятий по предупреждению образования опасных концентраций метана и аэрозоля из отложившейся пыли;

4. способы локализации взрыва пылегазовоздушных смесей в выработках.

Совершенствование системы локализации вероятных взрывов газа и угольной пыли – составная часть проблемы взрывозащиты шахт, решение которой одна из важнейших задач в области техники безопасности и охраны труда на ближайшие годы.

В настоящее время на большинстве шахт в России для локализации взрывов применяются пассивные заслоны, в которых в качестве гасящего материала используется инертная пыль или

вода. Сланцевые заслоны, применяемые на угольных шахтах с момента их внедрения, не претерпели существенных изменений.

Основное требование к инертной пыли – способность легко переходить во взвешенное состояние после длительного пребывания во влажной атмосфере. Это требование губительно сказывается на эффективности сланцевых заслонов, т.е. с увеличением расхода воздуха и сечений выработок резко возрастает локальная турбулентность вентиляционной струи, обуславливающая унос свежей пыли с полок, а при нахождении в атмосфере с относительной влажностью более 80%, пыль слеживается, что требует ее частую замену. В целях увеличения срока пригодности допускалось полки заслона загружать расфасованной в мешки инертной пылью. После аварии на шахте «Ульяновская» такая загрузка запрещена, так как сланцевая пыль не перешла во взвешенное состояние, осталась в мешках, т.е. заслоны не выполнили свои функции – не локализовали взрыв и допустили распространение его по сети горных выработок. Как результат – гибель горняков.

Исследования, выполненные Главным институтом горного дела (г. Катовице, Польша) и МакНИИ (г. Макеевка, Украина) в экспериментальных штольнях, показали, что пассивные сланцевые заслоны эффективны только при подавлении балансирующих и слабых взрывов [3].

Таким образом, пассивные заслоны как громоздкие стационарные сооружения не способны локализовать взрыв в выработках с многочисленными и относительно подвижными потенциальными источниками воспламенения из-за сложности в производственных условиях, которые должны постоянно поддерживать допустимые расстояния их установки. Надежность действия заслонов в допустимом диапазоне скоростей горения зависит от качества изготовления и установки полок, соблюдения норм загрузки заслона инертной пылью или заполнения водой и сохранения этих норм в процессе эксплуатации.

В шахтных условиях трудно выполнить эти нормы, поэтому практика свидетельствует о повседневном нарушении действующих требований и как результат частые взрывы на шахтах и гибели шахтеры.

По указанным причинам применение, как водяных, так и сланцевых заслонов на практике оказывается неэффективным. Вместе с тем дальнейшее развитие угольной промышленности сопряжено с разработкой более глубоких горизонтов, применением более производительных технологий и механизмов с увеличивающейся их энерговооруженностью, что приводит к повышению интенсивности газо- и пылевыведения в шахтах, а также к росту вероятности появления различных источников воспламенения, т.е. к усилению факторов, способствующих возникновению взрывов. Это обстоятельство вызывает необходимость совершенствовать весь комплекс взрывозащиты угольных шахт, в том числе и средств локализации взрывов (вспышек) метана и угольной пыли, что позволило бы исключить сопряженные с ними травматизм горнорабочих и материальный ущерб.

Во всем мире широко проводились научные исследования по созданию автоматических средств локализации взрывов метана и угольной пыли специальными ингибиторными порошками. На основании результатов испытаний опытных образцов автоматических систем в последних редакциях ПБ в угольных шахтах стран СНГ предписывается применять сланцевые заслоны только до внедрения автоматических систем. Автоматические системы снабжаются независимым от внешних условий источником энергии, служащим для принудительного диспергирования и подачи в зону воспламенения взрывоподавляющего вещества по сигналу датчика, реагирующего на какое-либо физическое явление, сопровождающее вспышку (взрыв). Такие устройства представляют собой постоянно функционирующие системы, срабатывающие при возникновении вспышки или ударно-воздушной волны от взрыва метана и (или) угольной пыли. Гашение пламени взрыва осуществляется значительно меньшим количеством гасящего вещества. Устройства имеют небольшие габариты и массу, что позволяет их легко перемещать по выработке по мере развития горных работ, не загромождая свободное пространство горной выработки.

Наиболее удачной разработкой в этой области является автоматическая система взрывоподавления и локализации взрывов АСВП-ЛВ (Россия), которая срабатывает от воздействия ударно-воздушной волной (УВВ) с быстродействием 15-20 м/с - это лучший в мире показатель для таких устройств [1]. Система работает в ждущем режиме и приводится в действие УВВ, образованной в результате взрыва метано-пылевоздушной смеси. УВВ воздействует на приёмный щит, приёмный щит формирует механический импульс и через выносные штанги передаёт его на устройство срабатывания. После срабатывания этого устройства сжатый, находящийся в рабочей полости устройства воздух, поступает в промежуточную камеру и бункер УЛВ, где происходит выбрасывание в пространство горной выработки пламегасящего порошка. В

результате в объёме горной выработки по всему её сечению на пути распространения фронта пламени формируется надежный заслон в виде долгоживущего облака пламегасящего порошка во взвешенном состоянии. Этот заслон ликвидирует подошедший фронт пламени и прекращает процесс распространения взрывов по сети горных выработок.

В настоящее время вопрос безопасности шахтеров на угольных шахтах состоит на особом контроле, т.к. всегда существует вероятность взрыва, поэтому необходимы разработка и установка в шахтах автоматических систем взрывоподавления, которые имели бы высокие технические характеристики по быстрдействию и параметрам создаваемого локализирующего облака взрывоподавляющего порошка, а также соответствовали горнотехническим условиям добычи угля. Это поможет заранее вывести горняков из шахты и сохранить их бесценные жизни.

Таким образом: в результате проведенного исследования было установлено, что необходимо совершенствовать автоматические системы взрывоподавления и локализации взрывов, развивать представления о начальных стадиях развития аварийной ситуации, что бы предотвращать их еще на уровне технологического процесса. Тогда можно ожидать, что уровень безопасности горняков в шахтах будет удовлетворительным.

#### Список литературы

1. Джигрин А.В., Горлов Ю.В., Чигрин В.Д. Автоматическая система взрывоподавления – локализации взрывов метановоздушной смеси и угольной пыли в подземных горных выработках угольных шахт// Безопасность труда в промышленности. – 2003. – № 8. – С. 22-26.
2. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. – Макеевка: МакНИИ, 2002. – 392 с.
3. Либецкий К. Пылевые опасности в горнодобывающей промышленности// Главный институт горного дела, Польша. – Катовице, 2004. – 486 с.
4. ПБ 05-618-03. Правила безопасности в угольных шахтах. – Сер. 5. – Вып. 11/ Колл. авт. – М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 296 с.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. – М.: Недра, 1973. – 510 с.

#### О влиянии инфракрасного отопления на организм человека

*Ю.С. Солнышкова, А.И. Погодиин, Н.А. Хан, М.Н. Мечтаева, В.В. Галчинская*

*Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, Россия, г. Иваново  
yusoln@mail.ru*

В настоящее время в связи с повышенным вниманием к проблеме сбережения энергетических ресурсов, а также обязательности проведения энергетических обследований для большинства юридических лиц, необходимым является внедрение типовых и не типовых энергосберегающих мероприятий. Одним из мероприятий, получившим распространение в основном для помещений производственных зданий с высотой потолков более 4 м, является установка систем лучистого (инфракрасного) отопления. Системы радиационного отопления зданий обладают рядом преимуществ перед традиционными системами отопления, которые были подробно изложены в [1]. Однако данные системы отопления имеют и недостатки, которые необходимо учитывать при рассмотрении возможности установки излучателей в конкретном помещении. Например, с особой осторожностью необходимо предлагать данное мероприятие в общественных помещениях из-за особенности влияния инфракрасного излучения (ИК-излучения) на организм человека.

Инфракрасное излучение представляет собой электромагнитное излучение в диапазоне волн  $\lambda = 0,76 \dots 1000$  мкм. Источником ИК-лучей служит любое нагретое тело, в том числе и организм человека. Тепловое излучение глубоко проникает в организм, вызывая его максимальный прогрев. Именно на этом свойстве основан эффект теплового лечения, широко используемого в физиотерапии.

Важная характеристика ИК-излучения – длина волны излучения. Лучи коротковолнового диапазона (лучи Фохта) с длиной волны  $\lambda = 1,5 \dots 2,4$  мкм обладают способностью проникать в ткань человеческого организма на несколько сантиметров. Такое ИК излучение легко проникает через кожу и черепную коробку в мозговую ткань и может воздействовать на клетки головного мозга, вызывая его тяжелые поражения, симптомами которых являются рвота, головокружение, расширение кровеносных сосудов кожи, падение кровяного давления, нарушение кровообращения и дыхания, судороги, иногда потеря сознания. Длинные инфракрасные лучи с

длинной волны  $\lambda = 2,4 \dots 2000$  мкм не проникают глубоко в кожу человека и оказывают благоприятный для человека тепловой эффект.

Вопросом влияния инфракрасного излучения на организм человека ученые начали интересоваться еще в начале XX века. Инфракрасные лучи для лечения болезней начали использоваться довольно давно. Считалось, что инфракрасные лучи не оказывают никакого химического, биологического или прямого физиологического действия на ткани. Эффект, производимый данными лучами, основан на проникновении и поглощении их тканями, вследствие чего инфракрасные лучи играют в основном тепловую роль. Воздействие инфракрасных лучей сводилось к их косвенному проявлению — изменению теплового градиента в коже, либо на ее поверхности. Позднее было доказано, что инфракрасные лучи оказывают одновременно болеутоляющее, антиспазматическое, противовоспалительное циркуляторное, стимулирующее и отвлекающее действие. ИК-излучение также позволяет ослабить действие ядохимикатов, способствует повышению неспецифического иммунитета. Также замечено, что хирургическое вмешательство, проведенное при инфракрасном излучении, обладает некоторыми преимуществами – переносятся легче послеоперационные боли, быстро происходит и регенерация клеток.

Однако в 30 – 40 гг. XX века использование ИК-лучей не получило широкого распространения в медицинской практике из-за установленного отрицательного действия его коротких лучей, которые вызывают выраженные повреждения глаза и особенно хрусталика.

Доктором медицинских наук Л.А. Гвозденко [2] были проведены экспериментальные исследования по влиянию ИК – излучения на здоровье человека (патология сердечно-сосудистой системы, заболевания центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта, аллергических заболеваний и заболеваний органов зрения) в зависимости от состава излучения и его интенсивности. В зависимости от состава излучения автором статьи [2] выделено четыре группы источников: группа Ia ( $t = 35 \dots 300^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 5,8 \dots 9$  мкм – темное свечение), группа Ib ( $t = 300 \dots 700^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 3,5 \dots 5$  мкм – темно-красное свечение), группа Iv ( $t = 700 \dots 1000^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 2,5 \dots 3,5$  мкм – красное свечение) и группа Ig ( $t = 1000 \dots 1500^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 0,76 \dots 2,5$  мкм – белое свечение). Эксперимент по облучению спектральным составом для всех четырех групп был выполнен на добровольцах. В результате своей работы Л.А. Гвозденко приводит данные о величине допустимой облученности при двух параметрах тепловой защиты человека, указанные в таблице 1.

Таблица 1. Допустимая облученность

$\lambda_{\text{max}}$ , мкм	Интенсивность облучения ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ )	
	Тепловая защита, кло	
	0,6 – 0,8	> 1
1,5	35,0	65,0
3,0	50,0	100,0
4,5	75,0	140,0
6,0	100,0	120,0

В исследованиях отечественных гигиенистов доказано, что ИК-излучение, в отличие от конвективного тепла, имеет специфические особенности формирования реакции организма, которые в значительной степени связаны с особенностями физической природы этого фактора.

Биологическое действие энергии излучения зависит не только от спектрального диапазона электромагнитных волн, но и от интенсивности и времени действия излучения. Санитарные правила и нормы (СанПиН [3]) регламентируют допустимую интенсивность ИК-облучения поверхности тела человека, указанную в таблице 2.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания работающего в зоне действия излучения. Безопасное время пребывания человека в зоне действия ИК излучения зависит от его интенсивности (плотности потока) и приведено в таблице 3.

Таблица 2. Допустимая интенсивность ИК-облучения,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ 

Площадь облучаемой обнаженной поверхности тела, $\text{м}^2$	Длина волн максимума энергии излучения источника ( $\gamma_{\text{max}}$ ), мкм			
	1,5	3,0	4,5	6,0
до 0,4	35	50	75	50
до 0,2	65	100	140	100

Таблица 3. Время безопасного пребывания людей в зоне ИК излучения

Плотность потока ИК излучения, Вт/м <sup>2</sup>	до 350	500	700	1200	2000	2100
Время пребывания, мин	не ограничено	20	15	10	5	4,5

Необходимо отметить, что температура окружающих человека предметов так же играет весьма существенную роль в обеспечении комфортных условий, как в быту, так и общественных и промышленных зданиях, поэтому при установлении санитарно-гигиенических норм необходимо учитывать окружение человека не только воздушной средой, но и твердыми ограждениями, температура которых существенно влияет на микроклимат в помещениях всех типов: жилых, общественных и производственных.

Выводы.

1. При установке системы лучистого отопления в помещении следует учитывать влияние инфракрасных лучей на организм человека.
2. Для работы в условиях повышенной облученности следует применять средства индивидуальной защиты или сокращать время пребывания в рабочей зоне.
3. В расчете систем лучистого отопления необходимо учитывать окружение человека не только воздушной средой, но и твердыми ограждениями, температура которых существенно влияет на микроклимат в помещениях всех типов.

#### Список литературы

1. Бухмиров В.В. Обоснование разработки современной методики расчета лучистого отопления [Текст] / Погорядин А.И., Найденко В.А., Бухмиров В.В., Солнышкова Ю.С. // Научное обеспечение жилищно-коммунального хозяйства: Сборник материалов I международной научно-практической конференции/Т.С. Рахимбеков, Д.А. Егизбаев, Н.Ж. Муслимов – Астана, 2012. - С. 60 - 63.
2. Гвозденко Л.А. Обоснование допустимых нормативов облученности инфракрасным излучением в зависимости от его спектрального состава [Текст] / Л.А. Гвозденко // Медицина труда и промышленная экология. – М.: Учреждение РАМН НИИ медицины труда РАМН, 1999, №12. – С. 13-18.
3. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

#### Оценка гидроэнергетических ресурсов Казахстана

*Сопруненко Э.Е., Назаренко О.Б.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

В современных развитых странах параметры качества жизни выдвигаются на первый план. В связи с чем такие экологически безопасные виды электроэнергетики как гидро-, ветро-, био- и геотермальная энергетика становятся особо актуальными.

Современная гидроэнергетика по сравнению с другими традиционными видами электроэнергетики является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии. Малая гидроэнергетика способствует снижению нагрузки электроэнергетики на окружающую среду. Строительство и эксплуатации малых гидроэлектростанций (ГЭС) позволит сохранить природный ландшафт, окружающую среду как при строительстве, так и в процессе эксплуатации. При последующей эксплуатации отсутствует отрицательное влияние на качество воды. Вода практически полностью сохраняет первоначальные природные свойства, может использоваться для водоснабжения населения.

В соответствии со стандартом ГОСТ Р 51238-98 «Нетрадиционная энергетика. Гидроэнергетика малая. Термины и определения» к малым ГЭС относятся агрегаты единичной мощностью от 100 кВт до 30 МВт, а в случае установки нескольких гидроагрегатов – станции суммарной установленной мощностью от 1000 кВт до 30 МВт.

Мировым лидером в малой гидроэнергетике считается Китай, где к концу 2008 г. мощность малых ГЭС превысила 50000 МВт [1]. В настоящее время почти половина территории Китая и четвертая часть населения страны обеспечены электроэнергией за счет малых ГЭС. В Индии установленная мощность введенных в эксплуатацию к 2010 г. малых ГЭС превысила 200 МВт и намечено строительство еще 4000 станций с общей проектной мощностью 8370 МВт. Эффективно

работают малые ГЭС в ряде Европейских стран, в том числе в Австрии, Финляндии, Норвегии, Швейцарии и др.

В Республике Казахстан имеется огромный запас энергоресурсов малых рек. Гидроэнергетический потенциал Казахстана составляет более 170 млрд. кВт·ч в год, из которых в настоящее время используется около 26 % [2]. Для повышения надежности энергоснабжения и улучшения экологической обстановки в Казахстане необходимо развивать гидроэнергетическое строительство, прежде всего строительство малых ГЭС, снижающих антропогенное воздействие на природную среду в процессе производства электроэнергии и использования водных ресурсов [3].

По территории республики гидроэнергетические ресурсы распределены крайне неравномерно. Большая часть гидроэнергетических ресурсов Казахстана сосредоточена в двух областях – Восточно-Казахстанской и Алматинской.

Гидроэнергетические ресурсы Восточно-Казахстанской области представлены рекой Иртыш и ее притоками, протекающими в горах Восточного Алтая, и являются наиболее перспективными для строительства ГЭС. В целом потенциальные ресурсы рек Восточного Казахстана составляют 42,7 млрд. кВт·ч, из них технически возможные – 29,2 млрд. кВт·ч, а экономически целесообразные к практическому использованию – 17,2 млрд. кВт·ч [4]. Среди них реализовано около 8 млрд. кВт·ч.

Сама река Иртыш в гидроэнергетическом отношении в значительной степени освоена трехступенчатым каскадом, состоящим из Бухтарминской ГЭС (675 МВт), Усть-Каменогорской ГЭС (331 МВт) и Шульбинской ГЭС (702 МВт). Последней, завершающей ступенью каскада должна стать Булакская (бывшая Семипалатинская) ГЭС, являющаяся контррегулятором Шульбинской ГЭС, предназначенная для выравнивания неравномерностей расхода воды, возникающих при работе мощной станции. Мощность Булакской ГЭС – 68 МВт, среднегодовая выработка – 348 млн. кВт·ч, кроме того, на Шульбинской ГЭС высвобождается 432 МВт пиковой мощности. По проекту готово ТЭО, однако начало строительства задерживается по причине проблем с землеотводом – в зоне затопления имеются особо охраняемые природные территории. Также возможно строительство второй очереди Шульбинской ГЭС после 2017 года.

Гидроэнергетические ресурсы Алматинской области представлены рядом рек бессточного Алаколь-Балхашского бассейна.

Река Тентек, стекает со склонов Джунгарского Алатау, впадает в оз. Сасыкколь. Среднегодовой расход – 42 м<sup>3</sup>/с. Верхнее и среднее течение реки имеют горный характер, слабозаселены и перспективны для гидроэнергетического освоения. Запланировано создание каскада ГЭС, включающего в себя Джунгарскую (68 МВт, 210 млн. кВт·ч), Тунгурузскую (32 МВт, 115 млн. кВт·ч) и Константиновскую ГЭС (100 МВт, 340 млн. кВт·ч). Из ограничений – в районе верховьев расположены два заказника, в дельте реки – Алакольский заповедник.

Река Каратал с притоками, стекает с горных хребтов Джунгарского Алатау, впадает в озеро Балхаш. Среднегодовой расход – 68 м<sup>3</sup>/сек. Используется в гидроэнергетическом отношении – уже эксплуатируются 4 малых ГЭС общей мощностью 22,6 МВт, причем три ГЭС построены с 2007 года, и строительство каскада продолжается (планируется порядка 10 ГЭС общей мощностью 50 МВт). Значительный интерес составляют притоки, характеризующиеся большим падением, такие как Коксу и Чиже. Так, на Коксу планируется строительство Кызылкунгейской ГЭС (150 МВт, 530 млн. кВт·ч), Кызылбулакской ГЭС (40 МВт, 240 млн. кВт·ч), Токтышак ГЭС-1 и ГЭС-2 (19,5 МВт, 118 млн. кВт·ч), Бондаревской ГЭС (32 МВт, 140 млн. кВт·ч), на реке Чиже – каскада из 4 ГЭС общей мощностью 49,6 МВт.

Крупнейшая река Балхаш-Алакольского бассейна – Или. На реке имеется Качагайская ГЭС мощностью 364 МВт, находящаяся в государственной собственности. Ниже нее запланировано создание контррегулятора – Кербулакской ГЭС мощностью 49,5 МВт, среднегодовой выработкой – 277 млн. кВт·ч, кроме того, на Капчагайской ГЭС высвобождается 112 МВт пиковой мощности. Проект находится в довольно продвинутой стадии, хотя строительные работы пока не начаты.

Весьма интересны в гидроэнергетическом плане притоки Или – Чарын, Чилик, Турген, Иссык. В частности, на Чарыне в настоящее время завершается строительство Крупной Мойнакской ГЭС мощностью 300 МВт и среднегодовой выработкой 1,27 млрд. кВт·ч. Данная ГЭС имеет много общего с Зарамагской ГЭС-1 – деривационная схема, близкая мощность, высокий напор, использование двух ковшовых турбин. В целом, на Чарыне планируется каскад из трех ГЭС общей мощностью 380 МВт [4]. На Чилике предварительно запланированы три ГЭС общей мощностью 39 МВт. Реки, стекающие с Заилийского Алатау, при относительно небольших

расходах имеют значительные падения, что позволяет строить на них высоконапорные малые ГЭС – так, на не очень крупной реке Большая Алматинка еще в советское время был создан каскад из 10 ГЭС общей мощностью 49 МВт.

При современных подходах к использованию энергии малых рек и водотоков имеются широкие возможности для строительства мини- и малых ГЭС при существующих гидротехнических сооружениях эксплуатируемых ГЭС, ТЭС и АЭС; на существующих и строящихся гидроузлах неэнергетического назначения; на высокогорных водотоках в непосредственной близости от селений и сельскохозяйственных построек; в составе технического водоснабжения на промышленных предприятиях.

Согласно результатам работы [4], в настоящее время в Казахстане ГЭС являются основными маневренными энергоисточниками, способными покрывать пиковые нагрузки энергосистем, таковыми они и останутся в ближайшем будущем. Анализ показателей Алматинской и Алтайской энергосистем свидетельствует о высокой экономичности действующих ГЭС. Себестоимость электроэнергии на ГЭС по данным [4] в 10–20 раз ниже, чем на ТЭС. Например, в Алматинской энергосистеме на долю Капчагайской ГЭС приходится около 20 % выработки электроэнергии и около 50 % прибыли, а в Алтайской энергосистеме на долю Иртышских ГЭС – около 80 % выработки электроэнергии и практически вся получаемая прибыль.

Степень освоения экономически эффективных гидроэнергоресурсов в Республике Казахстан составляет 26 %. В экономически развитых странах этот показатель составляет следующие значения: 50–55 % в США и Канаде, от 60 до 90 % в странах Западной Европы и Японии. Интенсивное освоение гидроэнергетических ресурсов, как было отмечено ранее, ведется в Китае и Индии. В Российской Федерации доля объектов гидроэнергетики уже длительное время продолжает оставаться на уровне 20 %.

Наличие значительного неосвоенного гидроэнергетического потенциала, являющегося экономически и экологически эффективным, позволяет создать в Казахстане масштабную программу гидроэнергетического строительства из наиболее эффективных объектов регионального и межрегионального значения, прежде всего в энерго- и топливно-дефицитных районах с учетом реальных оценок будущего спроса и возможностей его удовлетворения.

В целях обеспечения эффективного использования возобновляемых ресурсов и источников энергии как фактора устойчивого развития экономики в Казахстане принята Стратегия эффективного использования энергии и возобновляемых ресурсов Республики Казахстан в целях устойчивого развития до 2024 года [5].

Для финансирования мероприятий могут быть задействованы средства Банка Развития Казахстана, Инвестиционного фонда Казахстана, Национального инновационного фонда.

#### Список литературы

1. Родионов В.Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. – М.: - ЭНАС, 2010. – 352 с.
2. Чокин Ш.Ч., Сартаев Т.С., Шкрет А.Ф. Энергетика и электрификация Казахстана. – А.: Гылым, 1990. – 336 с.
3. Кариев Д.А. Гидроэнергетический потенциал рек Казахстана и уровень его использования // Вестник ТарГУ. – 2002. – № 2.
4. Кариев Д.А. Модернизация гидроэнергетических установок и использование возобновляющихся источников энергии в энергообеспечении (на примере Республики Казахстан): Автореферат дисс. ... д.т.н. – СПб, 1999. – 40 с.
5. Постановление Правительства Республики Казахстан от 24 января 2008 года № 60 «О Стратегии эффективного использования энергии и возобновляемых ресурсов Республики Казахстан в целях устойчивого развития до 2024 года» – Астана, 2008.

#### Реформа в методологии оценки условий труда

*Э.Е. Сопруненко, Н.А. Чулков*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
[soprunenko.elina@yandex.kz](mailto:soprunenko.elina@yandex.kz)*

Существующее на данный момент правовое регулирование вопросов по предоставлению гарантий и компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, является неполноценным и достаточно противоречивым.

Порядок аттестации рабочих мест по условиям труда, который имеет место быть сейчас, был утвержден на основании статьи 209 Трудового кодекса Российской Федерации приказом Минздравсоцразвития России [1]. Однако, в этих условиях формируется неоднозначная судебная практика по вопросам предоставления гарантий и компенсаций работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда.

В настоящее время гарантии и компенсации работникам, занятым на рабочих местах с вредными и опасными условиями труда предоставляются на основании следующих нормативных документов:

- списка производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день, утвержденного постановлением Госкомтруда СССР и Президиума ВЦСПС от 25.10.1974 № 298/П-22, а также Типового положения об оценке условий труда на рабочих местах и порядке применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда, утвержденного Постановлением Госкомтруда СССР и Секретариата ВЦСПС от 03.10.1986 № 387/22-78;

- списков № 1 и № 2 производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение, утвержденных постановлением Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10 (Список № 1 производств, работ, профессий, должностей и показателей на подземных работах, на работах с особо вредными и особо тяжелыми условиями труда, занятость в которых дает право на пенсию по возрасту (по старости) на льготных условиях; Список № 2 производств, профессий, должностей и показателей с вредными и тяжелыми условиями труда, занятость в которых дает право на пенсию по возрасту (по старости) на льготных условиях).

Данная схема предоставления гарантий и компенсаций работникам была сформирована еще во времена СССР, однако функционирует и сейчас. Схема списочного компенсирования причиняемого работникам вреда была обусловлена тем, что единственным работодателем было государство, которое обеспечивало (должно было обеспечивать) одинаковые ( типовые) условия труда и производственные процессы в зависимости от профессий, должностей и видов выполняемых работ. Схема давала работникам государственные гарантии компенсации причиненного вреда здоровью в процессе трудовой деятельности, а также гарантированный государством доход в случае утраты способности самостоятельного заработка. Большим минусом применения данной схемы в наше время является тот факт, что если в данных списках отсутствуют виды работ, профессии и должности, имеющиеся у работодателя, компенсации работникам не предоставляются.

В настоящее время обеспечиваемые работодателями условия труда в рамках одного и того же вида деятельности могут иметь значительные различия [3,4]. Однако указанный выше списочный подход не позволяет методологически провести экономически справедливую дифференциацию затрат как работодателей, так и государства (в части пенсионной системы) в зависимости от степени реальной вредности и опасности условий труда на конкретном рабочем месте. Как следствие, работодателям невыгодно вкладывать средства в улучшение условий труда, поскольку никакие мероприятия по данному направлению не снизят их затраты по указанным выше направлениям.

На данный момент фактически две методики оценки условий труда на вредных и опасных рабочих местах, а именно:

- аттестация рабочих мест, осуществляемая на основании статьи 209 ТК РФ [5], с целью установления сокращенной продолжительности рабочего времени, продолжительности ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, размера повышения оплаты труда;

- специальная оценка условий труда, которая должна осуществляться на основании отдельного федерального закона во исполнение статьи 58.3 Федерального закона от 24 июля 2009 г. № 212-ФЗ в целях освобождения от уплаты дополнительных страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации.

Таким образом, указанные выше две процедуры, по сути, должны быть объединены и унифицированы с двумя главными целями. Во-первых, однократного проведения работодателем исследование рабочего места своих работников. Во-вторых, результаты данного исследования должны использоваться как в целях уплаты страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации, так и в целях предоставления иных гарантий и компенсаций в процессе осуществления работником его трудовой деятельности.

Такой методологический подход позволит, с одной стороны, максимально объективно решать вопрос о необходимости компенсации вредных (опасных) условий труда конкретному работнику на конкретном рабочем месте, и, с другой стороны, экономически простимулировать работодателей вкладывать средства в улучшение условий и в охрану труда в целях оптимизации своих дальнейших издержек (по предоставлению гарантий и компенсаций и по уплате дополнительных страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации).

Однако, разработка методики проведения специальной оценки условий труда должна осуществляться не самостоятельно, а в пакете с иными законодательными инициативами и подзаконными актами, и представлять собой целостный, комплексный законопроект, направленный на улучшение условий труда и замещение рабочих мест с вредными (опасными) условиями труда.

В состав вышеуказанного нормативного «пакета» вошли:

- а) собственно законопроект федерального закона о специальной оценке условий труда;
- б) поправки в ТК РФ, предусматривающие процедуру специальной оценки условий труда как основание для решения вопроса о предоставлении работнику гарантий и компенсаций в связи с работой во вредных и опасных условиях труда; подзаконные акты, конкретизирующие порядок, условия и размеры предоставления соответствующих гарантий и компенсаций, выдачи средств индивидуальной защиты (нормативный правовой акт Правительства Российской Федерации, вносящий изменения в постановление от 20 ноября 2008 г. № 870, и акты Минтруда России);
- в) поправки в законодательство о страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, направленные на дифференциацию тарифов дополнительных страховых взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации в зависимости от выявленного по результатам специальной оценки условий труда класса профессионального риска (класса условий труда);
- г) поправки в пенсионное законодательство, регулирующие учет пенсионных прав и условия пенсионного обеспечения работников, за которых осуществляется уплата дополнительных взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации, а также особенности сохранения, учета и конвертации (при необходимости) прав работников, осуществляющих трудовую деятельность на рабочих местах, включенных в Списки № 1 и № 2 производств, работ, профессий, должностей и показателей, дающих право на льготное пенсионное обеспечение, утвержденные постановлением Кабинета Министров СССР от 26.01.1991 № 10;
- д) поправки в законодательство об обязательном социальном страховании, направленные на постепенный переход возмещения так называемого «досрочного» периода выплаты пенсии из системы обязательного пенсионного страхования в систему обязательного социального страхования с установлением процедуры индивидуальной оценки риска приобретения профессионального заболевания при условии продолжения работы и, соответственно, индивидуальной оценки нуждаемости в выплате страхового обеспечения досрочно.

По результатам специальной оценки условий труда на конкретном рабочем месте сроком на 5 лет устанавливается тариф дополнительных взносов в Пенсионный фонд Российской Федерации, соответствующий присвоенному классу вредности (классу профессионального риска).

Таким образом, работодатель, имеющий рабочие места, отнесенные, например, к Списку № 1, будет освобожден от уплаты дополнительных взносов, только в случае снижения на этих рабочих местах класса вредности, подтвержденный специальной оценкой условий труда. В этом случае тариф дополнительных страховых взносов за эти рабочие места также снизится.

При этом уплата дополнительного тарифа страховых взносов осуществляться по правилам только в отношении работников, занятых на рабочих местах, предусмотренных Списками № 1 и № 2. За иных работников уплата страховых взносов по дополнительному тарифу не осуществляется вне зависимости от установленного по итогам специальной оценки класса условий труда.

Применение «списочного» подхода к формированию пенсионных прав граждан предлагается сохранить в отношении всех лиц, которые по состоянию на определенную дату будут иметь хотя бы один день трудового стажа работы во вредных и опасных условиях. Дату целесообразно установить с соблюдением конституционного принципа «разумного переходного периода» и «возможности адаптации действий и поведения граждан к меняющемуся правовому регулированию». С учетом изложенного представляется правильным установить после вступления закона в силу переходный период.

Оценка условий труда [6] методологически должна быть единым комплексом последовательно выполняемых мероприятий по идентификации потенциально вредных и (или)

опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на организм работника с учетом отклонения их фактических значений от утвержденных нормативов, а также от комплексного применения средств защиты. Оценка важна как для государств, так и для работников с целью обоснования компенсаций за вредные условия труда.

#### Список литературы

1. Приказ Минздравсоцразвития России от 26 апреля 2011 г. №342н «Об утверждении порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда».
2. Законопроект № 337970-6 «О специальной оценке условий труда», 03.09.2013 г.
3. Деренок, А. Н., Морозова В. В., Чулков Н. А. Особенности трудовых отношений в организациях энергетики в постреформенный период // Энергетика: экология, надежность, безопасность. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — с. 151-152.
4. Чулков Н.А. К стратегии по развитию системы управления охраной труда в отрасли //Всероссийское совещание руководителей учреждений профессионального образования и председателей профсоюзных комитетов по обеспечению здоровых и безопасных условий труда и учебы в подведомственных Рособразованию учреждениях высшего и среднего профессионального образования: Сборник материалов - Москва, 28 мая 2008. - Москва: Возрождение, 2008. - с. 108-111.
5. Трудовой кодекс РФ – М.: Юрайт-М, 2002.
6. [www.regulation.gov.ru,ID:00/03-5934/08-13/28-9-5](http://www.regulation.gov.ru>ID:00/03-5934/08-13/28-9-5).

УДК 622.648.24

#### Повышение экологической и промышленной безопасности предприятий угольной отрасли путем переработки водноугольных отходов

*А.В. Неведров, А.В. Папин, А.И. Сечин\**

*ФГБОУ ВПО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия,*

*\*НИ Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,*

Одним из главных негативных факторов ведения угледобычи является значительный ущерб, наносимый окружающей среде, в том числе и водному бассейну. В связи с этим все острее встает проблема охраны водных ресурсов ряда районов Кемеровской области и соседних регионов. Это обусловлено сбросами в прилегающие к промышленным предприятиям поверхностные водоемы и водотоки больших объемов шламовых вод, содержащих, как правило, взвешенные и растворенные примеси.

За длительное время эксплуатации угольных предприятий накопилось значительное количество водноугольных отходов (шламовых вод) и угольных шламов, в которых содержатся до 40-80% органической массы угля, причем, в будущем проблема будет стоять еще более остро, так как угольными предприятиями требуется подвергать обогащению практически весь добываемый уголь. При длительном хранении угольных шламов происходит окисление органической массы и возникает угроза их самовозгорания.

Перевод угольных шламов в технологически приемлемую продукцию позволит не только улучшить экологическую обстановку в регионе, но и получить существенный экономический эффект, повысить их промышленную безопасность.

Для решения этой задачи нами была разработана технология комплексной переработки шламовых вод предприятий угольной отрасли.

Согласно данной технологии первоначальным этапом утилизации шламовых вод является отделение угольной составляющей (твердой фазы) от жидкой фазы, путем сгущения. В результате получают два полупродукта – сгущенный угольный шлам, представляющий собой суспензию с содержанием твердой фазы 60-75% мас., и техническая вода.

Отделенный угольный шлам подвергали обогащению. На выходе получали концентрат с зольностью  $A^d$  до 10 % мас., выходом летучих веществ  $V^{daf}$  = 26-28 % и влажностью  $W^a$  = 7-12 %.

Хвосты обогащения могут использоваться в технологиях извлечения ценных, редких рассеянных элементов, строительных материалов и т.п.

Техническую воду отстаивали, отделяли от остатков твердой фазы и очищали физико-химическими методами.

Кроме взвешенных нерастворимых веществ в оборотных водах угольных предприятий велико содержание растворимых солей. Снизить содержание растворимых веществ можно методами химической или физико-химической водоподготовки, это особенно необходимо делать, если в дальнейшем планируется применение воды в теплообменных системах, так как велика вероятность образования накипи.

Для защиты теплообменного и теплофикационного оборудования систем оборотного водоснабжения и водяного отопления, использующих в качестве теплоносителя или хладогента очищенную от механических и органических примесей шламовую воду (техническую воду) возможно использовать стабилизационную обработку воды постоянным электрическим током.

Были проведены исследования по определению противонакипного эффекта обработки технической воды электрическим полем при различных его параметрах. Исследования проводились на технической воде ЦОФ «Березовская», имеющей общую жесткость 2,6 ммоль/л, ХПК 5,84 мгО/л, рН=7,96, сухой остаток 430 мг/л. Обработка технической воды электрическим полем осуществлялась при плотности электрического тока на катоде в пределах 5-15 А/м<sup>2</sup>. Количество накипи, отложившейся на нагревательном элементе, определялось гравиметрическим методом.

Результаты проведенных экспериментов на технической воде ЦОФ «Березовская» представлены в табл.1.

Из данных, представленных в табл.1, видно, что с повышением плотности анодного и катодного тока, происходит увеличение противонакипного эффекта обработки технической воды электрическим полем. Достижимый противонакипный эффект обработки воды электрическим полем позволяет обеспечить надежную защищенность водогрейного оборудования от накипи.

Таблица 1. Противонакипные эффекты обработки воды электрическим полем

№ п/п	Плотность электрического тока, А/м <sup>2</sup>		Противонакипный эффект, %
	на аноде	на катоде	
1	10	5	63
2	20	10	74
3	30	15	78

Главным преимуществом антинакипной обработки воды электрическим полем является то, что данный метод водоподготовки позволяет отказаться от применения химикатов для водоподготовки. Применение этого метода водоподготовки исключает загрязнение окружающей среды вредными стоками водоподготовительных установок.

Осадок, выделяемый на различных стадиях водоподготовки также можно использовать в технологиях извлечения ценных элементов и для производства строительных материалов.

Полученные данные показывают эффективность технологии комплексной переработки шламовых вод с получением ряда ценной продукции из отходов предприятий угольной отрасли: малозольного концентрата, сырья для рудоперерабатывающих предприятий, строительных материалов и технической воды для водооборотного цикла и систем теплоснабжения предприятий угольной отрасли.

Таким образом, внедрение данной технологии комплексной переработки шламовых вод предприятий угольной отрасли позволит повысить экологическую и промышленную безопасность этих предприятий и их экономическую эффективность.

#### Список литературы

1. Лазаренко С.Н., Потапов В.П. Концепция стратегии развития угольной отрасли Кузбасса как основы экономической самодостаточности региона // Финансово-экономическая самодостаточность регионов. Материалы межрегиональной научно-практической конференции – Кемерово, 2003.-С.163-166.
2. Папин А.В., Солодов Г.А., Заостровский А.Н., Папина Т.А. Процесс формирования структуры высококонцентрированных водоугольных суспензий приготовленных из обогащенных угольных шламов методом масляной агломерации // Вестн. КузГТУ. 2003. № 4. С. 96-99.

УДК 662.815

**Технология переработки отходов коксохимических производств****Солодов В.С., Папин А.В., Сечин А.И., Неведров А.В.**

ФГБОУ ВПО Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия,

\*НИИ Томский политехнический университет, г. Томск, Россия,

Количество образующихся промышленных отходов в России составляет более 3,9 млрд. т. Значительная масса отходов (в основном угольной отрасли) не перерабатывается и складывается в отвалах, свалках, шламо- и хвостохранилищах. Еще один техногенный отход – коксовая пыль на коксохимических предприятиях, получается в процессе любых технологических операций связанных с коксом (рассортировки валового кокса, сухого тушения кокса, перегрузках кокса и т.д.). Размер кусков 0-5 мм. Коксовая пыль (около 18-20 тыс. т в год на каждом предприятии) практически не находит применения из-за тонкодисперсного состояния и высокой зольности, сложности с разгрузкой и транспортировкой.

Основными проблемами на пути переработки также являются: высокая зольность исходного сырья; отсутствие научно обоснованных рекомендаций и процессов физико-химического воздействия на исходный уголь с учетом его свойств [1].

Для решения проблемы утилизации отходов необходимо было разработать нетрадиционную технологию их комплексной переработки на месте с получением ряда товарной продукции.

Данная разработка относится к технологии брикетирования коксовой пыли. Особенность данной технологии заключается в обогащении коксовой пыли методом масляной агломерации с применением в качестве оптимальных связующих реагентов карбамида и жидких отходов коксохимии, что позволяет селективно отделять минеральные частицы от органической части коксовой пыли при его обогащении с получением концентратов, приемлемых для энергетики и коксования [2].

Отличием предлагаемой технологии от аналогов является использование новой технологической схемы, увеличивающей выход продукта, использующей дешевых и эффективных связующих компонентов (также отходов коксохимического производства), что обеспечивает получение качественного товарного продукта.

Полученные брикеты обладают следующими технологическими характеристиками:

Таблица 1. Преимущества композитных топливных брикетов перед аналогами

Технические показатели (наименование и единицы измерения)	Наименование инновационной продукции
	Композитные топливные брикеты
Сернистость, % мас.	0,025-0,4
Зольность, % мас.	5,4-8,0
Прочность на сжатие, кг/см <sup>2</sup>	60-90
Прочность на истирание, % содержание кусков размером >25 мм	80-99
Прочность на сбрасывание, % содержание кусков размером >25 мм	85-99
Теплота сгорания, ккал/кг	8900-9600

Внедрение разработанной технологии ведет к повышению экологической и производственной безопасности на предприятиях, так как позволяет утилизировать отходы непосредственно «на месте», что также обеспечивает положительную экономическую рентабельность.

**Список литературы**

1. Папин, А.В. Экологические и технологические аспекты утилизации коксовой пыли в виде топливных брикетов / Папин А.В., Игнатова А.Ю., Солодов В.С. // Безопасность в техносфере. – 2013. - № 2. – С. 66-70.

2. Папин А.В., Солодов В.С., Игнатова А.Ю., Неведров А.В., Макаревич Е.А. и др. Патент 2468071 РФ «Способ брикетирования коксовой пыли», заявитель и патентообладатель КузГТУ; заявл. 26.10.2011; опубл. 27.11.2012, бюл. № 33.

### Исследование тепловой эффективности процесса анаэробной ферментации органических ТБО

Исламова С.И.

*Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Казанского научного центра РАН, Россия, г. Казань*

В настоящее время в мире активно развиваются технологии анаэробной ферментации твердых бытовых отходов (ТБО). Анаэробная ферментация – это разложение органических компонентов в анаэробных условиях. Анаэробная ферментация с большой эффективностью применяется для обезвреживания ТБО с попутным получением органического удобрения или биотоплива. Большое количество пищевых отходов в составе ТБО препятствует их качественному сжиганию и затрудняет захоронение на полигонах. Использование органических ТБО в качестве сырья для метанового сбраживания позволяет решать экологическую проблему утилизации отходов, а также дополнительно вырабатывать энергию [1].

Суть процесса анаэробной ферментации органических ТБО заключается в следующем: в метантенке объемом до 500 м<sup>3</sup> ТБО выдерживают в анаэробных условиях 10-20 суток при температуре от 25 до 55 °С. При этом протекает процесс сбраживания. В процессе сбраживания проводится перемешивание содержимого метантенка для обеспечения эффективного использования всего объема, исключения образования мертвых зон и т.п. Отработанную твердую массу подают на обезвоживание, затем она поступает на рыхлаение и грохочение. 1 тонна ТБО дает до 120-140 м<sup>3</sup> биогаза, содержащего ~65% об. CH<sub>4</sub> [2-4].

В настоящем исследовании тепловой эффективности состав ферментируемых ТБО представлял собой органическую массу, состоящую из растительных остатков, пищевых отходов, бумажных и древесных отходов. Метантенк, представлял собой резервуар (рис. 1), объемами 50, 100, 250 и 500 м<sup>3</sup>. Перемешивание отходов осуществлялось при помощи механической мешалки. Режимы выдерживания отходов в анаэробных условиях мезофильный (при  $t \sim 35^\circ\text{C}$ , время брожения – 20 сут) и термофильный (при  $t \sim 55^\circ\text{C}$ , время брожения – 10 сут), среднемесячная температура воздуха летом – 293 К, зимой – 263 К. Материалы изготовления метантенков – бетон и сталь. В качестве тепловой изоляции для бетонных метантенков предлагалась полиуретановая пена, для стальных – минеральная вата и кирпич.

Анализ тепловой эффективности основывался на составлении уравнения теплового баланса, характеризующего работу метантенка, определении значений подведенной к аппарату, полезно используемой тепловой энергии и потерь теплоты в зависимости от времени года. Критерием оценки тепловой эффективности являлся тепловой КПД [5-8].

Тепловой баланс метантенка имел вид:

$$\Sigma Q_{\text{под}} = \Sigma Q_{\text{пол}} + \Sigma Q_{\text{пот}} + \Sigma Q_{\text{вэр}} \quad (1)$$

где  $\Sigma Q_{\text{под}}$  – количество подведенной к метантенку тепловой энергии, МДж/сут;  $\Sigma Q_{\text{пол}}$  – количество полезно использованной тепловой энергии, МДж/сут;  $\Sigma Q_{\text{пот}}$  – потери тепловой энергии в ходе проведения технологического процесса в рассматриваемом метантенке, МДж/сут;  $\Sigma Q_{\text{вэр}}$  – количество образовавшегося в аппарате энергоносителя вторичных энергоресурсов (ВЭР), МДж/сут.

Рассчитывалось количество теплоты,  $Q_{\text{нагр}}$ , МДж/сут, требуемое для нагрева загружаемой массы отходов до температуры процесса брожения:

$$Q_{\text{нагр}} = m_M \cdot C_{pM} (t_{\text{ПР}} - t_{\text{ЗАГР}}) \quad (2)$$

где  $m_M$  – расход массы отходов, кг/сут;  $C_{pM}$  – средняя удельная теплоемкость массы отходов,  $C_{pM} = 4,1$  кДж/(кг·°С);  $t_{\text{ПР}}$  – температура процесса брожения, °С;  $t_{\text{ЗАГР}}$  – температура загружаемой массы, °С, принимается равной среднемесячной температуре окружающего воздуха, если меньше 5 °С, то принимается 5 °С.

Далее определялся расход энергии на механическое перемешивание массы в метантенке  $Q_{\text{мех}}$ , МДж/сут по формуле:

$$Q_{\text{мех}} = q_{\text{норм}} \cdot V_{\text{MT}} \cdot z \quad (3)$$

где  $q_{\text{норм}}$  – удельная нагрузка на мешалку,  $q_{\text{норм}} = 50 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ ;  $V_{\text{MT}}$  – объем метантенка,  $\text{м}^3$ ;  $z$  – продолжительность работы мешалки,  $z = 8$  часов в сутки.

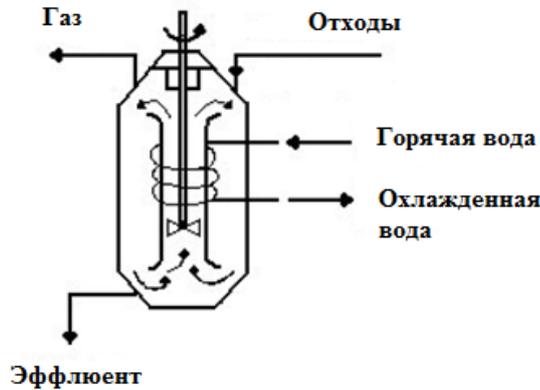


Рис. 1. Конструкция метантенка с перемешивающим устройством

Далее рассчитывался отвод тепла, связанный с биогазом  $Q_{\text{газ}}$ , МДж/сут:

$$Q_{\text{газ}} = m_{\text{газ}} \cdot (C_{p\text{газ}} \cdot T + x_{\text{H}_2\text{O}} \cdot h_{\text{steam}}), \quad (4)$$

где  $m_{\text{газ}}$  – масса биогаза, кг/сут;  $C_{p\text{газ}}$  – удельная теплоемкость биогаза, кДж/кг·К;  $T$  – температура биогаза, К;  $x_{\text{H}_2\text{O}}$  – доля испарения,  $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0,03988$ ;  $h_{\text{steam}}$  – энтальпия испарения, кДж/кг $\text{H}_2\text{O}$ .

Далее рассчитывалось количество теплоты  $Q_{\text{пот.ст}}$ , МДж/сут, теряемое массой отходов при теплоотдаче через стенки метантенка в окружающую среду:

$$Q_{\text{пот.ст}} = k_{\text{ст}} F (t_{\text{пр}} - t_{\text{ср}}), \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент теплоотдачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $F$  – площадь поверхности метантенка,  $\text{м}^2$ ;  $t_{\text{ср}}$  – средняя месячная температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ .

Далее рассчитывались потери теплоты через стенку метантенка в зимний и летний периоды. Количество теплоты  $Q_{\text{пот.пт}}$ , МДж/сут, теряемое массой отходов в процессе теплоотдачи через потолок метантенка в окружающую среду определялось по формуле:

$$Q_{\text{пот.пт}} = k_{\text{пт}} S_{\text{осн}} (t_{\text{пр}} - t_{\text{ср}}), \quad (6)$$

Количество теплоты  $Q_{\text{пот.п}}$ , МДж/сут, теряемое массой отходов в процессе теплоотдачи через пол метантенка в окружающую среду определялось по формуле:

$$Q_{\text{пот.п}} = k_{\text{пт}} S_{\text{осн}} (t_{\text{пр}} - t_{\text{ср}}), \quad (7)$$

Суммарные тепловые потери в метантенке определялись по формуле:

$$\Sigma Q_{\text{пот./зима/лето}} = Q_{\text{пот.ст}} + Q_{\text{пот.пт}} + Q_{\text{пот.п}} \quad (8)$$

Далее рассчитывался отвод тепла с эфлюентом,  $Q_{\text{вэр}}$ , МДж/сут:

$$Q_{\text{вэр}} = m_{\text{эф}} \cdot \Delta T \cdot C_{p\text{H}_2\text{O}}, \quad (9)$$

где  $m_{\text{эф}}$  – масса эфлюента, кг/сут;  $\Delta T$  – разница между температурой внутри метантенка и температурой окружающей среды, К;  $C_{p\text{H}_2\text{O}}$  – удельная теплоемкость воды, кДж/кг·К.

Таким образом, общее количество подведенной к метантенку тепловой энергии рассчитывалось:

$$\Sigma Q = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{мех}} + Q_{\text{газ}} + Q_{\text{вэр}} + \Sigma Q_{\text{пот}} \quad (10)$$

Тепловые КПД метантенка в зимний и летний периоды рассчитывались по формуле:

$$\eta_{\text{зима}} = \frac{\Sigma Q - Q_{\text{газ}} - \Sigma Q_{\text{пот./зима/лето}} - Q_{\text{вэр}}}{\Sigma Q} \quad (11)$$

По результатам расчета составлены диаграммы, тепловой эффективности метантенков и графики потерь теплоты.

На рисунке 2 представлена диаграмма, характеризующая термофильный режим брожения отходов. Наименьшей тепловой эффективностью в зимний период характеризуются бетонный и стальной резервуары объемом  $500 \text{ м}^3$  ( $\eta \approx 35\%$ ), вследствие высоких потерь теплоты через стенки и пол; наибольшей тепловой эффективностью характеризуются метантенки объема  $50 \text{ м}^3$  ( $\eta \approx 37,5\%$ ). В летний период наибольшая тепловая эффективность характерна для объема  $250 \text{ м}^3$  ( $\eta \approx 38,5\%$ ).

Бетонный и стальной метантенк объема  $500 \text{ м}^3$  характеризуются наибольшими потерями теплоты через теплообменную поверхность; в зимний период потери составили 2865 и 2588

МДж/сут, соответственно, в летний – 1519 и 1372 МДж/сут. На рисунке 3 приведены графики потерь через теплообменную поверхность на примере бетонного метантенка. С уменьшением объема метантенков уменьшаются и потери теплоты через теплообменную поверхность.

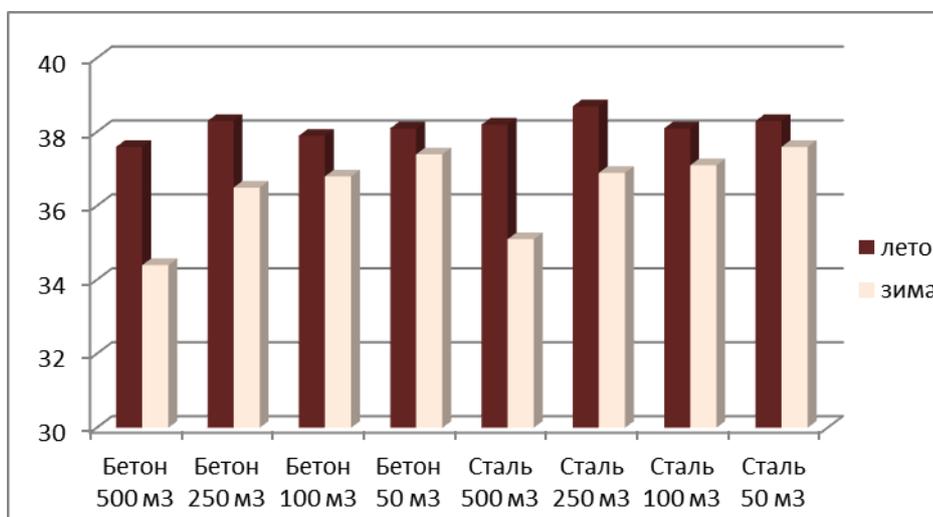


Рис. 2. Тепловые КПД при термофильном режиме брожения отходов, %

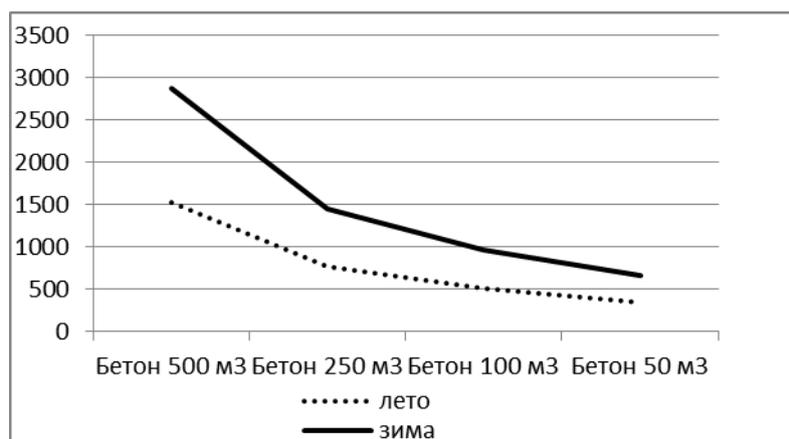


Рис. 3. Потери теплоты при термофильном режиме брожения отходов (МДж/сут)

При мезофильном режиме брожения ТБО наименьшей тепловой эффективностью в зимний период характеризуются бетонный и стальной резервуары объемом 500 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 36\%$ ), также из-за высоких потерь теплоты через стенки и пол. Наибольшей тепловой эффективностью характеризуются метантенки объема 50 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 37,5\%$ ). В летний период, наоборот, для резервуаров объемом 500 м<sup>3</sup> характерны максимальные тепловые КПД ( $\eta \approx 43,5\%$ ), а для резервуаров объемом 50 м<sup>3</sup> – минимальные ( $\eta \approx 39\%$ ). Величины потерь теплоты через теплообменную поверхность при мезофильном режиме в летний и зимний периоды меньше, чем при термофильном. Значительные потери теплоты метантенков при термофильном режиме брожения можно объяснить большой разницей температур загружаемых отходов и непосредственно температуры брожения.

Выход биогаза при термофильном режиме брожения составил 11,95 МДж/сут, при мезофильном – 5,3 МДж/сут. Отвод теплоты с эффлюентом представляет собой тепловую энергию ВЭР. При термофильном режиме брожения  $Q_{\text{вэр/лето}}=4414$ ,  $Q_{\text{вэр/зима}}=6306$  МДж/сут; при мезофильном режиме брожения  $Q_{\text{вэр/лето}}=1892$ ,  $Q_{\text{вэр/зима}}=3784$  МДж/сут.

Выводы.

На основании проведенного анализа видно, что общая потребность в теплоте для процесса ферментации отходов определяется главным образом затратами на подогрев отходов до

температуры брожения. Затраты тепловой энергии для компенсации тепловых потерь могут быть снижены путем применения лучшей изоляции. Максимальные значения тепловых потерь характерны для зимнего периода вследствие большого объема резервуара. Наибольшая тепловая эффективность при термофильном режиме брожения характерна для объема 250 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 38,5\%$ ) в летний период и для объема 50 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 37,5\%$ ) в зимний. Наибольшая тепловая эффективность при мезофильном режиме характерна для объема 500 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 38,5\%$ ) в летний период и для объема 50 м<sup>3</sup> ( $\eta \approx 37,5\%$ ) в зимний. Выход биогаза в термофильном режиме больше (11,95 МДж/сут), чем в мезофильном (5,3 МДж/сут).

#### Список литературы

1. Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Метантенки. – М.: Стройиздат, 1991. – 128 с.
2. <http://www.methanetomarkets.ru>
3. Вигдорович В.И., Шель Н.В., Зарапина И.В. Теоретические основы, техника и технология обезвреживания, переработки и утилизации отходов // Энциклопедия инженера-химика. – 2011. – №4. – С. 22-28.
4. Шубов Л.Я., Борисова О.Н., Доронкина И.Г. Технологии обращения с отходами: преимущества и недостатки, мифы и реалии // Твердые бытовые отходы. – 2011. – №10. – С. 2-6.
5. Назмеев Ю.Г., Конахина И.А. Организация энерготехнологических комплексов в нефтехимической промышленности. М.: Издательство МЭИ, 2001.
6. Захаров А.А. Практикум по применению теплоты и теплоснабжению в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1985. – 175 с.
7. Чеботарева О.В., Сербин В.А., Колосова Н.В. Теплообмен с окружающей средой метантенка для сбраживания биомассы // Вісник Донбаської нац. Академії будівництва I архітектури. – 2010. - №6. – С. 31-36.
8. Lindorfer H, Braun R, Kirchmayr R. Self-heating of anaerobic digesters using energy crops // Water Science and Technology. – 2006; 53(8). – P. 159-166.

#### Проблема сбора бытовых отходов в городе Томск

*Лаутениллегер Н.Н., Сечин А.А.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества разнообразных отходов. Резкий рост потребления в последние десятилетия во всём мире привёл к существенному увеличению объёмов образования твёрдых бытовых отходов (ТБО). В настоящее время масса потока ТБО, поступающего ежегодно в биосферу достиг почти геологического масштаба и составляет около 400 млн. тонн в год, представляющих серьезную санитарно-эпидемиологическую угрозу. Большое количество отходов создает экономические и технические проблемы их сбора, хранения, переработки, захоронения и транспортировки.

Проблема твердых бытовых отходов (ТБО) является весьма актуальной поскольку ее решение связано с необходимостью обеспечения нормальной охраны окружающей жизнедеятельности населения, санитарной очистки городов, среды и ресурсосбережения.

Первоочередной задачей в решении проблемы ТБО является разработка оптимальных систем их сбора транспортировки. Промедление удаления ТБО из мест образования недопустимо, так как может это способствует серьезному загрязнению городов. Удаляют ТБО либо на полигоны захоронения, либо на специальные заводы для переработки и обезвреживания. В Томске полигонному захоронению подвергают около 95% образующихся ТБО. Поскольку свалки все дальше удаляются от города, а бесконечно плечо вывоза ТБО увеличиваться не может, становится весьма актуальной промышленная переработка ТБО. Именно промышленная переработка, решающая в совокупности вопросы обезвреживания, ликвидации и утилизации ТБО, представляет собой кардинальный путь решения этой проблемы.

Постепенный переход от полигонного захоронения к промышленной переработке является основной тенденцией решения проблемы ТБО в мировой практике.

Основной целью работы являлся поиск альтернативных методов сбора бытовых отходов: раздельный сбор мусора и т.д., а также привлечение внимание населения к проблемам окружающей среды.

Для достижения поставленной цели был сформулирован ряд задач:  
Исследовать экологическую ситуацию круговорота ТБО в г. Томск.

Побеседовать о экологической ситуации в г.Томск с начальником Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГУ «ОБЛКОПРИРОДА» Адамом Александром Мартыновичем.

Научить население рационально самостоятельно перерабатывать ТБО, уменьшая их в объёме, и правильно утилизировать вредные бытовые отходы.

Отходы – остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью. Под определенной деятельностью понимается производственная, исследовательская и другая деятельности, в том числе, - потребление продукции. Соответственно различают отходы производства и отходы потребления.

Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа. К отходам потребления относят и твердые бытовые отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности людей.

Отходы производства – остатки сырья, материалов и полуфабрикатов (обрезки металлов, дерева, стружки и т.д.), образовавшиеся в процессе производства в силу его технологических особенностей, несовершенства технологии, а также угар, распыл, усушка и т.д.

Отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности:

- I класс – чрезвычайно опасные отходы;
- II класс – высокоопасные отходы;
- III класс – умеренно опасные отходы;
- IV класс – малопасные отходы;
- V класс – практически неопасные отходы.

Для любого города и населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов всегда является в первую очередь проблемой экологической. Весьма важно, чтобы процессы утилизации бытовых отходов не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства с точки зрения общественной санитарии и гигиены, а также условия жизни населения в целом.

Социальные нормы часто влияют на то, каким образом будет проведено управление отходами. В привлечении населения в управление отходами большую роль играет психология. Таким образом, в образовании и руководстве системы управления отходами необходимы знания всевозможных дисциплин и опыт, а также глубокое знание местных условий.

Тот, кто собирает отходы, часто определяет их дальнейшую обработку. Если все отходы, не отсортировав, собирают вместе в одном контейнере, скорее всего, что их захоронят на полигоне или на свалке, или же сожгут.

Если отходы сортируют по фракциям уже на месте их появления – в домашних хозяйствах, в учреждениях и на предприятиях – тогда, скорее всего, их будут перерабатывать, используя как вторичное сырье. Чем лучше отходы отсортируют на месте их появления, тем экономичнее и легче передать их на переработку.

Чтобы внедрить эти методы в жизнь, необходим качественный сбор и сортировка отходов, которую могут частично выполнять в домашних хозяйствах, а также операторы обработки отходов.

Качественная сортировка отходов имеет большое значение при определении расходов при переработке отходов в однородных потоках материалов. Материалы, приспособленные к переработке, с большой экономической стоимостью, это: бумага, картон, алюминиевая тара, стекло, пластмассовая упаковка и биологически разлагающиеся отходы.

Одним из основных методов минимизации количества отходов, поступающих на объекты санитарной очистки, является предварительная сортировка отходов.

Раздельный сбор мусора нужен для:

- улучшения экологической обстановки;
- получения из отходов материалов для последующего использования;
- уменьшения массы отходов жилищно-коммунального сектора;
- сокращения эмиссии парниковых газов.

На рис. 1 приведена схема рационального управления бытовыми отходами.

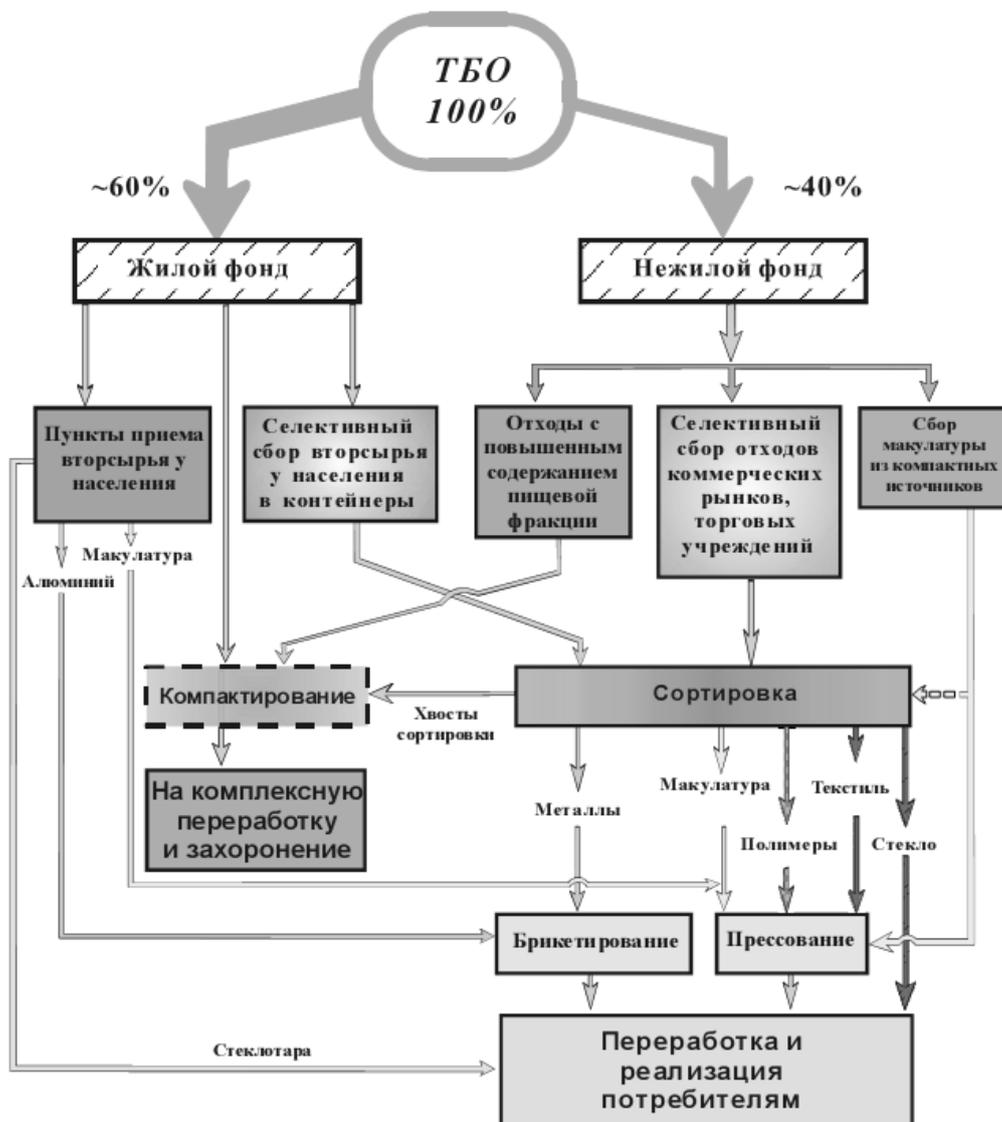


Рис.1. Схема рационального управления твердыми бытовыми отходами.

После посещения Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области ОГУ «ОБЛКОПРИРОДА» пришли к выводу, что система сбора ТБО не налажена. Начальник департамента Адам Александр Мартынович рассказал, что полигон в Суровосухоречье (Новомихайловка), практически заполнен, и планируется строительство завода по сортировке мусора с дальнейшим вывозом на полигон. Поэтому, исходя из выше сказанного, предлагаются следующие методы решения проблемы, а именно:

- Мусорные баки раскрасить в яркие цвета, чтобы привлекать внимание граждан;
- Массовая агитация людей к раздельному сбору мусора;
- Развитие экологического воспитания с дошкольного возраста;
- Ужесточение мер наказания за несанкционированный выброс мусора;
- Информировать граждан о существующих специальных полигонах для высокоопасных отходов (люминесцентные лампы, аккумуляторы, батарейки, отработанные масла и автомобильные покрышки).

В департаменте природных ресурсов существует пластмассовый куб, куда граждане могут принести отработавшие батарейки, так же в г.Томске имеются пункты по приёму пластиковых бутылок, люминесцентных ртутьсодержащих ламп, и т.д.

Варианты сбора вторичного сырья в разных странах различны. Это могут быть центры сбора мусора, устройства для раздельного сбора мусора возле жилых домов.

Одним из основных методов минимизации количества отходов, поступающих на объекты санитарной очистки, является предварительная сортировка отходов. К сожалению, в Томске существует только полигонный метод захоронения, т.к. полигон практически заполнен планируется строительство завода по переработке мусора в районе Московского тракта, но встает серьезный вопрос: не будут ли продукты горения вредны для города.

#### Список литературы

1. Дрейер А.А., Сачков А.Н., Никольский К.С., Маринин Ю.И., Миронов А.В. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка, 2004.
2. Бабанин И.В. Оценка эффективности раздельного сбора отходов / И.В. Бабанин // Твердые бытовые отходы. 2006. № 10. С. 40-43.
3. Бабанин И.В. Раздельный сбор в России: миссия выполнима // Твердые бытовые отходы. 2007. № 2.
4. Демчишин А.А. Переработка отходов: замкнутое производство / Твердые бытовые отходы. 2007. № 11. С.14.
5. Лобачева Г.К., Желтобрюхов В.Ф., Прокопов И.И., Фоменко А.П. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки: Учебное пособие. Волгоград: Волг-ГУ, 2005.

#### К вопросу обеспечения пожаровзрывобезопасности шахтных технологических объемов.

*Сечин А.И., Мезенцева И.Л.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

[morozova212007@yandex.ru](mailto:morozova212007@yandex.ru)

Проблема обеспечения безопасности в шахтах, разрабатывающих метаносные пласты угля, продолжает оставаться актуальной в России и за рубежом.

В угольных пластах выделяются разные газы: наиболее часто метан ( $\text{CH}_4$ ), реже сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) и углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ). Эти газы редко оказываются причиной смерти или серьезных заболеваний. Исключение составляет взрывоопасный метан. Для предупреждения взрывов метана и угольной пыли в угольных шахтах необходимо вести непрерывный контроль за содержанием метана в воздухе и обеспечивать удаление пыли из шахтных вентиляционных каналов.

Из анализа литературных источников [1] известно, что в большинстве случаев метан скапливается в следующих объемах (табл.1):

Таблица. 1 - Объемы скопления метана в различных местах шахты

Место скопления	Объем, м <sup>3</sup>
У исполнительных органов комбайнов	0,1-0,5
В пространстве между корпусом комбайна и забоем	до 1
На машинной дороге в очистных выработках крутых пластов	до 6

Исследования, проведенные рядом авторов, показали [2]:

В пространстве между корпусом комбайна и забоем, при нормальном проветривании очистных выработок, скорость скопления метана превышает 1,5 м<sup>3</sup>/мин.

В пространстве над корпусом и машинной дороге выше, при нормальном проветривании очистных выработок, скорость скопления метана превышает 1 м<sup>3</sup>/мин.

Метан, как составная часть горючей системы, выделяется в атмосферу угольных шахт из массива, а также из разрыхленного взрывом или механическим способом угля. Считается, что вероятность появления источника зажигания близка к 1 [4], что и обуславливает высокую потенциальную угрозу.

Взяв за расчетный объем выделившегося метана 300 м<sup>3</sup>, рассчитаем по методике [4] на различном расстоянии от источника взрыва параметры избыточного давления и импульса волны давления [4]. На основе полученных результатов построили графики:

Как видно из графиков зависимости избыточного давления от расстояния эпицентра взрыва (рис. 1) можно разделить на несколько зон – безопасные зоны, менее опасные, зоны опасные и смертельные по воздействию избыточного давления на человека [4].

Первая линия, отмеченная на графике (рис. 1) на расстоянии 5-25 м, является смертельной, при воздействии фактора избыточного давления.

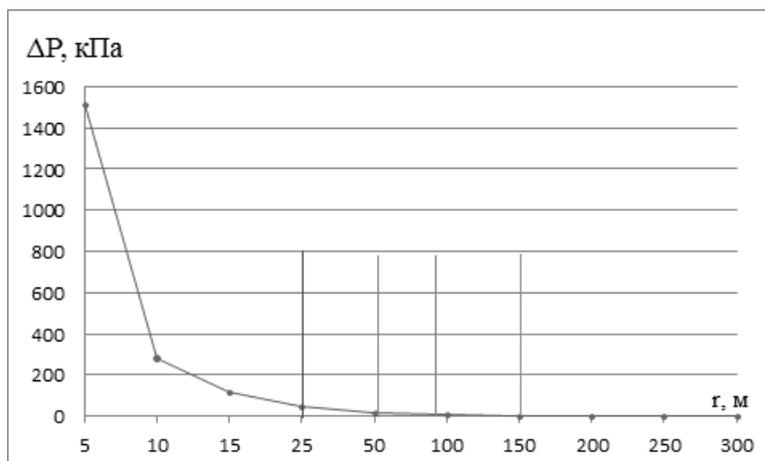


Рис. 1. Влияние избыточного давления на человека на разных расстояниях от эпицентра взрыва, принятый объем метана: 300 м<sup>3</sup>

На расстоянии 50 м приводит к поражению человека средней тяжести.

На расстоянии 90 м можно получить легкие ушибы.

В точке 150 м и за ней безопасная зона, никаких воздействий на человека не будет.

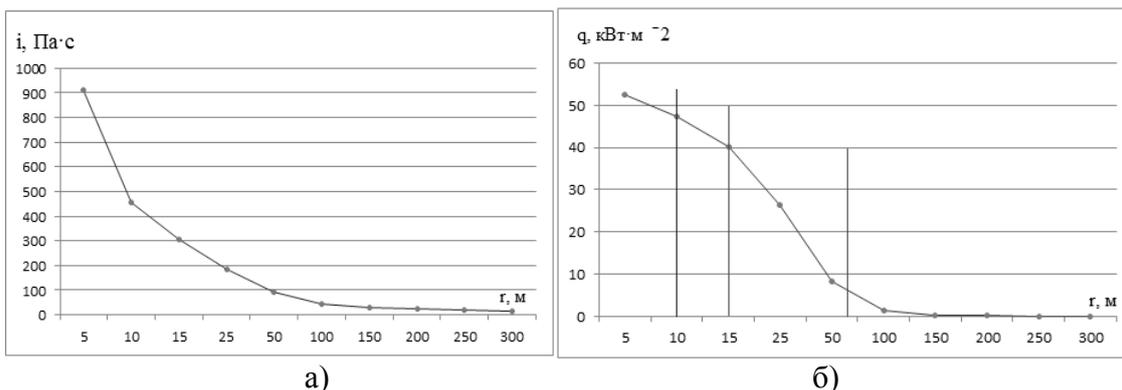


Рис. 2. а) импульс избыточного давления на разных расстояниях от эпицентра взрыва, б) интенсивность теплового излучения при воздействии «Огненного шара» на человека, принятый объем метана: 300 м<sup>3</sup>

На данном графике (рис. 2, а) показан импульс, возникший при взрыве метана, вблизи взрыва он максимальный и несет губительный характер. Также на протяжении прохождения волны импульса будет происходить взмучивание пыли и при не удовлетворительных мероприятиях по очистке и осланцеванию угольной пыли может привести к усилению взрывной волны, подпитываясь, ударно-воздушная волна может перейти в детонацию.

Также были рассчитаны интенсивность теплового излучения и эффективный диаметр «Огненного шара» [4]. На основе проведенных расчетов строим графики интенсивности теплового излучения при воздействии «Огненного шара» на человека.

Анализируя рис.2 б) и данные представленные в таблице [4] можно определить степень интенсивности теплового излучения и определить безопасные зоны.

В точке 10-15 м произойдет воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по струганой поверхности; воспламенение фанеры [4]. Смертельно для человека находящегося на данном расстоянии от эпицентра. На расстоянии 65 м и далее – безопасная зона.

Взрывобезопасность технологического оборудования и производственных помещений обычно осуществляют посредством флегматизации горючих парогазовых смесей в указанных объемах с помощью различных газообразных добавок. Количественно флегматизация характеризуется минимальной флегматизирующей концентрацией флегматизатора  $C_{ф}$ .

Проведя расчет концентрации горючего  $C_g$  и разбавителя  $C_f$  в экстремальной точке области воспламенения при флегматизации метана  $CH_4$  шламовой водой по методике [4], находим предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию флегматизатора  $C_{рф}$ , (% об.) [4] и с учетом коэффициент запаса в 30% принимаем  $C_{рф} = 40\%$ .

На основе проведенных расчетов были сформированы критерии системы секционирования, которые и легли в основу разрабатываемого метода секционирования шахтных технологических объемов.

Результаты проведенных расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица. 2 - Параметры избыточного давления ( $\Delta P$ , кПа) и импульса волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей ( $i$ , Па·с), интенсивность теплового излучения ( $q$ , кВт/м<sup>2</sup>), коэффициент пропускания атмосферы ( $\tau$ ) и доза теплового излучения ( $Q$ , Дж/м<sup>2</sup>)

$r$ , м	$\Delta P$ , кПа	$i$ , Па·с	$q$ , кВт/м <sup>2</sup>	$\tau$	$Q$ , Дж/м <sup>2</sup>
5	1510,91	911,97	52,44	0,09	$2,53 \cdot 10^2$
10	281,93	455,98	47,18	0,99	$2,28 \cdot 10^2$
15	118,5	303,99	40,17	0,99	$1,94 \cdot 10^2$
25	45,36	182,39	26,3	0,98	$1,27 \cdot 10^2$
50	15,3	91,2	8,26	0,96	$3,99 \cdot 10$
100	6,16	45,6	1,44	0,93	6,96
150	3,81	30,4	0,45	0,90	2,16
200	2,76	22,8	0,18	0,87	$90,4 \cdot 10^{-1}$
250	2,16	18,24	0,09	0,84	$4,53 \cdot 10^{-1}$
300	1,77	15,2	0,05	0,81	$2,55 \cdot 10^{-1}$

На основе данных представленных результатов можно предложить следующее.

Забой и прилегающие к нему штреки на расстоянии 50 м – рассматривается как секция наиболее опасная. Далее 50 м – секция наименее опасная.

На расстоянии от забоя и прилегающего штрека (50 м) рекомендуется устанавливать шести метровую водяную завесу тамбурного типа (постоянно действующую). Шестиметровая протяженность тамбура принята на основе экспериментальных исследований системы взрывоподавления АСВП-ЛВ.

Система представляет собой дренчерную установку с постоянным включением подачи шламовой воды. Концентрация взвеси воды в м<sup>3</sup> объема должна быть не менее 40 %, что обеспечивает МВСК при прохождении пламени.

В случаи аварийной ситуации взрывная волна проходя через водяную завесу будет взвешенную воду толкать пробкой по шахтному объему проводя эффект осланцевания и гася в нем свою энергию.

При длительности теплового излучения  $q=8,26$  кВт/м<sup>2</sup> и времени существования «Огненного шара»  $t_s=4,83$  с ожидаемое воздействие на человека - ожог 1 степени [статья].

При прохождении теплового излучения через тамбурную водяную завесу время действия сокращается до 0,96 с, что практически не будет оказывать негативных последствий на работников шахт.

Из литературных данных и действующих нормативных документов принято систему АСВП-ЛВ устанавливать на расстоянии от предполагаемого эпицентра взрыва 250-300м, по проведенным расчетам это расстояние должно составлять 68 м.

Эвакуация работающих из зоны чрезвычайной ситуации, как предписывает стандарт, проводятся со скоростью 5 м/с. Так как стандарт рекомендует безопасное расстояние 25 м предлагаем протяженность наименее опасной секции Б принять 100м, так как, из анализа работ предшественников следует [5], что параметры взрыва шахтных технологических объемов до 10 м<sup>3</sup> метана не сопровождается детонационным горением.

Предлагается деление шахтного технологического объема на секции А и Б по опасности взрывопроявления.

Протяженность секции А по штрекам – 50 м.

Протяженность секции Б – 100 м.

Разделительные тамбура представляют собой шестиметровую водяную завесу.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

Проведены расчеты параметров волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей, а также интенсивности теплового излучения и времени существования «Огненного шара». Установлены размеры зон травмирования по тяжести воздействия на работающих и размеры безопасных зон теплового влияния излучения на работающих при воздействии «Огненного шара».

Установлена необходимая концентрация флегматизирующего вещества, для безопасного проведения работ. Концентрация взвеси воды в м<sup>3</sup> объема должна быть не менее 40 %.

Разработаны критерии системы секционирования шахтных технологических объемов.

#### Список литературы

1. Краткий справочник горного инженера угольной шахты: справочник / под ред. А. С. Бурчакова, Ф. Ф. Кузюкова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1982. — 454 с.
2. Миронов К. В. Справочник геолога-угольщика. — М.: Недра, 1982. — 311 с.
3. Задорожная Т.А., Сечин А.И., Осипенко С.И., Долдин И.Н., Терехин Д.В., Барский М.С. Некоторые вопросы моделирования зажигания пылевоздушной смеси с целью определения времени индукции процесса/ Ж. Современные наукоемкие технологии. 2012. № 5. С. 32-34.
4. ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов.
5. Сечин А.И., Бошнятов Б.В., Косинцев В.И., Сечин А.А., Лаптев Д.А., Задорожная Т.А. К проблеме разработки комплексных мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности шахтных технологических процессов/ Ж. Современные наукоемкие технологии. 2008. № 4. С. 126-128.

## Секция 6

Медико-биологические аспекты  
техногенного влияния энергетики

УДК 616.23/.24-002.2-008.4:612.21/.26

**Регионарные функции легких при хронической обструктивной болезни легких**  
*Агеева Т.С., Тетенев Ф.Ф., Дубоделова А.В., Левченко А.В., Мишустина Е.Л., Кривоногов Н.Г. \**  
ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия  
\*ФГБУ «Научно-исследовательский институт кардиологии» СО РАМН  
e-mail: ts.ageeva@mail.ru

У 25 пациентов ХОБЛ I-II стадии изучены регионарные функции легких и их значение для диагностики ранних стадий ХОБЛ. При ХОБЛ было обнаружено двустороннее увеличение апикально-базального градиента перфузии и замедление альвеолярно-капиллярной проницаемости по всем регионам легких, а также повышение регионарных значений неэластического сопротивления в нижней и средней зонах правого легкого, что сопровождалось увеличением вентиляции средних зон легких.

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) относится к распространенным заболеваниям и находится на 6 месте среди ведущих причин смерти в мире [1]. В стандартах Европейского респираторного общества подчеркивается, что ХОБЛ диагностируется своевременно лишь в 25% случаев [2]. Особенность клинической картины ХОБЛ заключается в том, что болезнь длительное время протекает без выраженных клинических проявлений, при медленном и неуклонном прогрессировании заболевания [3]. В связи с этим проблема ранней диагностики и своевременной терапии ХОБЛ остается весьма актуальной. Ведущее место в диагностике ХОБЛ и объективной оценке степени тяжести заболевания имеет исследование функции внешнего дыхания. Согласно международным рекомендациям (GOLD, 2003) объединяющий признак всех стадий ХОБЛ – постбронходилатационное снижение соотношения  $ОФВ1/ФЖЕЛ < 70\%$ , характеризующее ограничение экспираторного воздушного потока [1,3]. Однако, существует значительное количество факторов, как вне-, так и внутрилегочных, влияющих на указанные показатели. Поэтому использование функциональных вентиляционных тестов полностью решить проблему ранней диагностики ХОБЛ не может [4,5]. Одним из возможных направлений ранней диагностики ХОБЛ может быть оценка регионарных функций легких с помощью вентиляционно-перфузионной пульмоноскинтиграфии и механики дыхания [6,7].

Цель работы: изучить регионарные функции легких и их значение для диагностики ранних стадий ХОБЛ.

Материал и методы

Вид исследования: проспективное, когортное. Были обследованы 25 пациентов в возрасте 38,4 (31,5-45,3) лет с верифицированным диагнозом ХОБЛ I-II стадии в период ремиссии заболевания. В контрольную группу вошли 20 здоровых добровольцев, возраст которых составил 30,7 (26,2-35,1) лет. Всем обследованным было проведено исследование интегрального и регионарных значений общего неэластического сопротивления легких (ОНСЛ) на вдохе и выдохе. Интегральное ОНСЛ измеряли методом одновременной регистрации транспульмонального давления и спирограммы. При этом ОНСЛ на вдохе (ОНСЛ<sub>вд</sub>) и выдохе (ОНСЛ<sub>выд</sub>) определяли отношением наибольшего значения неэластического компонента транспульмонального давления к средней скорости воздушного потока на вдохе и выдохе. Тканевое неэластическое сопротивление легких (ТНСЛ) определяли методом вычитания бронхиального сопротивления (Raw) из ОНСЛ. Регионарные значения ОНСЛ (регионарные значения ТНСЛ) были исследованы в верхней, средней и нижней зонах легких посредством одновременной регистрации зональных реограмм вентиляции методом Е.А. Фринермана [8] и транспульмонального давления. Регистрацию реограмм вентиляции осуществляли с помощью реографа РПГ4-01. Одновременно регистрировались реограммы с двух симметричных зон обоих легких, синхронно с транспульмональным давлением и спирограммой. Расчет регионарных значений ОНСЛ производился аналогично, как при определении интегрального ОНСЛ, только при этом регионарные реограммы рассматривались как регионарные спирограммы. Графическую регистрацию кривых и расчет показателей интегрального и регионарных ОНСЛ осуществляли с

помощью специальной компьютерной программы [9]. Определение Raw проводили на бодиплетизмографе «Masterlab pro» фирмы «Erich Jaeger» (Германия). Кроме того, пациентам ХОБЛ и лицам контрольной группы была проведена вентиляционно-перфузионная пульмоносцинтиграфия. Первоначально проводили вентиляционную сцинтиграфию легких, затем – перфузионную. В качестве радиофармпрепарата (РФП) для перфузионной пульмоносцинтиграфии использовали макроагрегат альбумина человеческой сыворотки крови, меченный <sup>99m</sup>Технецием – <sup>99m</sup>Тс-Макротех («Диамед», Россия). Вентиляционную пульмоносцинтиграфию проводили непосредственно после ингаляции РФП, приготовленного на основе диэтилентриаминпентаацетата, меченного <sup>99m</sup>Технецием – <sup>99m</sup>Тс-Пентатех («Диамед», Россия). Регистрацию сцинтиграфических изображений проводили в статическом режиме в задне-прямой проекции (POST) на первой минуте после ингаляции РФП, затем – в передне-прямой (ANT) и боковых проекциях (LL 900, RL 900), после чего через 10 и 30 мин после ингаляции РФП пациенту повторно проводили статическую сцинтиграфию легких лишь в задне-прямой проекции. Время экспозиции на каждую проекцию составило 2 мин. После получения сцинтиграфических изображений рассчитывали процент аккумуляции препарата каждым легким в отдельности и определяли интегральные и регионарные величины вентиляционно-перфузионного соотношения (V/Q), альвеолярно-капиллярной проницаемости (АКП) по разработанной нами методике [10]. Сцинтиграфические исследования выполнены на гамма-камере «Омега-500» («Technicare» США-Германия). Регистрацию изображений проводили в матрицу 128×128 специализированного компьютера. Все проводимые исследования были одобрены этическими комитетами ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России и ФГБУ «НИИ кардиологии» СО РАМН. Обработку полученных сцинтиграмм осуществляли при помощи пакета прикладных программ «SCINTI» (НПО «ГЕЛМОС», Россия). Полученные данные подвергались статистической обработке при помощи пакета программ STATISTICA 6 for Windows. Проверку на нормальность распределения признака определяли с помощью W-теста Шапиро-Уилка. Анализ включал расчет квартилей (Me, Q1-Q2) для ненормально и несимметрично распределенных параметров. Поскольку закон распределения большинства исследуемых числовых показателей отличался от нормального, достоверность различия признаков в независимых совокупностях данных определялась при помощи U-критерия Манна-Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании задавался величиной 0,05.

#### Результаты и обсуждение

По результатам выполненной вентиляционно-перфузионной пульмоносцинтиграфии, в контрольной группе накопление как ингалированного, так и перфузируемого РФП в левом легком составило 47,3 (45,0-49,6)% и в правом – 52,7 (49,6-55,8)%. Вентиляционно-перфузионное соотношение для каждого легкого не превышало 1,0 и составило 0,9 (0,9-1,0). Результаты проведенных исследований показали, что проницаемость альвеолярно-капиллярной мембраны была равномерной в обоих легких и на 10-й мин исследования она составила 17,1 (13,3-21,2) %, а на 30-й мин – 37,5 (32,3-42,7) %, соответственно. У пациентов ХОБЛ было усиление перфузии верхних отделов легких, что подтверждало и повышение градиента перфузии. При этом градиент вентиляции и вентиляционно-перфузионное соотношение, как в правом, так и в левом легких не отличались от аналогичных значений у лиц контрольной группы. Величины АКП при ХОБЛ составили в правом легком на 10-й мин исследования 10,5 (10,2-10,9)%, на 30-й мин – 21,4 (19,8-22,9) %, в левом легком на 10-й мин исследования – 11,3 (10,1-12,5) %, на 30-й мин – 23,5 (22,3-24,8) % и были замедлены по сравнению с аналогичными показателями АКП в контрольной группе (p=0,002; 0,001; 0,003 и 0,003). Замедление АКП для РФП при ХОБЛ на ранних стадиях развития свидетельствует о нарушении функционального состояния альвеолярно-капиллярной мембраны, которое, возможно, обусловлено эндотелиальной дисфункцией, поскольку изменения в сосудах легких наблюдаются еще до появления нарушений функции внешнего дыхания и/или редукцией легочной паренхимы с запустеванием капиллярного русла при развивающейся эмфиземе легких, возникающей уже на ранних стадиях развития ХОБЛ [11,12]. Постбронходилатационное соотношение ОФВ1/ФЖЕЛ у пациентов ХОБЛ составило 68,04(63,41-74,43) % должной величины и было повышено по сравнению с исходными значениями ОФВ1/ФЖЕЛ. МОС на уровне 25%, 50%, 75% форсированной жизненной емкости легких выдоха составили: 64,60(59,44-71,75) %, 49,3(45,55-53,09) % и 28,11(25,28-30,93) % должной величины и были снижены по сравнению с аналогичными показателями у лиц контрольной группы (p=0,001, <0,0001 и <0,0001). Показатели общей емкости легких и ее структуры не отличались от аналогичных показателей у лиц контрольной группы. Зарегистрировано повышение Raw на вдохе – 1,24(0,88-1,60) кПа·л<sup>-1</sup>·с и на выдохе – 1,35(0,57-2,13) кПа·л<sup>-1</sup>·с (p=0,006 и 0,001). Анализ ОНСЛ

свидетельствовал о значительном возрастании ОНСЛ на вдохе 0,328(0,239-0,417) кПа·л-1·с и выдохе 0,470(0,375-0,565) кПа·л-1·с ( $p=0,002$  и  $0,006$ ). При этом повышение ОНСЛ происходило за счет его фракций – аэродинамического сопротивления на вдохе 0,213(0,173-0,253) кПа·л-1·с и выдохе 0,251(0,231-0,271) кПа·л-1·с ( $p=0,014$  и  $0,002$ ) и тканевого трения на вдохе 0,155(0,096-0,214) кПа·л-1·с и выдохе 0,306(0,228-0,384) кПа·л-1·с ( $p=0,002$  и  $0,007$ ). Регионарные значения ОНСЛ были повышены на выдохе в средней и нижней зонах правого легкого – 6,42(5,68-7,16) кПа·л-1·с и 9,97(7,85-12,09) кПа·л-1·с ( $p=0,002$  и  $<0,0001$ ), в остальных зонах – соответствовали аналогичным значениям у лиц контрольной группы.

#### Выводы

Таким образом, на ранних стадиях ХОБЛ отмечается замедление регионарных значений альвеолярно-капиллярной проницаемости по всем зонам легких и повышение регионарных значений общего неэластического сопротивления легких только в нижней и средней зонах правого легкого. Выявленные изменения могут быть использованы в качестве дополнительных критериев в диагностике ХОБЛ.

#### Список литературы:

1. Пульмонология. Национальное руководство /под ред. акад. РАМН А.Г. Чучалина. – М. : ГОЭТАР-Медиа, 2013.– 800 с.
2. Авдеев С.Н. Обострение хронической обструктивной болезни легких: современные подходы к диагностике и лечению (обзор) // Терапевтический архив. 2004. № 11. С. 43-50.
3. Аверьянов А.В., Чучалин А.Г., Поливанова А.Э. и др. Фенотипы больных хронической обструктивной болезнью легких // Терапевтический архив. 2009. № 3. С. 9-15.
4. Вострикова Е.А., Багрова Л.О., Осипов А.Г. и др. Чувствительность и специфичность спирометрических показателей при скрининговом исследовании респираторной функции // Пульмонология. 2004. № 5. С. 45-50.
5. Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких: пересмотр 2006 года: пер. с англ. / Всемирная организация здравоохранения (Женева), Национальный институт сердца, легких и крови. М.: Атмосфера, 2007. – 96 с.
6. Рубин М.П. Радионуклидные методы диагностики функциональных нарушений легких в амбулаторных условиях // Терапевтический архив. 2008. № 1. С. 10-16.
7. Агеева Т.С., Тетенев Ф.Ф., Кривоногов Н.Г. и др. Характеристика и природа изменения тканевого эластического сопротивления по регионам легких при внебольничной пневмонии // Сибирский медицинский журнал. 2011. № 4. С. 75-79.
8. Жуковский Л.И., Фринерман Е.А. Исследование функции легких методом зональной реографии // Совет. медицина. 1975. № 8. С. 35-37.
9. Национальное руководство по радионуклидной диагностике / под ред. Ю.Б. Лишманова, В.И. Чернова. – в 2-х т. – Томск : STT, 2010. Т. 2. – 418 с.
10. Лишманов Ю.Б., Кривоногов Н.Г., Агеева Т.С. и др. Сцинтиграфическая характеристика нарушений легочной вентиляции и перфузии у пациентов внебольничными пневмониями // Сибирский медицинский журнал. 2008. № 1 (2). С. 11-15.
11. Гриппи М.А. Патофизиология легких: пер. с англ. / М.А. Гриппи. – М.: Восточная книжная компания, 1997. – 344 с.
12. Philippe A. Grenier Phenotyping of COPD using ct // Торакальная радиология: Международная конференция и школа для врачей (силлабус), 2012. С. 46-52.

УДК 616.8-008.61:616.89-008.47]-053.2:612.821

#### **Влияние хронической патологии ротоглотки у детей на развитие синдрома дефицита внимания/гиперактивности**

**С.В. Самарина, А.П. Помогаева, Т.В. Матковская**

*Сибирский государственный медицинский университет. Детская городская больница №2.*

*E-mail:lanadoc@sibmail.com*

На современном этапе одной из главных задач цивилизованного общества является укрепление здоровья подрастающего поколения [2]. В последние годы выросло число детей, испытывающих трудности при адаптации в дошкольно-школьных учреждениях с наличием в анамнезе различных заболеваний, в том числе синдрома дефицита внимания (СДВГ) [4,5,7]. Существует зависимость заболеваемости и резистентности организма от психоэмоционального состояния и вегетативного тонуса [1,6]. В структуре заболеваемости наряду с изменениями

нервной системы, как итог перенесенного в раннем возрасте перинатального поражения центральной нервной системы, регистрируется соматическая патология в виде хронического аденоидита и тонзиллита, что может в свою очередь отражаться на речевом и когнитивном развитии в рамках нервно-психического развития детей.

Целью исследования является выявление зависимости синдрома дефицита внимания/гиперактивности у детей дошкольного и младшего школьного возраста от хронической патологии ротоглотки.

Материалы и методы. Применялись следующие методы исследования: объективное обследование, консультация невролога, отоларинголога, логопеда, определение нервно-психического развития (НПР), включающего оценку движений общих (ДО), движений руки (ДР), сенсорное развитие (СР), умственное развитие и психику (УР), игры (И), навыки (Н), поведение (П), социальную адаптацию (СА). Проводилось тестирование родителей обследованных детей с использованием опросника J.Swanson, который включает в себя 43 вопроса с характеристикой личностных показателей. По результатам скрининга опросника J.Swanson можно судить о наличии симптомов синдрома дефицита внимания и гиперактивности по шкалам «невнимательность» - INATT, «импульсивность/гиперактивность» - IMP/HYP, «оппозиционные расстройства» - ODD и «невнимательность без гиперактивности» - ADHD.

Всего под наблюдением находилось 112 детей, из них 33 ребенка дошкольного возраста и 79 детей младшего школьного возраста. В группу сравнения вошло 25 детей с лор-патологией (без обострения) в анамнезе и проявлениями СДВГ.

Диагностика СДВГ проводилась по МКБ – 10 и DSM-IV. Имеющиеся в них признаки являлись основными критериями включения пациентов в исследование. Все дети имели нормальный интеллект. Родители детей предъявляли идентичные жалобы на низкую концентрацию внимания и сложности в обучении, особенно у детей группы сравнения.

В анамнезе у детей группы сравнения хроническая лор-патология представлена в 80% случаев хроническим аденоидитом вне обострения и 20% - сочетание хронического аденоидита и тонзиллита вне обострения.

Определение НПР у детей младшего школьного возраста показало изменения СР предметов, не имеющих сходство признака (цвет, форма, размер, число элементов) у 19% детей с хронической патологией лор органов по сравнению с 9% основной группы детей, в умении обобщать предметы - в 28% случаев детей с наличием хронической патологии лор органов не справились с заданием, а в основной группе - 11%. Умение формировать мышление по аналогии отрицательный результат наблюдался в 28% случаев у детей группы сравнения по отношению к 21% детей основной группы. В умении анализа, сравнения, классификации представленного материала у 25% по сравнению с 11,6% детей без лор-патологии. Исследование УР включало показатели математического и логического мышления. При исследовании математических способностей, изменения встречались чаще у детей группы сравнения. У детей дошкольного возраста с хронической лор-патологией так же чаще встречались изменения СР в виде нарушения умения обобщать предметы применительно к наглядному материалу у 28% по сравнению с 9%.

Обобщив результаты определения НПР у исследуемых детей, выявлено из 25 человек группы сравнения - I группу составили 12% детей, II группу -80%, а III группа наблюдалась только в 8 % случаев. Среди 33 детей дошкольного возраста и основной группе - I группа определялась у 67,8% детей, II группа – у 30,3%, а III группа наблюдалась в 1,9 % случаев. Дети младшего школьного возраста имели следующее распределение по группам НПР: I группа у 22,7% детей, II группа наблюдалась у 63,4% детей, III группа определялась в 13,9 % случаев.

Анализ скрининга результатов по опроснику J.Swanson (2000) подтвердил наличие синдрома дефицита внимания/гиперактивности у детей. При заполнении родителями данного опросника, согласно имеющимся индексам подсчета баллов, у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью и без гиперактивности выявлены следующие показатели по шкалам INATT («невнимательность») средний балл был 10,3 у детей группы сравнения, а у детей основной группы - 8,7. ADHD («невнимательность без гиперактивности») средний балл – 10,0 - у детей с лор-патологией и 9,3 – в основной группе. Средний балл IMP/HYP («импульсивность/гиперактивность») – 6,5 – у детей группы сравнения и 5,3 у детей основной группы. Средний балл ODD («оппозиционные расстройства») – 9,3 – у детей основной группы и 10,2 – у детей группы сравнения. Следует отметить, что у детей с невнимательностью в сочетании с гиперактивностью чаще преобладала II группа НПР и менее выражен анализ сравнения и сформированность мышления по аналогии, а так же когнитивные функции при исследовании математического и логического мышления.

При клиническом осмотре отмечалось беспокойное поведение детей, расторможенность, суетливость, рассеянность внимания, а у некоторых присутствовали в поведении элементы шутливости, что характеризует незрелость эмоционально-волевой сферы. Особенно эти признаки ярко были выражены у детей с хронической патологией лор-органов.

Затрудненное носовое дыхание, обусловленное аденоидами несомненно влияет на формирование звуков и развитие речи[3]. Все дети в группе сравнения имели фонематическое нарушение слуха в сочетании с дислалией или дизартрией.

Таким образом, исследуя НПР у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности, обнаружено, что чаще у последних определялись II группа нервно-психического развития, с выявленным торможением словесно-логического, математического и наглядно-образного мышления. В результате исследования выявлено влияние хронической патологии носоглотки у детей на тяжесть СДВГ с превалированием симптомов дефицита внимания, что требует в свою очередь дальнейшее обследование этих детей с консультацией отоларинголога, невролога и дополнительной инструментальной диагностики в сочетании с медико-педагогической коррекцией.

#### Список литературы:

1. Безруких М.М. с соавт./ Возрастная физиология.// М.,- 2002г.- 415С.
2. Баранов А.А./ Оценка здоровья детей и подростков при профилактических осмотрах (руководство для врачей)/ А.А.Баранов, Л.М.Сухарева-М.:Издат.Дом «Династия»,2004-168с.
3. Нарушение звукопроизношения у детей.-СПб.Союз.2005.
4. Политика О.И./ Дети с синдромом дефицита внимания и гиперактивности.// «Речь». С-Пб. – 2006г.- 208С.
5. Сиротюк А.Л. /Синдром дефицита внимания с гиперактивностью.// М.-2005г.-128С.
6. Сиротюк А.Л. /Коррекция обучения и развития школьников.// М.- 2001г.
7. Lou H.C. Etiology and pathogenesis of ADHD: significance of prematurity and perinatal hypoxic-haemodynamic encephalopathy// Acta Paediatr, 1996. 85.P.1266-1271.

УДК 612.21:616.24-002-008.4

#### Работа внутрилегочного источника механической энергии у здоровых лиц и при внебольничной пневмонии

*Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Агеева Т.С., Карзилов А.И.*

*ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Россия, г. Томск  
e-mail: ts.ageeva@mail.ru*

Исследование работы внутрилегочного источника механической энергии посредством прерывания воздушного потока на 0,2 с на вдохе и выдохе в середине дыхательного цикла выявило, что она варьировала от 0 до 0,430 кг·м/мин при внебольничной пневмонии, тогда как у здоровых лиц – от 0,067 до 0,130 кг·м/мин. Природа этих вариаций у здоровых людей и изменения ее степени выраженности при внебольничной пневмонии пока остаются неизвестными.

Изучение и систематизация парадоксальных явлений в механике дыхания позволили сформулировать теорию о механической активности легких [1,2]. Основанием для доказательства механической активности легких было клинко-экспериментальное изучение двух основных парадоксов: деформации плато транспульмонального давления (ТПД) во время прерывания воздушного потока и преобладание амплитуды дыхательных колебаний давления в заклиненном бронхе над величиной амплитуды внутригрудного давления. В изолированных легких парадоксальные явления отсутствовали. Первый парадокс характеризовал интегральную механическую активность легких, второй – механическую активность региона легких с заклиненным бронхом. Развитие теории механической активности легких получило в разработке учения об асинфазном сопротивлении легких как проявлении механической активности легких [3,4], регионарной механической активности легких [5-7], механическом гомеостазисе легких [8] и функциональных изменениях эластического сопротивления легких [9]. Было показано, что степень выраженности деформации плато ТПД лишь отчасти связана с длительностью прерывания воздушного потока, что парадоксальное смещение плато ТПД происходит при кратковременном (на 0,2 с) прерывании воздушного потока, которое при этом у исследуемого не вызывает дыхательного дискомфорта. Так возникла гипотеза о возможности измерения работы

внутрилегочного источника механической энергии при спонтанном дыхании, была разработана методика, позволяющая получить первые результаты измерений [10,11].

Цель исследования: измерить работу внутрилегочного источника механической энергии при спонтанном дыхании у здоровых лиц и в патологических условиях – у пациентов с внебольничной пневмонией (ВП).

Материал и методы

Проведено проспективное когортное исследование, когорта формировалась во время исследования, прослеживалась до его окончания. После подписания информированного согласия в исследование было включено 20 человек: 10 здоровых добровольцев (средний возраст –  $28,7 \pm 1,6$  года) и 10 пациентов с ВП, средний возраст –  $22,3 \pm 2,1$  года. Утром натощак исследуемому лицу через нос в нижнюю треть пищевода вводился специальный зонд с резиновым баллончиком на конце. Исследуемый дышал в пневмотахографическую трубку с прерывателем воздушного потока. Регистрировали ТПД и спирограмму при спонтанном дыхании. В середине дыхательного объема на вдохе и выдохе прерывали воздушный поток клапаном на 0,2 с для определения альвеолярного давления (АД). По общепринятой методике по кривым ТПД и спирограмме строилась дыхательная петля. Внутри дыхательной петли откладывались величины АД, измеренного на вдохе и выдохе. Дыхательная петля ограничивает величины общего неэластического давления на вдохе и выдохе, которые можно рассматривать как АД, осуществляющее поток воздуха на вдохе и выдохе. При кратковременном прерывании воздушного потока АД выглядело в виде фигуры из двух линий, идущих от кривой ТПД к эластической оси легких. В тех случаях, когда фигура АД не достигала эластической оси легких, АД было меньше общего неэластического давления на величину давления, которое затрачивалось на преодоление тканевого трения, и механическая активность внутрилегочного источника механической энергии не выявлялась. Когда АД превышало величину общего неэластического давления на вдохе, выдохе или в обе фазы дыхания, проявлялась активность внутрилегочного источника механической энергии. Эта активность, очевидно, проявляется в течение всего вдоха и выдоха, но максимальная – в середине вдоха и выдоха. Избыточная часть АД на вдохе располагалась выше эластической оси, а на выдохе – ниже эластической оси легких (эффект измерения ТПД). Дополнительную работу дыхания, работу внутрилегочного источника механической энергии определяли с помощью графика, где один катет составлял дыхательный объем, другой катет – сумму избыточного АД на вдохе и выдохе. Площадь треугольника численно была равна работе внутрилегочного источника механической энергии легких. С помощью построения традиционной дыхательной петли определяли общую работу дыхания и ее фракцию, выполняемую дыхательной мускулатурой. Сумма работы внелегочного и внутрилегочного источников механической энергии характеризовала суммарную работу дыхания при спонтанном дыхании за один дыхательный цикл. Работу дыхания рассчитывали за 1 мин, умножая работу за один цикл на количество дыхательных движений за 1 мин [11]. Определяли минутный объем дыхания (МОД, л/мин), общую работу дыхания (ОРД, кг·м/мин), работу внутрилегочного источника механической энергии (Рви), суммарную работу дыхания (Рсум, кг·м/мин), процентное отношение Рви/ОРД, а также Рви/Рсум.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 6 for Windows. Проверку на нормальность распределения признака определяли с помощью W-теста Шапиро-Уилка. Анализ включал расчет квартилей (Me, Q1-Q2) для ненормально и несимметрично распределенных параметров. Поскольку закон распределения большинства исследуемых числовых показателей отличался от нормального, достоверность различия признаков в независимых совокупностях данных определялась при помощи U-критерия Манна-Уитни. Степень взаимосвязи между признаками оценивали, вычисляя коэффициент ранговой корреляции Спирмена (R). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании задавался величиной 0,05.

Все проводимые исследования были одобрены этическим комитетом ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России.

Результаты и обсуждение

Результаты измерения МОД выявили значительные его вариации – от 7,0 до 15,4 л/мин, что, вероятно, было связано с необычностью проведения исследования, включавшего введение зонда и выполнения различных маневров дыхания. В результате не удалось полностью создать условия, близкие к физиологическому спонтанному дыханию. Тем не менее, Рви достаточно отчетливо выявлялась у всех здоровых обследованных лиц и составляла в среднем 29,6 (26,0-34,0) % от суммарной работы дыхания. В группе здоровых лиц величина суммарной работы коррелировала с величиной МОД. У больных ВП вариации МОД были весьма значительными – от

7,0 до 29,8 л/мин. Во всех показателях, кроме ОРД, в среднем не было отмечено существенного статистически значимого различия с показателями у здоровых лиц. Процентное отношение  $R_{ви}$  к  $R_{сум}$  у больных ВП в среднем составило 19,4 (7,0-43,0) %. Тем не менее, обращают на себя внимание значительные вариации индивидуальных значений  $R_{ви}$  – от 0 до 0,430 кг·м/мин в группе больных ВП, тогда как у здоровых людей этот показатель варьировал от 0,067 до 0,130 кг·м/мин. Соответственно у больных ВП процентное отношение  $R_{ви}/ОРД$  варьировало от нуля до 122,9 % и  $R_{ви}/R_{сум}$  – от 0 до 55,1 %. У 2 больных ВП  $R_{ви}$  не выявлялась, а у 2 она была выражена весьма значительно. Величины ОРД и МОД,  $R_{сум}$  и МОД коррелировали достаточно отчетливо ( $r=0,63$  и  $0,68$  при  $p<0,05$  – у здоровых лиц;  $r=0,82$  и  $0,68$  при  $p<0,05$  – у пациентов с ВП).

#### Выводы

До настоящего времени природа различной степени проявления механической активности внутрилегочного источника механической энергии остается неизвестной, как и причина изменения степени выраженности механической активности легких при ВП. Методика измерения работы внутрилегочного источника механической энергии позволяет идентифицировать только избыточную работу в условиях прерывания воздушного потока. При этом она может и повышаться, и понижаться, однако действует постоянно, как при физиологических, так и при патологических условиях. Механическая активность легких, по всей вероятности, является центральным свойством живой системы аппарата внешнего дыхания. Патологические изменения в этой системе, по-видимому, определяют различные формы патологии легких. Поэтому морфофункциональные и клинико-фармакологические исследования этой системы могут открыть не только новые знания [12], но и новые лечебно-диагностические возможности при заболеваниях внутренних органов.

#### Список литературы:

1. Тетенов Ф.Ф. Биомеханика дыхания. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1981. 152 с.
2. Тетенов Ф.Ф. Обструктивная теория нарушения внешнего дыхания. Состояние, перспективы развития // Бюлл. Сибирской медицины. 2005. №4. С. 14-26.
3. Бодрова Т.Н., Карзилов А.И., Тетенов Ф.Ф. Значение системы плевральных листков в механике дыхания // Бюл. эксперим. биол. и мед. 1993. № 1. С. 20-21.
4. Бодрова Т.Н., Тетенов Ф.Ф., Агеева Т.С., Левченко А.В., Ларченко В.В., Даниленко В.Ю., Кашута А.Ю. Структура неэластического сопротивления легких при внебольничных пневмониях // Бюллетень сибирской медицины. 2006. Т. 5, № 3. С. 69-72.
5. Агеева Т.С., Жаворонок Т.В., Тетенов Ф.Ф., Кривоногов Н.Г., Рязанцева Н.В., Завадовская В.Д., Степовая Е.А., Дубоделова А.В., Петина Г.В., Стариков Ю.В., Даниленко В.Ю. Внебольничные пневмонии: клинико-сцинтиграфическая характеристика и окислительный дисбаланс клеток // Клиническая медицина. 2007. № 7. С. 43-48.
6. Агеева Т.С., Тетенов Ф.Ф., Кривоногов Н.Г., Дубоделова А.В., Левченко А.А., Ларченко В.В. Характеристика и природа изменения тканевого неэластического сопротивления по регионам легких при внебольничной пневмонии // Сибирский медицинский журн. (Томск). 2011. Т. 26. № 4. С. 75-79.
7. Тетенов Ф.Ф., Агеева Т.С., Кривоногов Н.Г., Левченко А.В., Кашута А.Ю., Тетенов К.Ф. Общее неэластическое сопротивление легких и проницаемость альвеолярно-капиллярной мембраны при внебольничных пневмониях // Терапевтический архив. 2009. №3. С. 43-47.
8. Карзилов А.И., Тетенов Ф.Ф., Бодрова Т.Н. Оценка влияния механических свойств легких на паттерны и показатели механики их вентиляции при различных биологических состояниях // Бюлл. Сибирской медицины. 2007. № 2. С. 17-25.
9. Тетенов К.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенов Ф.Ф. Механические свойства легких при бронхиальной астме // Тер. архив. 2007. № 3. С. 30-33.
10. Способ определения величины работы дыхания внутрилегочного источника механической энергии при спонтанном дыхании. Тетенов К.Ф., Тетенов Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Левченко А.В., Агеева Т.С., Кашута А.Ю., Карзилов А.И., Ларченко В.В., Якис О.В.: пат. 2364330 Рос. Федерация. № 2008126887/14; заявл. 01.07.08; опубл. 20.08.2009, Бюл. №23. – 7 с.
11. Способ определения величины суммарной работы дыхания внутрилегочного и внелегочного источников механической энергии при спонтанном дыхании. Тетенов К.Ф., Тетенов Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Кашута А.Ю., Левченко А.В., Агеева Т.С., Карзилов А.И., Ларченко В.В., Якис О.В., Калинина О.В.: пат. 2364331 Рос. Федерация. № 2008126889/14; заявл. 01.07.08; опубл. 20.08.09, Бюл. № 23. – 7 с.
12. Тетенов Ф.Ф. Обоснование к новому пониманию физиологии механических движений внутренних органов // Бюлл. Сибирской медицины. 2012. №4. С. 86-92.

УДК 612.216.2:616.24-073.756.8

**Возможности экспираторно-инспираторной компьютерной томографии для характеристики вентиляционной функции легких**

*Якомаскина М.В., Завадовская В.Д., Агеева Т.С., Тетенев Ф.Ф., Мишустина Е.Л.  
ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Россия, г. Томск  
e-mail: ts.ageeva@mail.ru*

С целью определения состояния вентиляционной функции легких у 13 пациентов внебольничной пневмонией была выполнена экспираторно-инспираторная компьютерная томография. Показано негативное влияние бронхолитика на состояние легочной вентиляции у пациентов внебольничной пневмонией, которое проявилось в снижении градиента плотности легочной ткани после бронходилатационного теста.

Внебольничная пневмония (ВП) является одной из актуальных проблем современной медицины в связи с высокой заболеваемостью и смертностью, несмотря на постоянное совершенствование методов ее диагностики и лечения. Исследование вентиляционной функции легких представляет собой один из важных этапов ведения пациентов с ВП в связи с часто регистрируемыми у них значительными нарушениями вентиляционной функции [1,2,3]. Поскольку до сих пор в литературе встречаются рекомендации по использованию бронхолитиков в патогенетической терапии ВП, определенный интерес представляет изучение их влияния на бронхиальную проходимость с использованием денситометрического показателя – градиента плотности (ГП) легких при проведении функциональной экспираторно-инспираторной компьютерной томографии. Возможность использования метода функциональной компьютерной томографии высокого разрешения (КТВР) ранее была показана для оценки бронхиальной проходимости у пациентов ХОБЛ, где было установлено, что величина среднего ГП обоих легких связана со степенью обструктивных нарушений ( $r=-0,67$ ;  $p=0,001$ ), что выражалось в снижении среднего ГП при нарастании обструктивных нарушений и при отсутствии отличий ГП по правому и левому легким ( $p=0,43$ ) [4].

Цель работы: изучить возможности функциональной экспираторно-инспираторной компьютерной томографии для характеристики вентиляционной функции легких при ВП путем определения градиента плотности по пораженному и интактному легкому.

**Материал и методы**

Проведено проспективное когортное исследование, когорта формировалась во время исследования, прослеживалась до его окончания. После подписания информированного согласия выполнено обследование 13 пациентов ВП, средний возраст которых составлял  $38,4 \pm 2,4$  года. Методика экспираторно-инспираторной компьютерной томографии с использованием функциональных проб выполнялась на спиральном компьютерном томографе «Xpress GX» фирмы Toshiba (Япония) в режиме спирального сканирования с толщиной выделяемого слоя 1,5 мм в положении пациента лежа на спине. На уровнях дуги аорты, бифуркации трахеи, на 2 см выше купола диафрагмы в обоих легких и на уровне зоны инфильтрации в пораженном легком определялся ГП, означающий разницу показателей плотности легочной ткани в различные фазы дыхания. Исследование ГП выполнялось до ингаляции бронхолитика и через 15 мин после ингаляции препарата (сальбутамол, 400 мг). Для преодоления объективных трудностей оценки вентиляционной функции при обширных поражениях воспалительной инфильтрацией, была сделана попытка оценивать вентиляцию легких при односторонней локализации пневмонии у больных ВП по состоянию интактного легкого, в котором воспалительной инфильтрации не было, и интактных зон пораженного легкого. Выполненные исследования были одобрены этическим комитетом ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России.

**Результаты и обсуждение**

Среди 13 пациентов ВП у 10 имелась паренхиматозная инфильтрация в виде очаговой (46,1%), полисегментарной пневмонии (30,8%). Сочетание полисегментарной пневмонии и экссудативного плеврита было установлено в 2 наблюдениях. Сочетание очагового уплотнения легкого с нечеткостью стенок сосудов и общим снижением воздушности легочной ткани по типу «матового стекла» было выявлено у 1 больного. У 13 пациентов ВП до приема бронхолитика значения ГП колебались от 43 Нз до 246,2 Нз. Указанные значения явились результатом разницы между относительно низкой плотностью легочной паренхимы в фазу вдоха (-701,0 Нз) и повышением плотности легочной паренхимы в фазу выдоха (-207,4 Нз). Причем, это отмечалось

как в интактном легком, так и в интактных зонах пораженного легкого. По величинам ГП после ингаляции бронхолитика все пациенты были разделены на 2 подгруппы. В 1 подгруппу вошли 9 пациентов с нормальной динамикой среднего ГП: после ингаляции бронхолитика отмечалось повышение его исходных значений в интактных зонах пораженного легкого и в интактном легком от 71,5 Ну и 228 Ну – до 68,2 Ну и 268,2 Ну (после ингаляции бронхолитика). В 1 подгруппе пациентов ВП отмечалась паренхиматозная инфильтрация по типу очаговой (5) и плевропневмонической (3), в 1 наблюдении инфильтрация носила интерстициальный характер. Распространенность воспалительной инфильтрации у этих пациентов была в подавляющем большинстве сегментарной (88,8%) при поражении 1 сегмента (2), 2-х (4) или 3-х (3) сегментов. Во 2 подгруппу вошли 4 пациента, у которых была обнаружена парадоксальная реакция среднего ГП на ингаляцию бронхолитика. Так, в 3 наблюдениях было выявлено снижение ГП в обоих легких, в то время как у всех пациентов инфильтрация локализовалась справа. ГП на стороне поражения составлял 112,9 Ну, 148,2 Ну и 63,1 Ну; после ингаляции бронхолитика отмечалось его снижение до 96 Ну, 134,8 Ну и 56,7 Ну соответственно. В интактных легких: динамика ГП была следующей: до применения бронхолитика значения среднего ГП составляли 128,9 Ну, 147 Ну и 121 Ну. После бронхолитика указанные значения ГП понизились до 104,5 Ну, 108,8 Ну и 73,2 Ну соответственно. В 1 наблюдении на стороне поражения до ингаляции бронхолитика ГП был 88,6 Ну, в то время как в интактном легком – 107,2 Ну. После применения бронхолитика отмечалось снижение ГП на стороне инфильтрации до 70,2 Ну, и повышение ГП до 111,2 Ну в интактном легком. Во 2 подгруппе у всех из 4 пациентов ВП преобладал альвеолярный тип инфильтрации, при этом плевропневмонический тип был у 3 пациентов, очаговый – у 1 пациента. Распространенность воспалительной инфильтрации в данной подгруппе пациентов была обширной применительно к локализации поражения. Тотальное поражение доли было в 4 наблюдениях, причем в 2 случаях инфильтрации сопутствовал экссудативный плеврит.

Таким образом, в обеих подгруппах превалировал альвеолярный тип инфильтрации: в 1 подгруппе – 88,9%; во 2 подгруппе – 100%. Однако, если в 1 подгруппе среди альвеолярного типа ведущее место занимала очаговая инфильтрация (55,5%), то во 2 подгруппе – плевропневмоническая. Кроме того, в 1 подгруппе отмечалась меньшая распространенность инфильтративного поражения по сравнению с тотальным поражением доли или нескольких сегментов во второй подгруппе.

#### Выводы

Выявленная парадоксальная закономерность динамики ГП у пациентов ВП после ингаляций сальбутамола свидетельствует о негативном влиянии бронхолитика на состояние легочной вентиляции, что проявляется в виде снижения показателей ГП после бронходилатационного теста и обосновывает проведение дальнейших исследований.

#### Список литературы:

1. Логвиненко Н.И. Тяжелые пневмонии. Состояние проблемы // Бюллетень СО РАМН. – 2003. – №3. – С. 86-89.
2. Focal airtrapping at expiratory high-resolution CT: comparison with pulmonary function tests / H.-U. Kauczor J. Hast, C.P. Heussel et al. // Eur Radiol.- 2000.- №10.- P. 1539-1546.
3. Айсанов З.Р. Вопросы диагностики респираторной функции при внебольничной пневмонии // Пневмония / Под ред. А.Г. Чучалина, А.И. Синопальникова, Н.Е. Чернеховской. М. : Экономика и информатика, 2002. С. 312-325.
4. Родионова О.В. Инспираторно-экспираторная компьютерная томография высокого разрешения в диагностике хронической обструктивной болезни легких : дис. ... канд. мед. наук. – Томск. 2005. – 112 с.

#### Клиническое значение гиперлептинемии при гипертонической болезни с метаболическим синдромом

*Беспалова И.Д., Калюжнин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцева Ю.А. \*, Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.*  
ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г.Томск

\*МУЗ «Томская центральная районная больница», Россия, г. Томск  
[innadave@mail2000.ru](mailto:innadave@mail2000.ru)

Одним из основных причинных факторов высокой распространенности сердечно-сосудистых заболеваний в мире считают эпидемию метаболического синдрома (МС) –

симптомокомплекса, объединившего в себе модифицируемые факторы риска развития и тяжелого течения ряда социально значимых заболеваний, способствующих также катастрофическому снижению качества жизни (КЖ) трудоспособного населения [1-4].

Признание большинством исследователей абдоминального (центрального) ожирения основным компонентом МС имеет не только большое клиническое значение, но и, подтверждает его ключевую роль в патогенезе заболеваний, объединенных рамками этого симптомокомплекса. По современным представлениям в белой жировой ткани синтезируется большое количество биологически активных веществ, адипокинов, которые попадая в кровь, реализуют свое системное действие. Одним из наиболее изученных специфических для жировой ткани адипокинов, является лептин – гормон, основной эффект которого направлен на подавление аппетита и расход энергии в организме. Известно, что МС и ожирение сопровождаются гиперлептинемией и лептинорезистентностью, при этом доказано участие гиперлептинемии в механизмах инсулинорезистентности и артериальной гипертензии у тучных людей. Однако в клинической практике исследование в сыворотке крови концентрации лептина считают нецелесообразным, что отчасти можно объяснить отсутствием убедительных данных о ее влиянии на КЖ.

Цель исследования: изучение взаимосвязи гиперлептинемии с качеством жизни (КЖ), степенью метаболических нарушений и активностью системного воспаления у больных гипертонической болезнью с МС.

#### Материал и методы

В амбулаторных условиях проведено одномоментное (поперечное) исследование 46 пациентов с ГБ II стадии, АД < 180/110 мм рт. ст. в сочетании с метаболическим синдромом (основная группа), диагностированными согласно рекомендациям Всероссийского научного общества кардиологов [1]. Средний возраст пациентов составил  $54,32 \pm 8,54$  года, длительность артериальной гипертензии (АГ) на момент исследования колебалась от 3 до 24 лет. Абсолютное большинство пациентов представлено женщинами – 36 (78,3%). Группу контроля составили 12 практически здоровых человек, не имеющих признаков МС и сопоставимых по возрастным и гендерным характеристикам с пациентами основной группы. Лиц с симптоматической АГ, с тяжелыми сопутствующими заболеваниями и с заболеваниями воспалительной природы другой локализации в исследование не включали. Все пациенты, включенные в исследование, подписали информированное согласие. Протокол исследования одобрен этическим комитетом ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России (регистрационный № 1707).

Для оценки степени ожирения и характера распределения жира проведены измерения антропометрических параметров: массы тела, роста, окружности талии (ОТ), окружности бедер (ОБ), сагиттального абдоминального диаметра (СД). Также определяли индекс массы тела (ИМТ) и индекс ОТ/БО, объем общей жировой ткани (ООЖТ, л), объем висцеральной жировой ткани (ОВЖТ, л), объем подкожной жировой ткани (ОПЖТ, л). Висцеральный тип ожирения устанавливался при значении ОТ > 80 см для женщин и > 94 см для мужчин, при ОТ/ОБ > 0,9 и сагиттальном абдоминальном диаметре > 25 см [2]. В стандартных условиях измерялось артериальное давление (АД). На автоматическом биохимическом анализаторе АВХ Pentra 400 (Франция) в сыворотке крови, взятой утром натощак, определяли концентрацию глюкозы, общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), липопротеинов низкой и высокой плотности (ЛПНП и ЛПВП), мочевой кислоты (МК), С-реактивного белка (СРБ). Концентрацию фибриногена в крови устанавливали хронометрическим методом по Clauss на коагулометре (ООО «ТЕХНОЛОГИЯ-СТАНДАРТ», Барнаул). Концентрацию лептина, инсулина и неоптерина в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа с помощью наборов ELISA (США). Для диагностики инсулинорезистентности (ИР) использована малая модель гомеостаза (Homeostasis Model Assesment – НОМА). Значения индекса НОМА-IR более 2,77 соответствует ИР. Всем обследуемым проведена оценка КЖ с использованием опросника MOS SF – 36®.

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием пакета программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Количественные данные представлены в виде медианы, 25-го и 75-го процентилей – Me (LQ; UQ), качественные признаки – в виде n, % (число больных с данным признаком, процент от их количества в группе соответственно). Множественные сравнения выполнялись с применением метода Краскела-Уоллиса ANOVA статистики. При так называемом Post-hoc-анализе использовали непараметрический тест Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,016$ . Для оценки статистической взаимосвязи между показателями вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

#### Результаты и обсуждение

Все пациенты в зависимости от уровня лептинемии были разделены на две группы: группу 1 составили пациенты с нормальным уровнем концентрации лептина в сыворотке крови (для женщин  $\leq 27,6$  нг/мл и для мужчин  $\leq 13,8$  нг/мл), группу 2 составили пациенты с выраженной гиперлептинемией ( $>27,6$  нг/мл и  $> 13,8$  нг/мл соответственно). Пациенты обеих групп существенно не различались по возрасту, длительности АГ и по проводимому лечению.

В таблице приведены результаты лабораторных тестов, выполненных в соответствии с протоколом исследования у лиц контрольной группы и вошедших в исследование пациентов. Обращают на себя внимание статистически значимые различия групп 1 и 2 с контрольной группой по абсолютному большинству изучаемых показателей: антропометрическим данным, уровню АД, концентрации в сыворотке крови показателей, характеризующих состояние жирового (ОХС, ЛПНП, ТГ), углеводного (инсулин, НОМА-IR) и пуринового (МК) обмена, а также маркерам системного воспалительного ответа (СРБ, фибриноген, неоптерин). В группах пациентов, выделенных по уровню концентрации лептина в сыворотке крови, также обнаружены статистически значимые различия по ряду показателей – маркеров МС (степени абдоминального ожирения, уровню САД, концентрации инсулина и индексу НОМА-IR, характеризующему степень инсулинорезистентности и концентрации СРБ).

Корреляционный анализ позволил установить ряд положительных статистически значимых взаимосвязей между концентрацией лептина в сыворотке крови и степенью абдоминального ожирения, уровнем САД, выраженностью дислипидемии, инсулинорезистентности и активностью системного воспалительного ответа.

Таблица Сравнительная клиничко-лабораторная характеристика исследуемых групп  
[Me (LQ; UQ)]

Показатели	Группа контроля (n=12)	Группа 1 (n=16)	Группа 2 (n=30)
Масса тела, кг	57 (53; 63)	72,68 (59,05; 81,5)*	94,07(80; 106)*^
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	21,48 (20,55; 21,97)	27,54 (23,25; 30,69)*	34,18 (30,8; 38,4)*^
ОТ, см	72 (68; 75)	91,92 (85,5; 97,5)*	106,18 (96;113)*^
ОБ, см	94 (92; 98)	102,83 (100; 109,5)*	116,73 (110; 121)*^
ОТ/ОБ	0,73 (0,7; 0,82)	0,89 (0,87; 0,92)*	0,92 (0,85; 0,98)*
СД, см	19 (17; 19)	22,83 (20; 25,5)*	27,98 (26,5; 31)*^
ООЖТ, л	7,53 (2,22; 9,4)	18,7 (8,91; 27,03)*	36,66 (25,6; 47,88)*^
ОВЖТ, л	2,39 (0,93; 2,39)	5,19 (3,12; 7,14)*	9,4 (8,4; 11,14)*^
ОПЖТ, л	4,57 (0,17; 7,01)	13,51 (5,43; 19,63)*	27,5 (17,3; 35,48)*^
САД, мм рт. ст.	112 (110; 120)	131 (120; 135)	138 (130; 140)*^
ДАД, мм рт. ст.	80 (70; 80)	78 (70; 80)	84,06 (80; 88)*
Глюкоза, ммоль/л	5,45 (5,13; 5,58)	5,17 (4,7; 5,37)	6,2 (5,1; 6,3)
ОХС, ммоль/л	4,61 (3,62; 4,85)	5,46 (4,09; 6,46)	5,76 (5,15; 6,2)*
ТГ, ммоль/л	0,67 (0,56; 0,86)	1,64 (0,88; 1,78)*	1,91 (1,10; 2,19)*
ЛПНП, ммоль/л	1,97 (1,89; 2,8)	3,67 (2,4; 4,52)*	4,1 (3,2; 4,89)*
ЛПВП, ммоль/л	1,3 (1,25; 1,4)	1,3 (1,09; 1,58)	1,4 (1,18; 1,61)
МК, ммоль/л	204 (178; 242)	258,17 (218,5; 312,5)	282,98 (212; 330)*
Фибриноген, г/л	2,9 (2; 3,1)	3,82 (3,21; 4,5)*	3,62 (3,0; 4,35)*
Неоптерин, моль/л	2,38 (2,12; 2,86)	6,4 (3,79; 6,96)*	6,4 (3,64; 8,15)*
СРБ, мг/л	0 (0; 0,12)	4,27 (0,08; 2,19)*	6,2 (0,91; 8,67)*^
Инсулин, мкМЕД/мл	9,48 (7,4; 11,67)	10,9 (7,34; 13,49)*	19,05 (11,23; 23,23)*^
НОМА-IR	2,2 (1,7; 2,69)	2,5 (1,59; 3,29)*	5,24 (2,54; 6,5)*^

Примечание: Группа 1 – пациенты с нормальной концентрацией лептина, группа 2 – пациенты с гиперлептинемией. \* – различия с группой контроля статистически значимы, ^ - различия с 1-й группой статистически значимы.

Затем анализировались данные опросника MOS SF – 36®. На рисунке представлены результаты оценки КЖ в двух группах пациентов, выделенных по уровню лептинемии, и в группе контроля. Интересным нам кажется факт отсутствия статистически значимых различий между показателями КЖ в группе пациентов с ГБ, имеющих нормальный уровень концентрации лептина в сыворотке крови (группа 1) и в группе контроля, тогда как у больных с гиперлептинемией (группа 2) КЖ было ниже, чем у пациентов 1-й группы и лиц контрольной группы ( $p < 0,016$ ).

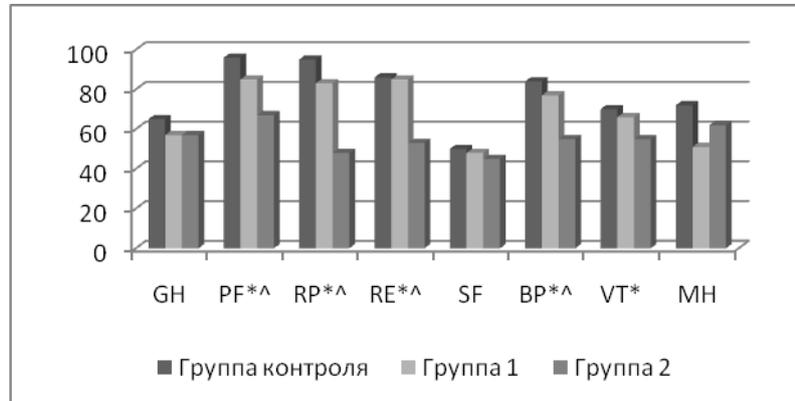


Рис. Сравнительная оценка показателей качества жизни (баллы) пациентов ГБ с МС и разным уровнем лептина в сыворотке крови.

Примечание: \* – различия между 2-ой группой и группой контроля статистически значимы, ^ – различия между 1-й и 2-й группами статистически значимы.

Корреляционный анализ показал наличие обратных статистически значимых взаимосвязей между уровнем лептина и рядом показателей КЖ: физическое функционирование (PF) ( $r = -0,632$ ,  $p < 0,05$ ), влияние физического состояния на ролевое функционирование (RP) ( $r = -0,541$ ,  $p < 0,05$ ), влияние эмоционального состояния на ролевое функционирование (RE) ( $r = -0,434$ ,  $p < 0,05$ ), интенсивность боли, ее влияние на функционирование (BP) ( $r = -0,460$ ,  $p < 0,05$ ) и жизнеспособность (VT) ( $r = -0,393$ ,  $p < 0,05$ ).

#### Заключение

Установлено, что больные ГБ II стадии с МС, имеющие гиперлептинемию, статистически значимо отличаются большей выраженностью как клинико-лабораторных маркеров МС и активностью системного воспалительного ответа, так и более низким уровнем КЖ. Обнаружена статистически значимая обратная взаимосвязь концентрации лептина в сыворотке крови с большинством шкал КЖ (SF-36) пациентов с МС.

Таким образом, гиперлептинемию можно рассматривать не только как показатель, характеризующий функциональное состояние жировой ткани и лежащий в основе развития АГ и других компонентов МС, но и как фактор, влияющий на снижение КЖ.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (номер государственного соглашения: 8601) и Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А).

#### Список литературы:

1. Мычка В.Б., Жернакова Ю.В., Чазова И.Е. Рекомендации экспертов Всероссийского общества кардиологов по диагностике и лечению метаболического синдрома (второй пересмотр). М.: Доктор.Ру, 2010. - 18 с.
2. Беспалова И.Д., Медянцева Ю.А., Калюжин В.В. и др. Качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. - 2012. - Т. 18, № 4. - С. 304-309.
3. Беспалова И.Д., Медянцева Ю.А., Калюжин В.В. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца: взаимосвязь с компонентами метаболического синдрома и маркерами системного воспаления // Бюллетень сибирской медицины, 2012. - №6. - С. 17-20.
4. Калюжин В.В., Тепляков А.Т., Рязанцева Н.В., Беспалова И.Д. и др. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца, ассоциированной с метаболическим синдромом: результаты факторного анализа // Терапевтический архив. -2012. - № 12. - С. 18-22.

**Роль системного воспаления в механизмах метаболического синдрома и снижении качества жизни больных гипертонической болезнью****Беспалова И.Д., Калюжнин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцева Ю.А.\*, Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.**

ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г.Томск

\*МУЗ «Томская центральная районная больница», Россия, г. Томск

[innadave@mail2000.ru](mailto:innadave@mail2000.ru)

Обобщение большого количества новых данных позволило выйти на качественно новый уровень понимания воспаления как универсального патологического процесса, лежащего в основе большого числа заболеваний, в том числе и заболеваний неинфекционной природы, среди которых особый интерес вызывают патологические процессы, объединенные рамками метаболического синдрома (МС).

Хроническое воспаление является одним из наиболее обсуждаемых в последние годы процессов, консолидирующих компоненты МС, которые относят к модифицируемым факторам риска развития и тяжелого течения ряда социально значимых заболеваний, способствующих значительному снижению качества жизни (КЖ) современного человечества [1-7]. Прямая связь выраженности основных клинико-лабораторных проявлений метаболического синдрома, а также риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы и сахарного диабета 2 типа (СД 2) с уровнем маркеров системного воспаления убедительно показана в многочисленных экспериментальных и клинических исследованиях [4, 5]. Этот факт послужил основанием для того, чтобы признать проявления хронического субклинического воспалительного процесса одним из компонентов МС [8]. При этом влияние системного воспаления на КЖ пациентов гипертонической болезнью (ГБ) с МС изучено недостаточно.

Цель исследования: изучить взаимосвязь активности системного воспалительного ответа с КЖ и выраженностью метаболических расстройств у пациентов ГБ с МС.

Материал и методы: В амбулаторных условиях проведено одномоментное (поперечное) исследование 86 пациентов с ГБ II стадии в сочетании с метаболическим синдромом (основная группа), диагностированными согласно рекомендациям Всероссийского научного общества кардиологов [1]. Средний возраст пациентов составил  $55,22 \pm 9,27$  года, длительность АГ на момент исследования колебалась от 3 до 25 лет. Абсолютное большинство пациентов представлено женщинами – 74 (86%). Группу контроля составили 18 практически здоровых человек, не имеющих признаков МС и сопоставимых по демографическим характеристикам с группой пациентов. Лиц с симптоматической АГ, с тяжелыми сопутствующими заболеваниями и с заболеваниями воспалительной природы другой локализации в исследование не включали. Протокол исследования одобрен этическим комитетом ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России (регистрационный № 1707). Для оценки степени ожирения и характера распределения жира проведены измерения антропометрических параметров: массы тела, роста, окружности талии (ОТ), окружности бедер (ОБ), сагиттального абдоминального диаметра (СД). Также определяли индекс массы тела (ИМТ) и индекс ОТ/БО, объем общей жировой ткани (ООЖТ, л), объем висцеральной жировой ткани (ОВЖТ, л), объем подкожной жировой ткани (ОПЖТ, л). Висцеральный тип ожирения устанавливался при значении ОТ > 80 см для женщин и > 94 см для мужчин, при ОТ/ОБ > 0,9 и сагиттальном абдоминальном диаметре > 25 см [1, 3]. В стандартных условиях измерялось артериальное давление (АД). На автоматическом биохимическом анализаторе ABX Pentra 400 (Франция) в сыворотке крови, взятой утром натощак, определяли концентрацию глюкозы, общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), липопротеинов низкой и высокой плотности (ЛПНП и ЛПВП), мочевой кислоты (МК), высокочувствительного С-реактивного белка (вчСРБ). Концентрацию фибриногена в крови устанавливали хронометрическим методом по Clauss на коагулометре (ООО «ТЕХНОЛОГИЯ-СТАНДАРТ», Барнаул). Концентрацию лептина, инсулина и неоптерина в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа с помощью наборов ELISA (США). Для диагностики инсулинорезистентности (ИР) использована малая модель гомеостаза (Homeostasis Model Assesment – НОМА). Значения индекса НОМА-IR более 2,77 соответствует ИР. Всем обследуемым проведена оценка КЖ с использованием опросника MOS SF – 36®.

Статистическая обработка полученных результатов проведена с использованием пакета программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc., USA). Количественные данные представлены в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей – Me (LQ; UQ), качественные признаки – в виде n, % (число больных с данным признаком, процент от их количества в группе соответственно). Множественные сравнения выполнялись с применением метода Краскела-Уоллиса ANOVA

статистики. При так называемом Post-hoc-анализе использовали непараметрический тест Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,016$ . Для оценки статистической взаимосвязи между показателями вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Результаты и обсуждение: Все пациенты в зависимости от степени активности системного воспалительного ответа были разделены на две группы: группу 1 составили пациенты с умеренной активностью системного воспаления (вчСРБ  $< 2,0$  мг/л), группу 2 – пациенты с выраженной активностью системного воспаления (вчСРБ  $\geq 2,0$  мг/л).

В таблице 1 приведены результаты лабораторных тестов, выполненных в соответствии с протоколом исследования у лиц контрольной группы и вошедших в исследование пациентов. Обращают на себя внимание статистически значимые различия основной и контрольной групп по концентрации в сыворотке крови абсолютного большинства показателей, характеризующих состояние жирового (ОХС, ЛПНП, ТГ), углеводного (инсулин, НОМА) и пуринового (МК) обмена, маркерам системного воспалительного ответа (фибриноген, неоптерин), а также по уровню гормона жировой ткани - лептина. Полученные нами результаты, подтверждают участие воспаления и нарушений пуринового обмена в механизмах развития МС и ассоциированных с ним заболеваний [4, 5, 7]. Системная гиперинсулинемия и гиперлептинемия – состояния, также характеризующие МС.

Таблица 1. Сравнительный анализ клинико-лабораторных показателей в группах пациентов разной степенью активности системного воспаления и группы контроля Me (LQ; UQ)

Показатели	Группа контроля (n=18)	Группа 1 (n=40)	Группа 2 (n=46)
Масса тела, кг	58 (53;65)	83 (71,8;90)*	94 (84;110)*^
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	21,5 (20,6;22)	31,2 (28,8;34,9)*	36,8 (30,9;41,4)*^
ОТ, см	72(66;77)	96 (90; 111)*	111 (102;115)*^
ОБ, см	94 (91;99)	110,5 (105,5;117,5)*	120 (111;130)*^
ОТ/ОБ	0,73 (0,7;0,82)	0,89 (0,85;0,95)*	0,91 (0,85;0,96)*
СД, см	20 (17;21)	26 (23;30)*	29 (26;31)*^
ООЖТ, л	7,5 (2,2;9,4)	27,6 (20;32,9)*	36,6 (27,3;48,1)*^
ОВЖТ, л	2,4 (0,9;2,4)	8 (5,3;10,4)*	9,7 (7,5;11,2)*^
ОПЖТ, л	4,6 (0,2;7)	19,7 (16,6;24,5)*	30,4 (22,7;37,8)*^
САД, мм рт. ст.	112 (110;120)	140 (127;141,5)*	140 (130; 156)*
ДАД, мм рт. ст.	75 (70;80)	82 (80;90)*	90 (80;95)*
Глюкоза, ммоль/л	5,5 (5,1;5,6)	5,2 (4,7;5,9)	5,7 (5,2;6,9)
ОХС, ммоль/л	4,6 (3,6;4,9)	5,3 (4,6;6)*	5,8 (4,9;6,2)*
ТГ, ммоль/л	0,7 (0,6;0,9)	1,3 (1;1,8)*	1,7 (1,1;2,2)*
ЛПНП, ммоль/л	2 (1,9;2,8)	3,6 (2,8;4,6)*	3,8 (3,2;4,5)*
ЛПВП, ммоль/л	1,3 (1,3;1,4)	1,4 (1,2;1,6)	1,3 (1,1;1,6)
МК, ммоль/л	204 (78;242)	259 (221;321)*	267 (216;348)*
Фибриноген, г/л	2,9 (2;3,1)	3,5 (2,7;4,3)*	3,6 (3;4)*
Неоптерин, нмоль/л	2,4 (2,1;2,9)	3,6 (2,5;4,5)*	5,4 (2,4;8)*^
Лептин, нг/мл	12 (6;16,6)	23,6 (8;43,5)*	43,3 (12,4;81)*^
Инсулин, мкМЕД/мл	9,5 (7,4;11,7)	12,5 (8,4;16,6)*	17,7 (11,4;23,8)*^
НОМА-IR	2,2 (1,7;2,9)	2,8 (1,8;4,1)*	4,3 (3,7;5)*^

Примечание: \* – различия с группой контроля статистически значимы, ^ - различия с группой 1 статистически значимы.

Результаты оценки КЖ в двух группах пациентов, выделенных в зависимости от степени активности системного воспалительного ответа, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Качество жизни пациентов (баллы) ГБ с МС с разной степенью активности системного воспаления и группы контроля Me (LQ; UQ)

Показатели	Группа контроля (n=18)	Группа 1 (n=40)	Группа 2 (n=46)
GH	67 (62;82)	62 (45;77)	60 (37,5;62)^
PF	95 (95;100)	85 (65;90)*	90 (42,5;90)*
RP	100 (50;100)	75 (50;100)*	75 (0;100)*^
RE	100 (67;100)	67 (34;100)	67 (0;100)^
SF	50 (38;50)	50 (38;50)	50 (38;50)
BP	84 (72;100)	62 (41;100)*	74 (41;73)*
VT	70 (65;75)	65 (45;75)*	60 (35;65)*^
MH	72 (68;80)	64 (56;80)	56 (46;68)

Примечание: \* – различия с группой контроля статистически значимы, ^ - различия с 1-й группой статистически значимы.

Обращает на себя внимание то, что медианы значений по всем шкалам опросника (SF – 36®) у пациентов ГБ с МС ниже, чем в группе контроля. Однако статистически значимые отличия обнаружены лишь по шкале физического функционирования (PF), влияние физического состояния на ролевое функционирование (RP), интенсивности боли (BP) и жизнеспособности (VT).

Сравнение показателей КЖ в группах пациентов с различной степенью активности системного воспаления позволило обнаружить статистически значимые различия по следующим шкалам опросника (SF – 36®): общему состоянию здоровья (GH), влиянию физического состояния на ролевое функционирование (RP), влиянию эмоционального состояния на ролевое функционирование (RE) и жизнеспособности (VT). При этом КЖ у пациентов 2-й группы было ниже.

На следующем этапе исследования проводили построение корреляционной матрицы, которая включала показатели КЖ по восьми шкалам (SF – 36®) и все перечисленные выше клинико-лабораторные параметры. Нами были установлены отрицательные корреляционные взаимосвязи показателей КЖ не только со всеми компонентами МС (степень абдоминального ожирения, уровень АД, выраженность триглицеридемии и гипергликемии), но также с концентрацией в сыворотке крови инсулина, лептина и маркеров системного воспаления (СРБ, фибриноген и неоптерин). Из всех шкал КЖ наиболее сильные взаимосвязи с максимальным числом изучаемых нами клинико-лабораторных показателей, имеет физическое функционирование (PF). И всех лабораторных показателей именно универсальный маркер воспаления - вчСРБ взаимосвязан практически со всеми шкалами КЖ опросника SF-36® за исключением социального функционирования. (SF).

Принимая во внимание мнение многих авторов о том, что системное воспаление лежит в основе патогенеза заболеваний, ассоциированных с МС и определяет высокий коронарный риск [5, 8], его контроль и разработка методов медикаментозной коррекции должны стать приоритетным направлением медицинских исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (номер государственного соглашения: 8601) и Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А).

#### Список литературы:

1. Мычка В.Б., Жернакова Ю.В., Чазова И.Е. Рекомендации экспертов Всероссийского общества кардиологов по диагностике и лечению метаболического синдрома (второй пересмотр). М.: Доктор.Ру, 2010. - 18 с.
2. Potenza M.V., Mechanick J.I. The metabolic syndrome: definition, global impact, and pathophysiology // Nutr. Clin. Pract. - 2009. - V. 24(5). - P. 560-577.
3. Беспалова И.Д., Медянец Ю.А., Калюжин В.В. и др. Качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. - 2012. - Т. 18, № 4. - С. 304-309.
4. Беспалова И.Д., Медянец Ю.А., Калюжин В.В. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца: взаимосвязь с компонентами метаболического синдрома и маркерами системного воспаления // Бюллетень сибирской медицины. - 2012. - № 6. - С. 17-20.

5. Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Калюжин В.В. и др. Системное воспаление в патогенезе метаболического синдрома и ассоциированных с ним заболеваний // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). - 2013. - № 2. - С. 5-9.
6. Калюжин В.В., Тепляков А.Т., Рязанцева Н.В., Беспалова И.Д. и др. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца, ассоциированной с метаболическим синдромом: результаты факторного анализа // Терапевтический архив. -2012. - № 12. - С. 18-22.
7. Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Медянцев Ю.А. Бессимптомная гиперурикемия как компонент метаболического синдрома // Бюллетень сибирской медицины. - 2012. - №3. - С. 14-18.
8. Festa A., D'Agostino Jr. R., Howard G. et al. Chronic subclinical inflammation as part of the insulin resistance syndrome: the Insulin Resistance Atherosclerosis Study (IRAS) // Circulation. - 2000. № 102. - P. 42–47.

#### Противовоспалительный эффект статинов при метаболическом синдроме

*Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцев Ю.А. \*, Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.*

*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г.Томск*

*\*МУЗ «Томская центральная районная больница», Россия, г. Томск*

[innadave@mail2000.ru](mailto:innadave@mail2000.ru)

В механизмах прогрессирования сосудистых и органных нарушений при МС и ассоциированных с ним заболеваний существенную роль играет воспаление. В исследованиях на популяционном уровне продемонстрирована статически значимая взаимосвязь между маркерами системного воспаления в сыворотке крови (белками острой фазы и рядом провоспалительных цитокинов) и компонентами МС [1, 2].

В связи с этим ингибирование продукции цитокинов рассматривается как один из возможных подходов к лечению МС и ассоциированных с ним заболеваний.

Открытие противовоспалительных и иммуномодулирующих свойств ингибиторов 3-гидрокси-3-метилглутарил-коэнзим А-редуктазы (статинов), группы препаратов, рекомендованных пациентам с заболеваниями, ассоциированными с МС для коррекции дислипидемии, имеет большое значение для клинической медицины [1]. При этом механизм их противовоспалительного действия изучен не достаточно.

Цель настоящего исследования: изучение влияния 8-недельной терапии аторвастатином на уровень спонтанной продукции цитокинов мононуклеарными лейкоцитами крови при метаболическом синдроме.

#### Материал и методы

В 8-недельное открытое неконтролируемое исследование включили 36 пациентов с гипертонической болезнью (ГБ) II стадии (АД<180/100 мм рт. ст.), ассоциированной с МС. Из них абсолютное большинство представлено женщинами (77,7%; n=28). Средний возраст пациентов - 53,8±8,8 года. МС устанавливался на основании рекомендаций Всероссийского научного общества кардиологов. Для этого определялся необходимый спектр клинических, лабораторных и инструментальных показателей, предусмотренный для пациентов такого профиля [4].

Всем больным после предварительного исследования назначался аторвастатин (липримар® – Pfizer Inc., Нью-Йорк, США) в индивидуально подобранной дозе (от 20 до 40 мг в сутки), достаточной для достижения целевого уровня липидов крови, определяемого исходя из категории общего сердечно-сосудистого риска. Клиническое и лабораторное исследование пациентов проводили дважды по специально разработанному протоколу (одобрен этическим комитетом ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России» - регистрационный № 1707): до и после 8-недельной терапии аторвастатином.

В исследование не включали лиц с симптоматической артериальной гипертензией, с тяжелыми сопутствующими заболеваниями и с заболеваниями воспалительной природы другой локализации в исследование не включали. Все лица, принявшие участие в исследовании подписали информированное согласие. Оценка безопасности лечения помимо клинического обследования включала определение в сыворотке крови активность трансаминаз и креатинфосфокиназы (КФК).

Концентрацию С-реактивного белка (СРБ) в сыворотке крови определяли иммунотурбидиметрическим методом на автоматическом биохимическом анализаторе АВХ Pentra 400 (Франция), фибриногена - хронометрическим методом по Clauss на коагулометре (ООО «ТЕХНОЛОГИЯ-СТАНДАРТ», Барнаул). Концентрацию лептина, инсулина и неоптерина в

сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа с помощью наборов ELISA (Канада, США, Германия соответственно). Для диагностики инсулинорезистентности (ИР) использована малая модель гомеостаза (Homeostasis Model Assesment – HOMA).

Мононуклеарные лейкоциты выделяли в стерильных условиях из сыворотки крови методом градиентного центрифугирования с использованием Ficoll-Paque («Pharmacia», Швеция) ( $\rho=1,077$  г/см<sup>3</sup>). Затем их культивировали в полной культуральной среде (90% RPMI-1640 («Вектор-Бест», Новосибирск), 10% инактивированной эмбриональной телячьей сыворотки («Биолот», Санкт-Петербург), 0,3 мг/мл L-глутамин) при температуре 37<sup>0</sup>C и 5% CO<sub>2</sub> в течение суток. Концентрацию цитокинов IL-1 $\beta$ , IL-2, IL-4, IL-6, IL-8, IL-10, TNF $\alpha$ , INF $\gamma$  и MCP1 определяли в супернатантах культур мононуклеарных лейкоцитов методом ELISA с использованием реагентов фирмы «Вектор-Бест» в соответствии с инструкциями производителя.

Статистическая обработка полученных данных производилась с применением пакета программ STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc., USA). Качественные признаки представлены в виде n, % (число больных с данным признаком, процент от их количества в группе соответственно), количественные данные - в виде среднего (M) и стандартного отклонения (SD) и в виде медианы, 25-го и 75-го перцентилей – Me (LQ; UQ) при отсутствии нормального распределения переменных. Проверка нормальности распределения производилась методом Шапиро-Уилка. В связи с отсутствием нормального распределения статистическую значимость различий между зависимыми переменными оценивали с помощью W-теста Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия при  $p<0,05$ . Силу связи между изучаемыми количественными показателями и ее направленность выражали через коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r).

#### Результаты и обсуждение

Основным эффектом в фармакодинамике аторвастатина считают его гиполипидемическое действие, проявляющееся в снижении содержания в сыворотке крови атерогенных фракций холестерина. В данном исследовании об эффективности проведенного лечения можно судить на основании статистически и клинически значимого уменьшения концентраций в сыворотке крови общего холестерина (ОХС), триацилглицеролов (ТАГ) и ЛПНП (на 16, 15 и 34,2 % соответственно,  $p<0,05$ ). О безопасности данной терапии свидетельствует динамика концентраций в сыворотке крови глюкозы, трансаминаз и КФК. Из перечисленных показателей только концентрация аланинаминотрансферазы имела статистически значимое увеличение, однако медиана и верхний квартиль концентрации этого показателя не превышали нормальных значений. Лечение переносилось хорошо, ни у одного пациента не возникло нежелательных эффектов, вызванных приемом препарата [5].

Динамика уровня спонтанной продукции про- и противовоспалительных цитокинов и концентраций в сыворотке крови белков острой фазы в ходе 8-недельной терапии аторвастатином представлена в таблице.

Из таблицы видно, что у пациентов с МС уровень спонтанной продукции ряда провоспалительных цитокинов (IL-1 $\beta$ , IL-6, IFN- $\gamma$ , MCP-1) и противовоспалительного IL-10, выше нормальных значений, предлагаемых ЗАО «ВекторБест». Это согласуется с положением, активно обсуждаемым в настоящее время в литературе, о роли хронического субклинического воспаления в патогенезе МС [2]. Повышение концентрации IL-10 может быть компенсаторным и свидетельствует о резервных возможностях иммунной системы.

Статистически значимое снижение на фоне лечения концентраций в сыворотке крови вЧСРБ, неоптерина и цитокинов в супернатантах мононуклеарных лейкоцитов (IL-1 $\beta$ , IL-6 и TNF- $\alpha$ ) – имеющих наибольшее значение в патогенезе МС (по данным литературы), свидетельствуют о противовоспалительном эффекте проводимой терапии.

Обращает на себя внимание уменьшение на фоне лечения концентрации в сыворотке крови гормона жировой ткани лептина. Динамика концентрации лептина под влиянием лечения аторвастатином нами приведена не случайно. Хорошо известно о взаимосвязи этого адипокина с маркерами системного воспаления, которую объясняют свойством лептина стимулировать клеточный иммунитет и влиять на продукцию провоспалительных цитокинов.

Для установления взаимосвязи уровня спонтанной продукции изучаемых нами цитокинов и концентрации белков острой фазы в сыворотке крови проведен корреляционный анализ, который установил положительную взаимосвязь уровня продукции IL-1 $\beta$  с вЧСРБ ( $r=0,381$ ;  $p<0,05$ ), IL-2 с фибриногеном ( $r=0,319$ ;  $p<0,05$ ), IL-6 с вЧСРБ ( $r=0,320$ ;  $p<0,05$ ) и фибриногеном ( $r=0,290$ ;  $p<0,05$ ), TNF- $\alpha$  с концентрацией всех оцениваемых белков острой фазы: вЧСРБ ( $r=0,277$ ;  $p<0,05$ ), фибриногеном ( $r=0,408$ ;  $p<0,05$ ) и неоптеринном ( $r=0,339$ ;  $p<0,05$ ), а также с лептином ( $r=0,386$ ;  $p<0,05$ ), MCP-1 с вЧСРБ ( $r=0,367$ ;  $p<0,05$ ).

Таблица Динамика уровня спонтанной продукции цитокинов мононуклеарными лейкоцитами крови и концентрации белков острой фазы в сыворотке крови пациентов с метаболическим синдромом на фоне 8-недельной терапии аторвастатином  
(Me (LQ; UQ))

Показатели	До лечения	После лечения	P
IL-1 $\beta$ (пг/мл)	129,4 (97,52;186,2)	69,54 (44,78;129,8)	0,00509
IL-2 (пг/мл)	0,8 (0;1,99)	0,4 (0;1,33)	0,42843
IL-4 (пг/мл)	1,41 (0,59;2,79)	1,78 (1,11;3,13)	0,89586
IL-6 (пг/мл)	350,2 (290,6;370,1)	329,7 (135,4;352,6)	0,05128
IL-8 (пг/мл)	262,1 (240,2;298,6)	257,9 (240,6;277,2)	0,34629
IL-10 (пг/мл)	34,33 (7,59;88,1)	51,17 (25,33;76,02)	0,49791
IFN- $\gamma$ (пг/мл)	10,67 (6,93;14,93)	8,8 (1,6;13,33)	0,22041
TNF- $\alpha$ (пг/мл)	59,46 (20,49;119,5)	32,69 (15,91;54,46)	0,00105
MCP-1 (пг/мл)	1963 (989,5;2231)	1708 (657,8;2132)	0,13973
вчСРБ, мг/л	2,35 (0,45;7,05)	1,38 (0,31;4,18)	0,00000
Фибриноген, г/л	3,4 (2,94;3,81)	3,37 (3;3,9)	0,79386
Неоптерин, нмоль/л	3,82 (2,82;6,97)	3,4 (2,86;4,84)	0,00007
Лептин, нг/мл	44,38 (16,6;82,92)	38,47 (22,19;68,05)	0,00011

Примечание: P – статистическая значимость динамики показателя; вчСРБ – высокочувствительный С-реактивный белок.

Результаты многочисленных контролируемых клинических исследований с использованием статинов свидетельствуют о том, что эти лекарственные средства, оказывая гиполипидемическое действие, снижают сердечно-сосудистую и общую смертность, улучшают КЖ и прогноз больных с высоким коронарным риском [5]. Противовоспалительный эффект статинов изучался в многоцентровых контролируемых клинических исследованиях, главным образом, по динамике СРБ и обнаруживал себя даже при непродолжительном лечении, что согласуется с полученными нами результатами [6]. При этом работ по изучению влияния статинов на спонтанную продукцию цитокинов и АФК мононуклеарными лейкоцитами крови очень мало.

Установленные нами положительные взаимосвязи концентрации в крови белков острой фазы и уровнем спонтанной продукции цитокинов мононуклеарными лейкоцитами, а также данные литературы, позволяют считать, что в основе противовоспалительного действия статинов лежит с одной стороны, их способность непосредственно благотворно влиять на функциональное состояние мононуклеарных лейкоцитов, уменьшая продукцию в них металлопротеиназ и провоспалительных цитокинов и АФК, которые являются основным стимулятором синтеза белков острой фазы печени. С другой стороны, этот эффект достигается опосредованно через уменьшение синтеза лептина и снижения его влияния на клеточный иммунитет и на продукцию цитокинов иммунокомпетентными клетками. И, наконец, противовоспалительный эффект может быть связан с основным гиполипидемическим действием этой группы препаратов, поскольку известно, что окисленные ЛПНП, связываясь с иммунокомпетентными клетками стимулируют продукцию ими цитокинов.

Таким образом, 8-недельная терапия аторвастатином пациентов с гипертонической болезнью II стадии в сочетании с МС в индивидуально подобранных дозах (от 20 до 40 мг/сутки) не только способствует статистически значимому снижению атерогенных фракций холестерина и является безопасной, но и способствует уменьшению концентрации белков острой фазы в сыворотке крови и уменьшению спонтанной продукции мононуклеарными лейкоцитами крови ряда провоспалительных цитокинов.

Полученные нами данные о повышении уровня спонтанной продукции про- и противовоспалительных цитокинов мононуклеарными лейкоцитами при МС и уменьшении ее на

фоне 8-недельной терапии аторвастатином могут лечь в основу разработки критериев эффективности противовоспалительного лечения для пациентов с МС и стать основанием для расширения показаний к назначению статинов данной категории пациентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства здравоохранения и науки в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (соглашение № 8601) и Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А).

#### Список литературы:

1. Беспалова И.Д., Медянец Ю.А., Калюжин В.В. Качество жизни больных ишемической болезнью сердца: взаимосвязь с компонентами метаболического синдрома и маркерами системного воспаления // Бюллетень сибирской медицины, 2012. - № 6. - С. 17-20.
2. Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Калюжин В.В., Афанасьева Д.С., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Системное воспаление в патогенезе метаболического синдрома и ассоциированных с ним заболеваний // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). - 2013. - № 2. - С. 5-9.
3. Атрощенко Е.С. Плейотропные эффекты статинов: новый аспект действия ГМК - КоА-редуктазы // Медицинские новости. - 2004. - № 3. - С. 59-66.
4. Мычка В.Б., Жернакова Ю.В., Чазова И.Е. Рекомендации экспертов Всероссийского общества кардиологов по диагностике и лечению метаболического синдрома (второй пересмотр). М.: Доктор.Ру, 2010. - 18 с.
5. Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Рязанцева Н.В., Медянец Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. Влияние 8-недельной терапии аторвастатином на качество жизни больных гипертонической болезнью с метаболическим синдромом // Артериальная гипертензия. – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 125-131.
6. Gupta A., Badyal D.K., Khosla P.P., Uppal V., Jaison T.M., Chopra S. Effect of atorvastatin on hs- CRP in acute coronary syndrome. Br. J. Clin. Pharmacol., 2008, Vol. 66, no. 3, pp. 411–413.

#### Инфекционная теория атеросклероза

*В.Т.Волков, Н.Н.Волкова*

*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г. Томск,*

*e-mail:vt\_volkov@rambler.ru*

В статье авторы обсуждают результаты собственных исследований и многочисленных сообщений зарубежных ученых о причастности активной роли нанобактерии в формировании атероматозных бляшек и атероматозе. Инфекционная нанобактериальная природа атеросклероза четко доказана исследователями крупнейших научных центров США и Европы, Канады, Финляндии (NASA, Клиника Мейо, Гарвардский университет, Купио и др.). В 2002 году на международном конгрессе в Вашингтоне виднейшими кардиологами мира признана инфекционная природа атеросклероза с участием нанобактерии и ее консервативного лечения.

С тех пор как Н.Н. Аничков в начале прошлого столетия в 1912 году, скармливая чудовищные дозы холестерина вегетарианцам - кроликам холестеринотворная теория прочно закрепилась в сознании многих исследователей и широкой армии врачей, сохранив эти позиции в России, и в наши дни.

Атеросклероз в нашей стране рассматривается традиционно как воспалительное заболевание, возникающее вследствие нарушения липидного метаболизма внутри артериальной стенки с ее уплотнением.

Однако правоммерным представляется предположение, что микробная инфекция тоже вносит свой вклад в воспаление сосудов и прогрессирование болезни и увеличивает риск кардиоваскулярных расстройств при присоединении инфекции и формирование атеросклероза подобного рода выводы ни в коей мере не противоречит глубокому убеждению Рудольфа Вирхова, не признающего авторитетов и блестящего авторитета и клинициста Великобритании Уильяма Ослера, что атеросклероз является инфекционным заболеванием. Открытие в области холестерина, холестериновых бляшек в качестве причины атеросклероза (уплотнение артерий) пока не проливает ясность в интимные механизмы самой инфильтрации сосудистой стенки холестерином и кальцификации атеросклеротических бляшек, по мнению Стефана Синатры (2002). Согласно его мнению холестеринотворная теория Н.Н. Аничкова (1912) не в состоянии объяснить случаи явного атеросклероза, и не дает оснований считать не холестеринотворную теорию атеросклероза в качестве универсальной теории поражения сосудов. В подтверждении сказанного

представляет особый интерес экспериментальные модели развития выраженного атеросклероза у тех же вегетарианцев-кроликов, получивших обычную пищу, лишенную холестерина (капуста, морковь и др.) в условиях экспериментального стресса (шумовой эффект, нарушение приема пищи, световой дискомфорт и др.). Эти морфологические данные смертельного атеросклероза коронарных артерий у кроликов на беспуриновой диете противопоставил идеям Н.Н. Аничкова наш Томский ученый Д.А. Грацианов (1978).

Самым сложным механизмом в атерогенезе оказался механизм кальцинации артериальной стенки и бляшек, который увеличивается с возрастом и является «сильным предиктором» сердечно - сосудистой митральности и, вообще, общей смертности. Существуют разные гипотезы сосудистого кальциноза - одни говорят, что кристаллические депозиты возникают в стареющих клетках, другие, что ядра аморфного гидроксил - апатита возникают на фосфолипидах и протиогликанах. Третьи – что внутриклеточные щелочные фосфаты связаны с их локальной концентрацией, четвертые - что гладкомышечные клетки подвергаются формированию кости.

Однако на стыке 20 и 21 веков произошло, по мнению NASA сенсационное событие - открытие нового патогена и нового фактора экологии окружающей среды, человека и животных- нанобактерии, причастной к широчайшему спектру болезней человека и животных, начиная от атеросклероза до нанобактериальной природы новообразований. Согласно данным финских исследователей во главе с E. Kajander (1998) открытие каменной болезни, особой формы хламидий, способной к осаждению кальция приблизило нас к пониманию участия этой формы хламидии к формированию атеросклероза. Интимный механизм причастности нанобактерии к атерогенезу по данным финских исследователей (Kajander E.O. et al 1998) признано во всем мире. Однако вернемся с Вами к потрясающим результатам исследования чешского профессора Ф. Блага – узника в лагере Дахау, с 1941 года он был назначен гитлеровцами производить вскрытие 10.000 трупов. Все трупы имели внешние данные «голодной смерти». Все они перенесли комплекс тяжелых нервно-психических травм (синдром концентрационного лагеря). Пониженное питание сопровождалось гипопроотеинемией. Весь рацион питания узников Дахау состоял из кормовой брюквы, морковного супа и кусочка ржаного хлеба, содержащих 1000 калорий при полном отсутствии холестерина. В конечной стадии болезни люди представляли скелеты, обтянутые высохшей серой кожей с резко выраженной атрофией мышц и практически отсутствием признаков и намеков на ожирение. Смерть узников наступала от печеночной комы и выраженной гипогликемии. Далее Ф. Блага отмечает: «При вскрытии трупов людей, которые в течение пребывания в Дахау имели половину первоначального веса, были выявлены особенно далеко зашедшие склеротические изменения сосудов в виде отложения в интимае так и в виде обызвествления на клапанах и миокарде». Максимум изменений обычно отмечалось в аорте, в венечных сосудах, бедренных артериях. Склеротические обызвествленные бляшки с очагами некроза поражали подключичные и сонные артерии, так же как сосуды брюшной полости и нижних конечностей. Сердца трупов у лиц с пониженным питанием были резко атрофичны. Атрофия сердечной мускулатуры у большинства сочеталась со значительным понижением артериального давления особенно диастолического. Распространенный атеросклероз сосудов определялся даже у лиц 17-30 лет с выраженной липоидной инфильтрацией внутренней оболочки больших сосудов. Следует отметить, что И.Е. Давыдовский, крупнейший авторитет в области морфологии, концепцию гиперхолестериновой природы атеросклероза Н.Н. Аничкова не разделял. Он писал: «Итак, концепция патогенеза атеросклероза человека, основана на искусственной, как бы метафизической модели алиментарного холестерина отравления кроликов-вегетарианцев должна быть отвергнута». Исследования, проведенные профессором Сибирского государственного медицинского университета Д.А. Грациановым, позволили воспроизвести экспериментально выраженный атеросклероз венечных сосудов, повлекший к гибели животных в условиях стресса и безхолестериновой диеты, что в большей мере приближает патологию животных к человеку и явно противоречит холестериновой теории Н. Аничкова, выражает большие сомнения в широкой пропаганде использования дорогостоящих препаратов, направленных на профилактику и лечение атеросклероза, как, впрочем, и диагностику уровня холестерина в крови, нарушение липидного обмена являющихся непременным атрибутом биохимических тестов на уровне поликлиник, клиник и других лечебных учреждений России, научных центров кардиологического профиля. Напрашивается закономерно вопрос в связи с исследованиями Томского ученого Д.А. Грацианова создавшего экспериментальную модель выраженного атеросклероза коронарных артерий у кроликов при отсутствии в их рационе холестерина и как теперь расценивать факторы риска развития атеросклероза у пациентов в соответствии с выводами чешского профессора Ф. Блага аутопсии 10.000 узников Дахау, у

которых напрочь отсутствовали ожирение, артериальная гипертензия, прием алкоголя на фоне низкокалорийной диеты, напрочь лишённой холестерина, что соответствует экспериментальным моделям Д.А. Грацианова (1978). Коснемся еще одной щепетильной проблемы, в которой крупные отечественные исследователи Г.Ф. Ланг и И.В. Давыдовский (1961) придерживались мнения о ясной патогенетической связи атеросклероза и гипертонической болезни. Однако известный российский кардиолог Е.Е. Гогин в своей монографии: «Гипертоническая болезнь» (1997) высказывает мнение, что гипертоническая болезнь и в наши дни остается неопределёвшейся из распространенных болезней века. Очевидно, что не менее прав в этом направлении и другой не менее известный отечественный исследователь Б.И. Шулуток (2001) написавший в своей монографии: «Артериальная гипертензия», что: «Традиционное мышление-очень важный в развитии исследователей фактор в науке, однако, не стоит отказываться от вечной истины, что ошибочные высказывания корифеев могут на долгие годы затормозить процесс. Подтверждением этих размышлений и откровенных высказываний являются работы ряда исследователей, которые отделяют атеросклероз от возрастных дегенеративных изменений сосудов. Особого внимания заслуживают выводы Томского ученого А.И. Осипова (2010), который на основании собственных исследований подтвердил теорию Блага о связи первичного поражения эластической ткани стенок артерий в развитии атеросклероза и приводит при отсутствии эластазы к отложению липидов в местах некроза эластической ткани. Согласно мнению А.И. Осипова (2010) с возрастом у здоровых людей объем восходящей части аорты и дуга аорты увеличивается в 4 раза (в среднем с 11 мл в 18 лет до 44 мл в 65 лет). По мнению автора в науке возникла странная ситуация в вопросах о связи атеросклероза и гипертонической болезни. В этиологии атеросклероза господствует точка зрения, что атеросклероз-заболевание многогранное, а в причине гипертонической болезни имеет место длительное психоэмоциональное перенапряжение, Г.Ф. Ланг считал, что атеросклероз аорты является осложнением артериальной гипертензии, такого же мнения придерживались И.В. Давыдовский и А.Л. Мясников (1961). Однако согласно выводам Томского ученого А.И. Осипова (2010) склероз и эластическая недостаточность восходящего отдела аорты являются основной причиной гипертонической болезни так как для адекватного кровоснабжения сердца во время диастолы организма вынужден повышать артериальное давление. Вполне законным возникает вопрос-не опасно ли снижать артериальное давление при гипертонической болезни как это традиционно заложено со студенческой скамьи широкому кругу в практике врачей с рекомендацией неперемного использования гипотензивной терапии, чтобы избежать осложнений в виде инсульта, инфаркта миокарда. Однако если внимательно рассмотреть бесконечный список нежелательных осложнений фармакотерапии гипертонической болезни нормадипином, расхваливаемых коллегами и обратить внимание что он создает кардиоваскулярные расстройства в виде нарушения сердечного ритма и синкопе то следует своевременно задуматься, что человеческий организм обладает саморегулирующей системой, которую мы сами нарушаем возможностями фармакотерапии и убеждением малограмотных наших коллег, воспитанных многочисленными фарминдустриями и широчайшей армией врачей, нарушающим основной принцип врачевания «Не вреди». Точно так же высказывается в этом направлении академик Е. Чазов и Агаджян (2012) в своей книге «Выход из тупика». В лабиринте расходящихся мнений и попыток объяснить механизм формирования атероматозных бляшек в сосудах и кистах Эртгейма по данным Томского ученого А.И. Осипова (2002) выпадение холестерина и оссификация бляшек по признанию Е. Чазова остается и в наши дни малопонятными феноменами. Однако открытие в 1990 году американским ученым Робертом Фольком (Folk R. 1998) каменной бактерии в горячих водных источниках вблизи Неаполя и выявление ее присутствия в крови человека и животных, по мнению NASA, стало настоящим революционным прорывом и сенсацией в науке. Крошечная бацилла, находясь в каменной мантии имея нанометрические размеры в 50-100 нм при ее изучении медиками, геологами, минерологами сформировали целый ряд новых научных направлений в механизмах формирования и природы значительного диапазона заболеваний человека и животных в том числе атеросклероза, формирование атероматозных бляшек их оссификации и химиотерапии совершенно с иных позиций минуя необходимость хирургических вмешательств.

Во врачебный лексикон с полным основанием вошли новые термины: наномедицина, нанобиотехнология, наноминерология и даже медицинская геология, кафедры которой существуют во всех университетах, кроме России, хотя студентам медикам Томского Императорского университета минералогия была обязательным предметом и читалась геологами Томского Политехнического университета (в то время технологический университет) профессором Зайцевым. Нанобактерия, относящаяся к классу хламидий, была открыта в

организме человека и животных финскими учеными во главе с Каяндером (Kajander E.O. et al 1998). Именно ими было доказано, что нанобактерия единственная из класса хламидий активно осаждаёт в сосудах, тканях кальциевые депозиты и холестерин. Выбрасывая белок-олигопептид в зонах ее колонизации, она формирует воспалительную пленку в интиме сосудов с осаждением холестерина и кальция в сформированной атеросклеротической бляшке (Kajander E.O. et al 1998). По мнению Стефана Синатра (Sinatra S. 2002) и ученых клиники Мейо, NASA, Гарвардского университета и крупнейших исследовательских центров всего мира объединив усилия медиков, биологов, минерологов, геология всесторонне стали изучать и публиковать результаты исследований нового патогена и фактора экологического неблагополучия окружающей среды, человека и животных (Miller V.W. et al., Sommer A.P. et al., Sinatra S. 2002 Hu Y.R. et al. 2009., Benedicts et al 2004, Mezo Getle. 2004., Denis Carson 1998., Волков В.Т. и др. 2001-2008).

По мнению известного американского кардиолога Уэйна Александера открытие инфекционного фактора-нанобактерии как определяющей причины инфаркта миокарда и ее участия в атероматозе является «большим сюрпризом» 20 века. Он опрокидывает все наши представления и теории по этой проблеме. На причастность нанобактерии в развитии аневризмы аорты и атеросклерозе венечных артерий указывают E. Rasmussen et al (2002) и Brenda Kirkland et al (2000). Нами (Волков В.Т., и др. 2003) выявлена ассоциация колоний нанобактерий и вирусных частиц в оксифицированных створках митрального клапана у больных ревматизмом с их деформацией, явлений вальвулита укорочением хорд, что формирует ревматический порок (2004). Последующие исследования моих коллег-морфологов (Кожевников и др. (2008) позволили констатировать наличие колоний нанобактерий в толще миокарда сердца с разволокнением как и в створках митрального клапана так и коллагене миокарда. Chohen et al 2004 и Bractos-Perez et al (2008) приводят данные об участии нанобактерий в формировании стеноза устья аорты, а Yu Y.R. et al (2010) опубликовали материалы относительно участия нанобактерии в развитии вальвулита у больных ревматизмом. Следует отдать должное ученым из Венгерской Академии наук (Puskas L.K. 2005), которые первыми указали на участие нанобактериальной инфекции у 60% обследуемых людей, имеющих инфаркт миокарда, инсульт и тромбоз сосудов.

Авторы указывают на способность нанобактерии к токсическому отеку ткани сердца, магистральных сосудов, повышением С-реактивного белка и медиаторов воспаления (цитокины и др.). Выявление колоний нанобактерии в оксифицированных клапанах у больных ревматизмом дает основания для пересмотра этиологической роли не стрептококков, а нанобактерии способной осаждаёт кальций и вызывать формирование ревматического порока (Волков В.Т., 2004). Инфекционная природа атеросклероза, предсказанная Рудольфом Вирховым и У. Ослером, наконец-то доказана в наши дни многочисленными зарубежными учеными о причастности нового патогена-нанобактерии в развитии ревматизма. Эта теория завоевывает все большую популярность среди крупнейших кардиологов мира. Она занимает центральное место в работах Томаса Грейстона и Иосифа Муленштейна (США), обнаруживших колонии нанобактерий и высокий титр антител к ним в крови у большинства больных атеросклерозом и у лиц, перенесших инфаркт миокарда, подвергая сомнению об участии в этом недуге алиментарного фактора. В эксперименте Пекк Спайка введение хламидий (нанобактерий) в нос кролика получена картина атеросклероза. Согласно данным английского кардиолога Саджи Гуайта нанобактерия вызывает воспаление коронарных сосудов, за которым следует инфаркт миокарда. В работах Kirkland-George (1998) выявлены колонии нанобактерии в атероматозных бляшках каротидных артерий у больных умерших от инсульта К. Akerman et al (1997) используя радиологический метод доказали присутствие нанобактерий в атероматозных бляшках коронарных артерий, что было подтверждено при изучении нами (Волков В.Т., и др. 2004) аутопсийного материала аорты и коронарных артерий при использовании электронной трансмиссионной микроскопии так же множественные колонии нанобактерий D. Karson (1999) в своих комментариях (1998) так же присутствие каменной нанобактерии в тромботических образованиях у лиц, умерших от инфаркта миокарда. Сама нанобактерия в состоянии запустить каскад тромбообразования. Пилотный проект Gary mezzo (2002) позволили разработать использование хелатов (ЭДТА) для эффективной эрадикации нанобактерии у пациентов, страдающих атеросклерозом, минуя хирургические вмешательства.

Согласно исследованиям G. Mezo (2002) у 90% больных атеросклерозом с коронарными симптомами применение нанобак Tx снижало кальцификацию коронарных артерий с исчезновением стенокардии, нормализации артериальной гипертензии Джеймс Робертсон (James C. Roberts 2002) так же как и G Mezo (2006) высоко оценивают лечебный эффект Nanobac Tx в

лечении клинически значимого атеросклероза и открывает новые пути раннего вмешательства в лечении атеросклероза.

Согласно признанию доктора Энрике Гурфинкеля из Буэнос Айреса (Аргентина) им высказывается мнение, что: «Возможно, мы являемся свидетелями начала новой эры в изучении атеросклероза».

#### Список литературы:

1. Волков В.Т. Перспективы изучения нанобактерии в медицине //Мат. 7-международной конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири»,-Барнаул,2001.-с. 130-133
2. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Нанобактерия и проблема контагиозности опухоли // Мат. 8-международной конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» Кемерово, 2002.- с. 140-142
3. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Нанобактерия // Сибирский медицинский журнал.-№3-35-8 с.
4. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Инфекционная теория и интеллектуальные ресурсы Сибири» Кемерово, 2002.- с. 150-153
5. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Инфекционная теория сахарного диабета, узлового зоба и нанобактерия // Мат. 10- международной конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» Улан-Уде – 2003 с.-85-89
6. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Болезни биоминерализации (новейшая экология) Томск 2004 из-во «Гамдем-Арт», 391 с.
7. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Перспективы изучения нанобактерии в пульмонологии // Доклады академии наук высшей школы России – 2004 г. №1.-с. 113-122
8. Волков В.Т., Контагиозна ли подагра? Прав ли был доктор Бургаве? // Сибирский медицинский журнал-2003.-№5.-с. 5-10
9. Волков В.Т., Хламидийная теория атеросклероза: гипотеза Ослера и современные исследования // Сибирский медицинский журнал-2004.№2 с. 17-21
10. Волков В.Т. Анализ микрокристаллических образований у больных альвеолярным микролитиазом // Экоген, 1996-№1-с. 56
11. Волков В.Т. Анализ микроэлементов и кристаллических в мокроте при бронхиальной астме // Тер. архив-1998-№3-с. 87-88
12. Волков В.Т., Рихванов Л.П., Волкова Н.Н. Биоминерализационный геоэкологический фактор // Мат. Всероссийской конференции «Энергетика, экология, жизнедеятельность организма» 2008-с. 15-18
13. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Пилотный проект лечения нанобактериальной инфекции // Мат. Всероссийской конференции «Энергетика, экология, жизнедеятельность организма» 2009-с. 112-116
14. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Нанобактерия и рак // Мат. Всероссийской конференции «Энергетика, экология, жизнедеятельность организма» 2010-с. 98-105
15. Miller V.W., Rodgers G., Charles worth Y.A., Kirkland B. etal Evidence of Nanobacterial-like structures in calcified human arteries and cardiac valves // Am. J. Physiol Heart Circ Physiol. 2004 Sep; 287 (3): H 1115-24, Epub 2004 May 13
16. Sommer A.P. Kajander E.O. etal. A preliminary investigation into light-modulated replication of nanobacteria and heart disease
17. Sinatra S. Nanobacteria implicated in most all degenerative disease (Nanobacteria: Major breakthrough in arterial health.

#### Вирусная или нанобактериальная природа гепатита?

**В.Т. Волков, Н.Н. Волкова**

*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г. Томск,  
e-mail:vt\_volkov@rambler.ru*

В статье авторы приводят данные возможной причастности нового патогена-нанобактерии, экологического фактора окружающей среды человека и животных к гепатиту. Авторами совместно с учеными ФГУ «ВНИИЗЖ» г. Владимир, в условиях электронной микроскопии с использованием гистоиммунологических методов, были обнаружены в крови больных гепатитом А, В, С, неуточненной этиологии все формы нанобактерий в концентрации больше 109 клеток 1 мл. с фрагментами разрушенных лимфоцитов это вступает в явное противоречие с устойчивым представлением о вирусной природе гепатитов. Использование широкого арсенала противовирусных препаратов открывает перспективу альтернативной антинанобактериальной терапии гепатитов с использованием нанобиотика Tx (Mezo 2003 и др.)

Из истории науки, посвященной изучению гепатита известно, что в 1967 году американским ученым Барух Самуэль Бламбергом и его сотрудниками проводят у аборигенов Австралии исследования австралийского антигена, пришли к выводу об идентичности данного антигена с вирусом гепатита В, вызывающего воспаление печени и именно это легло в основу представления о вирусной этиологии гепатита В, а так же устойчивого внедрения в практику гастроэнтерологов и гепатологов противовирусной терапии данного заболевания.

Вирусный гепатит В (сывороточный гепатит) является одной из серьезных проблем практического здравоохранения во всем мире в связи с широким распространением этой разновидности гепатита среди людей. Открытие т.н. частиц Дейна диаметром 40-45 нм. у больных гепатитом В, имеющих ядро и оболочку, дало основание исследователям высказать предположение относительно их вирусного происхождения. Ряд зарубежных исследователей (Feinstone A. et al 1973) так же отождествляли вирус гепатита А с частицами Дейна диаметром 27 нм. Однако, вернемся к открытию австралийского антигена (H<sub>bs</sub> Ag), связанного с сывороточным гепатитом (HBV, HBC), признанного комитетом экспертов ВОЗ (1972) специфическим маркером гепатита, играющего ключевую роль в диагностике и этиологии, патогенезе и профилактике этой вирусной инфекции (Бюлл. ВОЗ 1974).

Гепатит С согласно современным данным представляет так же собой вирусное заболевание с одноцепочной РНК положительной полярности, имеющий липоидную оболочку (Безпрозванный БК и др. 1976, Мансуров Х.Х. и др. 1979, Тареев Е.М. 1965, Тареев Е.М. 1970, Подымова С.Д. 1984 и др.). Энтеральный путь болезни Боткина с употреблением питьевой воды, мяса, молока животных достаточно известный факт. Тареевым Е.М. (1970) и Сергиевым (1940) были опубликованы случаи и вспышки катаральной желтухи вскоре после вакцинации. Они же одними из первых высказывали мнение о вирусной этиологии гепатита (Тареев Е.М. и др. 1940). В ряде зарубежных публикаций высказываются данные относительно вирусной природе гепатита и австралийского антигена (Blumberg B.S. et al, 1969, Feinstone S. et al. 1973 и др.). В 3-х томном руководстве Б. Фильдса (1989) так же речь идет о вирусной природе гепатита, перекликаясь с работами клиническими С.Д. Подымовой (1984) и Ногаллера А.М. и др. (1977). В международной классификации болезней печени острый вирусный гепатит определяется как острый некроз и воспаление печени. Вместе с тем следует отметить, что печень поражается герпесом, цитомегалией, вирусом Эпштейн-Барра. Для оценки иммунологических повреждений печени используется метод определения титра противопеченочных антител (реакция преципитации). Однако неясно, против каких антигенов направлены противопеченочные антитела, выявляемые у 46-93% больных гепатитом. Использование экстрактов печени нормальных здоровых добровольцев и больных гепатитом и противопеченочных антител дали одинаковые результаты. Большинство исследователей подвергают сомнению органоспецифичность аутоантител у больных гепатитом, так как они вступают в реакцию не только с печеночными антигенами, но и с экстрактами других органов (сердце, почки и др.) (Walker H. 1969; Fodor Ф. 1967, Подымова С.Д. 1984г.). Размеры австралийского антигена по данным Бюлл. (1974) 20-22 нм, его форма сферическая, тубулярная. Perilles R.P. et al (1979) связывают инфекционную активность сыворотки крови на инфицированность спермы, содержащего влагалища, цельной крови и ее компонентов (плазма, фибриноген), мочи, выделение кала. Переливание крови доноров, практически здоровых лиц, гемодиализ зачастую приводит к развитию острого гепатита у здоровых и ослабленных болезнью почек лиц, что представляет несомненный интерес в поисках конкретного возбудителя гепатита. Работы японцев Инада и Идо (1915) обнаруживших у морских свинок, которым вводилась кровь от больных инфекционной желтухой, огромное количество спирилл (*Spirochaetae icterohaemkacica*). Однако при систематических исследованиях крови и мочи спирохеты у больных катаральной желтухой обнаружить не удалось (Чистович А.Н. и др 1963).

Вирус А у больных гепатитом был открыт Feinstone и соавт. (1973). Его отождествляют с частицами диаметром 27 нм, выявляемыми при электронной микроскопии в экстрактах кала. Эти частицы реагируют со специфическими антителами из крови больных гепатитом в период реконвалесценции, они выделяются не только в кале, но и в моче, дуоденальном содержимом, в крови больных в конце инкубационного периода, остром преджелтушном и желтушном стадиях заболевания. В большинстве случаев уже на 10-15 день желтушного периода виремия исчезает и на большей части жизни в сыворотке крови определяется наличие антител к антигену гепатита А. Эти антитела обнаружены у 40-70% населения [Lander Y. et al, 1978, Horak W. et al., 1979]. Заболевание возникает спорадически в осенне-зимний периоды через 3-5 лет пути передачи заболевания различны от фекально-орального, воздушно-капельного, парентерального до

полового, особенно это касается гомосексуалистов. Важно отметить, что при сывороточном гепатите В выявляются частицы нанометрового размера (40–45 нм) в крови пациентов и сперме, а так же в слюне. Многие авторы [Prince A. 1968, London W. et al. 1969] указывают на наличие у большинства инфицированных вирусом В сферических образований нанометрического диапазона у больных гепатитом, и инфицированность в передаче вируса В половым путем.

Помимо сферических форм вирусоподобных образований у лиц гепатитом В многие исследователи указывают на наличие тубулярных и нитевидных форм, сам австралийский антиген часто обнаруживается при лейкозах (18 %), несмотря на всеобщее признание его специфичности для гепатита, вызванного вирусом гепатита В [Gocke D.Y., Kavey N.B., 1969, Soulier Y.P. et al 1970]. Согласно исследованиям Х.Х. Мансурова (1963) у 85% больных поражение печени и развитие цирроза, как правило, начинается с болезни Боткина, однако у 15% больных в анамнезе вообще отсутствовал вирусный гепатит и не было каких-либо других этиологических факторов, ввиду чего эти случаи многими исследователями отнесены к гепатитам неясной этиологии. [Schmid M., 1959; Wepler W., 1961; Mincon Y. 1962] по данным А.Ф. Блюгера, хронический гепатит у лиц в 65% случаев имел вирусную природу. На этот факт ссылаются и другие исследователи [Голубов И.С., 1969; Подымова С.Д. 1984г.].

Новое направление в науке, зародившееся на стыке 20 и 21 веков было связано с открытием нового фактора экологии окружающей среды и патогена-нанобактерии, каменной нанометрических размеров в 50-100 нм одетую в карбонат-апатитную мантию. Nasa назвала это открытие сенсационным, а вскоре это подтвердилось стиранием белых пятен в медицине ввиду причастности нанобактерии в качестве этиологии широчайшего диапазона болезней, природа которых до настоящего времени была абсолютно неясной (рассеянный склероз, саркоидоз, болезни кожи, катаракта и др.). Нанобактерия перевернула наши знания об атеросклерозе, целого ряда новообразований, болезни зубов, механизмов старения, формирования органоминеральных образований, болезни Альцгеймера и др. Нанобиология, наномедицина, наноэкология внесены по версии «Fast Future» к 20 базисных направлений в науке. В центре внимания не случайно оказались гепатиты и цирроз печени, несмотря на устойчивое мнение врачей и исследователей относительно вирусной природы гепатитов, алкогольных циррозов печени. В интервью Московской телекомпании с А.О. Каяндером (2011 г.) в городе Купио (Финляндия) автор, первым открывшим в крови у человека и животных нанобактерию, отметил этиологическую роль ее у больных, страдающих гепатитом и циррозом печени, что противоречит распространенному представлению относительно вирусной и алкогольной природы этих заболеваний.

Рядом авторов отмечена роль лимфоцитов в иммунологическом повреждении печени, и реакции внутрикожной чувствительности замедленного типа (Warnat Z.H. 1965 et al.). При развитии иммунопатологического процесса иммунные лимфоциты способны повреждать ткань печени с антигенами, которыми они сенсибилизированы (Мохов В.М. 1983; Петров Р.В. 1977). Б.И. Беспрозванный и соавт. (1972) наблюдали в пунктатах печени выход лимфоцитов и внедрение их в печеночные клетки с разрушением гепатоцитов. В наших исследованиях (Волков В.Т. и соавт. 2011) в условиях световой микроскопии х 200 выявлен феномен апоптозиса печеночных клеток с явлением некроза, печеночные клетки находятся в состоянии некробиоза, ядра раздуты, резко увеличены с явлением лимфомакрофагоцитарной инфильтрацией. Введение внутрикожно 10-7 смеси *nanobacteria* Sang. фирмы Nanobac-Lab (Финляндия) вызывает у пациентов, страдающих гепатитом, по нашим данным, инфильтрацию немедленного типа, что свидетельствует о присутствии в крови у больных антинанобактериальных антител. Та же смесь, добавленная в культуру лейкоцитов, позволяет выявить повреждающий эффект, особенно выраженный в культуре макрофагов в виде симпластов, микроядерных клеток. В культуре лимфоцитов наблюдаются цитогенетические нарушения микроядер и фрагментация и лизис лимфоцитов. Пономаревым А.П. и соавт. (2011) в образцах крови больных, страдающих гепатитом, были выявлены лимфоциты с измененной структурой, в отдельных образцах лимфоциты представлены разрушенными в виде фрагментов и даже теней. Возможно, это и есть популяция агрессивных лимфоцитов, вторгающихся в ткань печени и разрушающих гепатоциты, описанных Г.Г. Фрейндом (1979) как тельца Каусальмена-мультифицированные гепатоциты, а частицы Дейна являются корпускулярными формами нанобактерий в нанодиапазонном варианте. В связи с этим следует предположить, что инфицированность печени обусловлена не вирусами, а нанобактериемией и это открывает широчайшую перспективу пересмотра не только этиологической роли нанобактерии, но и поиски альтернативной терапии нанобактериальной инфекции с исключением противовирусных препаратов и применением антинанобактериальной терапии-нанобиотиком ТХ. Невозможно исключить, что именно терапия пилотного проекта Gary

Mezo (2003) может спасти пациентов, страдающих гепатитом и переходом его в цирроз печени. Незнание учеными, что энтеральный путь проникновения нанобактерии в организм с сырой водой, в которой нами (Волков В.Т., Волкова Н.Н.) обнаружены колонии нанобактерий, а также в молоке коров и даже в грудном молоке кормящих матерей обнаружено их присутствие, в говядине крупного рогатого скота, в состоянии привести к поражению печени. Множественные колонии нанобактерий овоидной формы выявлены нами в сыворотке крови здоровых доноров и сухой плазме крови. В условиях электронной трансмиссионной и сканирующей микроскопии из 60 проб крови доноров г. Томска у каждого второго (30%) выявлена контаминация (загрязнение) нанобактерией, что увеличивает риск гепатита при переливании крови пациентам, о чем писал Е.М. Тареев (1970), как и появление катаральной желтухи после вакцинации.

Kajander A.O. et al одним из первых в 2002 году сообщил о контаминации полиомиелитной вакцины нанобактерией, подтвержденной американскими учеными (Mezo G. et al 2005). В связи с тем, что производство вакцин идет с использованием сыворотки крупного рогатого скота, можно предположить, что вся она контаминирована нанобактерией. За рубежом в производстве вакцины сыворотка крупного рогатого скота пропускается через ультрапористые фильтры с диаметром меньше 0,25 микрон, а также тонковолокнистые фильтры, осаждающие нанобактерии и вирусы. Такая вакцина готова для массовой вакцинации.

Наступила эра новых технологий в диагностике наномедицины, позволяющая разрушить старые концепции и парадигмы представлений этиопатогенеза гепатита с учетом появления новых фактов в науке.

Не менее прав и наш соотечественник крупный биолог и вирусолог А.П. Пономарев (2008, 2011) отметивший, что по ранее установившимся в области вирусологии интерпретация сферических структур нанометрического размера, как правило, обозначается специалистами как вирусоподобные частицы Дейна, имеющие ядро с наличием оболочки диаметром нанометрического размера 42 нм и сферической конфигурации, а порою нитевидной формы, двуслойными образованиями.

Используя гистохимический метод Косса в условиях трансмиссионной микроскопии фрагменты печени больных гепатитом нами (Волков В.Т. 2012) отчетливо определяется черная окраска сферических образований и диаметром 30-50 нм, отмечены и тубулярной конфигурации образования.

Сотрудниками городской больницы г. Владимира (Каштанов Д.В., Манина Т.А., Лисицина Е.В., ФГУ «ВНИИЗЖ» (Пономарев А.П. и др.) тщательно обследовали с использованием полимеразной цепной реакции (ПЦР) и электронную микроскопию. Опыты проводились на базе вирусных гепатитов. Для целей микроскопии авторами отбирались сыворотки, в содержимом которых выявляли антитела к поверхностному антигену вируса гепатита В (Hbs As)-20 образцов, антитела к вирусу С (HCV)-20, цирроз печени-5. Электронно-микроскопические исследования показали во всех без исключения наличие в сыворотке структур в форме наночастиц, диаметром от 10-20 до 200-300 нм с концентрацией 109-1010 наночастиц диаметром 10-20 до 200-300 нм. Более крупные наносферы диаметром от 50 до 200-300 нм создавали колонии, среда которых так же выявлялись ните и палочкообразные структуры в соответствии с классификацией нанобактерий (Волкова Н.Н. 2006). Фактически данные структуры по концентрации и по морфологии идентичны структурам, выявляемых в эмбриональных сыворотках телят. Морфологическое совпадение выявленных авторами г. Владимира наноструктур вступает в противоречие с данными литературы о том, что 22 нм частицы являются одной из форм HbV. Высев данных структур на перевиваемую культуру клеток, а так же на искусственные питательные среды (Игла и среда Фрея в соотношении 1:250) сопровождается их ростом и размножением. Электронно-микроскопические наблюдения в течение 2 месяцев за образцами высеянных микроструктур позволили установить увеличение концентрации наночастиц диаметра 50-100 нм. Это сопровождается формированием биопленок и колоний из наносфер, что характерно для нанобактерий на искусственных питательных средах.

Эти исследования, как и наши (Волков В.Т. 2012) наводят на размышления не о вирусной природе гепатитов, а нанобактериальной инфекции требующей иного подхода к лечению с использованием антинанобактериальной терапии и дальнейшего изучения данной проблемы.

#### Список литературы:

1. Беспрозванный Б.К., Апрогина З.Г., Семендяева М.Е. и др. Морфогенез измененный в печени при хроническом активном гепатите. 1976, № 9-с-36
2. Волков В.Т., Волкова Н.Н. и др. Нанобактерия (перспективы исследования)- Из-во «Твердыня» 2003-321 с.

3. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Хламидийная теория узлового зоба и сахарного диабета // Бюлл. СО РАМН, -2006-№1 (119)-с 117-123
4. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Проблема холелитиализа и нанобактерия // Сиб. мед. журнал 2005.- №2-с 26-31
5. Волков В.Т., Волкова Н.Н. и др. Биоминерализация (новейшая экология) г. Томск Из-во «Тандем-Арт»-392 с.
6. Волков В.Т., Волкова Н.Н. и др. Биоминерализация в организме человека и животных. Томск - Из-во «Твердыня»-2004-498 с.
7. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Эколого-геологические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения йод реакцией д. г. м. н.- проф.-А.Г. Бакирова г. Томск – Из-во И.П. Сековой-215 с.
8. Волкова Н.Н. Исследование биоминерализационного геологического фактора в подземных водах Томского района: автореф. канд. диссертации геолого-минералогических наук-Томск-2006-25 с.
9. Волков В.Т., Волкова Н.Н. Нанобактерия // Сиб.мед. журнал-2002-№5-с.5-10
10. Пономарев А.П., Белик Е.В. и др. Электронная микроскопия сывороток крови людей с диагнозом гепатит // Рос. Конференция по электронной микроскопии сывороток крови людей с диагнозом гепатит // Рос. Конференция по электронной микроскопии. Тез. Докладов.- Черногловка. 2008-с.-313
11. Пономарев А.П. Электронная микроскопия нанобактерий и других представителей микро-наномира // г. Владимир, Из-во И.П. Журавлева-2011-180 с.
12. Пономарев Н.П., Пичуева А.А., Никешина и др. // Тр. Федерального центра охраны здоровья животных-г. Владимир, 2009-Т7-с.2020-2039
13. Пономарев А.П., Борисова О.А., Кухаркина О.В. Нанобактерия-новые представители мира бактерий г. Владимир -2008-2047
14. Пономарев А.П., Белик Е.В., Шиляева Р.Р., Гарасько Е.В. Трансформация наноклеток из образцов клеток под воздействием стрессоров физико-химической природы // Тр. Федерального центра охраны животных. - Владимир.2010-т. 8-с. 214-226
15. Пономарев А.П., Белик Е.В., Гарасько Е.В., Шиляев Р.Р. // 23-я Рос. Конференция, по электронной микроскопии: Тез. докл. – Черногловка, 2008. – с. 414
16. Blumberg B.S., Satnic A.J., London N.T. Australia antigen and hepatic – J. AMA., 1965, vol.207, P 1895.
17. Feinstone A., Kapikian A., Purselia Q/ Hepatitis detection by immune electron microscopy – Scientes, 1973, vol 182, P – 1026-28
18. Kajander E.O. Fet al bovine serum: discovery of nanobacteria / E.O. Kajander, Kuronen/ N.Ciftogly//Molecular Biology of cell, Suppl. – 1996.- vol.7.- p 517/

**Клинические и гематологические проявления Эпштейн-Барр вирусного инфекционного мононуклеоза у детей в остром периоде и в анамнезе**

***Помогаева А.П., Потарская Е.В.***

*ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации*

Действие факторов, нарушающих экологическое равновесие, внедрение в медицинскую практику современных методов лекарственной и лучевой терапии, многие из которых не обладают селективностью действия, могут, как показывают клинические и экспериментальные исследования последних лет, иметь своим следствием развитие иммунодефицитных состояний. Они способствуют реактивации бессимптомно персистирующих в организме патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Инфекционный мононуклеоз (ИМ) – одна из типичных персистентных инфекций, возбудителем которой часто является вирус герпеса 4 типа – вирус Эпштейна – Барр (ВЭБ). Данное заболевание могут вызывать также другие вирусы, бактерии, простейшие. ВЭБ характеризуется убикуваторным распространением и обнаруживается у 90-92% населения Земного шара. Среди заболевших ИМ 60% составляют лица в возрасте от 2 до 20 лет. Первичное инфицирование ВЭБ в 90% случаев происходит в раннем возрасте (до 3-х лет) и лишь у 45% инфицированных сопровождается выраженными клинико-гематологическими проявлениями. ВЭБ способен вызывать латентную инфекцию и длительно персистировать в дифференцированных иммунocyтах, подавляя продукцию вирусспецифических антител,

регулируя экспрессию вирусных антигенов инфицированными клеточными элементами и стимулируя продукцию ими иммуносупрессивных и иммуномодулирующих веществ. Эти вещества тормозят иммунные реакции организма.

Цель работы – охарактеризовать клинико-гематологические проявления ИМ у детей в возрасте от 1 года до 14 лет в период разгара и через 3, 6, 9, 12 мес. после болезни.

Методы исследования: клинический, гематологический, серологический, биохимический, бактериологический. Диагноз устанавливался по наличию типичных клинических симптомов, изменений в гемограмме (повышение количества мононуклеарных лейкоцитов, появление атипичных мононуклеаров – АМ) и положительных результатов ИФА сыворотки крови (VCA – IgM, EA – IgG и Na – IgG). Клиническая картина характеризовалась наличием симптомов интоксикации, лимфаденопатии (ЛАП), воспалительными изменениями в ротоглотке, поражением носоглоточной миндалины, гепато- и спленомегалией. В возрастной группе от 1 года до 3 лет было 6 детей (1 группа), в возрасте от 3 до 6 лет – 20, от 6 до 14 лет – 2 человека. Так как многие дети обследовались неоднократно, то количество обследованных детей за весь период наблюдения превышало общее число участников исследования. В зависимости от возраста на момент заболевания ИМ пациенты распределялись в 2 группы: заболевшие в возрасте до 3 лет и заболевшие в возрасте старше 3 лет, так как именно этот возраст является критическим периодом становления иммунной системы. Количество больных в каждой из этих групп было равным – 14 человек. Дети получали общепринятую терапию с включением рекомбинантного интерферона альфа – 2в – виферона. Контроль – 25 детей аналогичного возраста с группой здоровья IIА. Статистическая обработка осуществлялась при помощи программы STATISTICA 6,0.

Исследования проведены в 30 километровой зоне промышленно-ядерного комплекса.

Установлено, что период разгара ИМ ВЭБ у детей характеризуется умеренной интоксикацией, полилимфаденопатией без преимущественного увеличения заднешейных лимфатических узлов, выраженным аденоидитом, ангиной, чаще с наложениями (лакунарной, фолликулярной), гепатомегалией. Спленомегалия отмечается у половины детей. Экзантема, ассоциированная с приемом антибиотиков, обнаруживается у одной трети детей.

Гематологическими признаками острого периода ИМ ВЭБ являются увеличение скорости оседания эритроцитов, умеренный лейкоцитоз с гипорегенераторным сдвигом лейкоцитарной формулы влево, отсутствие лимфоцитоза, умеренный моноцитоз, низкая частота обнаружения атипичных мононуклеаров.

Через 3 месяца после разгара ИМ у большинства детей выявлялись симптомы поражения лимфоидной ткани: затруднение носового дыхания, увеличение размеров небных миндалин, умеренная ЛАП шейной группы, гепатомегалия (у всех детей), спленомегалия (у одной трети). Симптомы интоксикации отсутствовали почти у всех детей. В гемограмме сохранялось повышенное (по сравнению с контролем) общее число лейкоцитов, палочкоядерных нейтрофилов и моноцитов на фоне увеличенной СОЭ.

Через 6 месяцев от разгара болезни синдром общей интоксикации был характерным для 75% наблюдавшихся детей. Выраженность мононуклеозного синдрома уменьшилась. Носовое дыхание, размеры небных миндалин и печени восстановились практически у всех детей. Спленомегалия отсутствовала. Исключением была ЛАП заднее- и переднешейных лимфоузлов (ЛУ), степень выраженности которой увеличилась. Общее количество лейкоцитов, незрелых форм нейтрофилов, моноцитов, величина СОЭ оставались повышенными. Отмечалась большая частота ОРВИ.

Спустя 9 месяцев после ИМ симптомы интоксикации отсутствовали, выраженность мононуклеозного синдрома была незначительной, в том числе уменьшилась ЛАП шейной группы. Однако у детей чаще отмечались гнойные ангины. Изменения гемограммы сохранялись.

Полученные нами результаты наблюдения за детьми через 12 месяцев от начала острого периода ИМ, возможно, были обусловлены истощением противовирусных механизмов, о чем свидетельствовало усиление интоксикации и локальной симптоматики, а также частое возникновение ОРВИ и случаи реактивации ИМ. Общее количество лейкоцитов, незрелых форм нейтрофилов, моноцитов продолжало оставаться повышенным по сравнению с контролем, проявляя умеренную тенденцию к снижению. Лимфоцитоз становился более выраженным. Величина СОЭ приближалась к варианту нормы. Проявление интоксикации и мононуклеозного синдрома через 12 месяцев были более выраженными, чем через 9 месяцев после разгара ИМ.

Таким образом, ближайшие (через 3, 6, 9, 12 месяцев) проявления ИМ характеризуются клиническими и гематологическими нарушениями различной степени выраженности у большинства переболевших. Они более выражены у детей заболевших в возрасте до 3-х лет, на

более долговременные – у детей, перенесших инфекцию в возрасте старше 3-х лет. Следовательно, переболевшие ИМ дети нуждаются в длительном (более 1 года) диспансерном наблюдении с проведением реабилитации до полного исчезновения клинических симптомов и восстановления гематологических показателей.

УДК 616.995.122.21:616.248 – 008.4

**Анализ показателей дельта-пикфлоу у больных бронхиальной астмы до и после лечения хронического описторхоза**

**Калинина О.В., Месько П.Е., Бодрова Т.Н., Карзилов А.И., Яким О.В.**

*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, Россия, г. Томск*

[kov7575@km.ru](mailto:kov7575@km.ru)

В последние годы во всем мире отмечается рост ассоциированных заболеваний, в том числе хронических обструктивных заболеваний легких и паразитарных инвазий в популяции. Прежде всего, увеличивается заболеваемость хроническим обструктивным бронхитом и бронхиальной астмой. Из паразитарных инвазий одним из самых распространенных является описторхоз. Это определяет частое сочетание описторхоза с патологией внутренних органов. Одна из наиболее распространенных форм ассоциированных заболеваний – это сочетание бронхиальной астмы (БА) с хроническим описторхозом (ХО). Необходимо отметить, что при хронической описторхозной инвазии, поражаются не только органы постоянного обитания гельминта – печень, желчевыводящие пути, поджелудочная железа, а также вовлекаются органы и системы за пределами обитания сибирской двуустки, что определяет изменения клинических проявлений ассоциированных с паразитом заболеваний внутренних органов, в том числе и дыхательной системы. В многочисленных исследованиях, посвященных проблеме ассоциированного описторхоза, показано ухудшение клинического течения, увеличение степени бронхообструкции, однако, характер и механизмы этих проявлений изучены далеко не во всех аспектах.

Известно, по данным литературы, что ведущим патофизиологическим синдромом при бронхиальной астме в сочетании с хроническим описторхозом является нарушение бронхиальной проходимости или бронхиальная обструкция. В диагностике бронхообструктивных нарушений современная пульмонология опирается на измерение степени ограничения воздушного потока, рассчитанной по кривой форсированного выдоха и по петле поток-объем [1, 2]. Механизм ограничения воздушного потока при этом, и в частности, при спокойном дыхании остается недостаточно изученным. Круг вопросов, который возникает при изучении функциональных показателей проходимости бронхов, послужил основанием для рассмотрения изменений пневмотахограммы (ПТХГ) спонтанного дыхания при прерывании воздушного потока клапаном. В 70-е годы было обращено внимание на то, что у больных хроническими обструктивными заболеваниями легких при спонтанном дыхании на ПТХГ выдоха после открытия клапана прерывателя регистрируется пик воздушного потока [3], обозначенного нами как дельта-пикфлоу - (ДПФ), регистрация данного пика была наименована дельта-пикфлоуграфией (ДПФГ).

Цель исследования - изучение проявления ПТХГ при БА в сочетании с ХО, уточнение характера патогенного влияния инвазии сибирской двуусткой на течение БА, обоснование направления своевременной диагностики названной патологии.

**Материалы и методы**

В проспективном когортном наблюдении было обследовано 48 больных с бронхиальной астмой. Основная группа (I группу наблюдения) составили больные БА, ассоциированные с ХО. Возраст пациентов в среднем составил  $44,3 \pm 3,52$  года. Диагноз бронхиальная астма был поставлен на основании критериев ВОЗ, степень тяжести заболевания устанавливали согласно критериям документа GINA (2006г.) [4, 5]. Диагноз описторхоза верифицировался наличием соответствующего анамнеза, обнаружением яиц *Opisthorchis felinus* копроовоскопическим методом исследования по Като или микроскопическим исследованием желчи, полученной после проведения дуоденального зондирования. Длительность описторхозной инвазии в среднем составляла  $10,4 \pm 6,0$  лет.

Группу сравнения (II группу наблюдения) входили больные с БА после проведения у них дегельминтизации описторхоза. Лечебные мероприятия проводились противогельминтной терапией бильтрицидом по общеизвестной схеме (60 мг на 1 кг массы тела в 3 приема). Контрольное обследование проводилось через год после дегельминтизации.

В каждой группе оценивались показатели бронхиального сопротивления  $Reff$  (кПа/л/с.), записанные на аппарате Erich Jaeger (Германия). Специальное исследование заключалось в регистрации на ПТХГ пика воздушного потока (ДПФ). Для этого был разработан комплекс приборов: 1. Два электроманометра ПМД-1000. 2. Пневмотахографическая трубка Флейша с определенным коэффициентом сопротивления. 3. Автоматический прерыватель воздушного потока на 0,5 сек. 4. Безинерционный прямопишущий регистратор. Изучали амплитуду пика (h) л/с; продолжительность пика (t) сек.; площадь пика (S) л; максимальный поток (МП) л/с; а также отношение h/МП в %.

Полученные данные обработаны статистически. Числовые значения выражены как средние (M), их ошибки (m) и стандартные отклонения. Достоверность различий оценивали с помощью критериев t-Стьюдента, определяя коэффициент корреляции Пирсона (r).

#### Результаты

Исследование показало, что высота ДПФ у больных I группы была выше, чем в группе сравнения. Средние значения продолжительности ДПФ в группах больных были приблизительно одинаковыми и достоверно между собой не различались. Средние величины площади ДПФ и процентного отношения высоты пика к максимальному потоку были значительно выше у наблюдаемых больных основной группы по сравнению с группой сравнения. Максимальный поток в обеих группах не отличался. Корреляционный анализ выявил обратную зависимость средней силы между снижением ОФВ1 и увеличением  $Reff$  и h ( $r=0,64$   $p<0,01$ ), S пика ( $r=0,62$   $p<0,05$ ). Продолжительность пика и максимальный поток не коррелировали ни с одним из показателей ВФЛ.

Таблица 1. Показатели ОФВ1 и дельта-пикфлоу у больных БА до и через 1 год после проведения дегельминтизации описторхоза ( $M\pm m$ )

Показатели		БА + ХО (I группа)	БА + через год после дегельминтизации ХО (II группа)	P
ОФВ1 (%)		57,6 $\pm$ 1,7*	78,4 $\pm$ 2,5	*
ДПФ	h л/с	2,36 $\pm$ 0,31	1,82 $\pm$ 0,46	*
	t сек	0,07 $\pm$ 0,02	0,06 $\pm$ 0,004	-
	МП л/с	3,86 $\pm$ 0,47	3,74 $\pm$ 0,7	
	h/МП %	57,4 $\pm$ 3,2	34,0 $\pm$ 4,2	*
	S л	0,06 $\pm$ 0,005	0,04 $\pm$ 0,005	*

Примечание: звездочкой отмечены статистически достоверные различия в группах

#### Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о неблагоприятном влиянии описторхозной инвазии на бронхиальную обструкцию у больных БА. Зависимость между основными параметрами ВФЛ (ОФВ1,  $Reff$ ) и данными ДПФ (площадь пика, отношение амплитуды пика к максимальному потоку) свидетельствуют о нарушении бронхиальной проходимости и изменений ПТХГ при прерывании воздушного потока клапаном у больных с БА при сочетании с хроническим описторхозом. Это позволяет данной категории больных рекомендовать проведение дегельминтизации.

#### Список литературы:

1. Канаев Н.Н. Руководство по клинической физиологии дыхания. Л: Медицина, 1980.
2. Майкл А.Гриппи. Патофизиология легких. М: Медицина, 1997.
3. Knudson P.J.// Contribution of airway collapse to supramaximal expiratory flows. J. Apple physiol. 1974. 36.C. 653-667.
4. Бронхиальная астма: Руководство для врачей России (Формулярная система). – М., 1999. – 40с. – (Приложение к журн. «Пульмонология»).
5. Глобальная стратегия лечения и профилактики бронхиальной астмы / под ред. А.Г. Чучалина. М.: Атмосфера, 2002. 160 с.

УДК 616.2-08:612.2

**Состояние регуляции дыхания у здоровых лиц при электромеханическом воздействии на аппарат внешнего дыхания***Карзилов А.И., Тетенев Ф.Ф., Калинина О.В., Якис О.В., Месько П.Е., Карзилова А.А.**ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, Россия, г. Томск**karzilov@mail.ru*

Экологический фактор является одним из ведущих в развитии заболеваний органов дыхания, таких как хроническая обструктивная болезнь легких и бронхиальная астма, закономерно приводящих к развитию дыхательной недостаточности и нарушениям регуляции дыхания [3]. Следовательно, одним из важных вопросов экологической физиологии дыхания является изучение состояния регуляции дыхания у здоровых лиц в условиях возмущающего воздействия на регуляцию дыхания и вентиляционную функцию аппарата внешнего дыхания. Наиболее физиологичным методом возмущающего воздействия на аппарат внешнего дыхания и регуляцию дыхания является чрескожная электростимуляция диафрагмы (ЧЭСД) [1, 2].

В механике дыхания основополагающей парадигмой функционирования легких в составе аппарата внешнего дыхания является концепция Ф. Дондерса, описывающая в самом простом виде вентиляцию легких и не учитывающая в должной мере влияние регуляции дыхания и механизмы обеспечения устойчивости работы аппарата внешнего дыхания. Недавно предложенная теория биомеханического гомеостаза аппарата внешнего дыхания позволяет достаточно надежно оценить устойчивость вентиляционной функции аппарата внешнего дыхания и регуляции дыхания у здоровых лиц, а также у больных с бронхообструктивными нарушениями [1, 2].

Цель работы: исследовать функциональные связи между паттернами вентиляции легких и восприятием дыхания у здоровых лиц при проведении ЧЭСД с позиций биомеханического гомеостаза аппарата внешнего дыхания.

Материал и методы исследования. Исследования были проведены на группе здоровых лиц – (20 мужчин, ср. возраст 20,2), которые были представлены тщательно обследованными лицами без заболеваний легких в анамнезе. Для исключения возрастных и половых влияний на восприятие дыхания группа здоровых была сформирована из лиц мужского пола молодого возраста, занимающихся спортом и имеющих 2 и 3-й спортивный разряд.

Оценка восприятия дыхания у здоровых лиц проводилась в баллах. Инструментальное функциональное исследование включало оценку состояния дыхательного центра, которая оценивалась по максимальному времени задержки дыхания в секундах после спокойного выдоха, индексу инспираторной активности, скорости вдоха и выдоха в л/с, частоте дыхания в минуту [1, 2].

Механические свойства легких оценивались по объему форсированного выдоха за первую секунду в литрах (характеризует бронхиальную проходимость) и общей работе дыхания в кгм/мин (характеризует внутрилегочное сопротивление), определяемой по кривым объема и транспульмонального давления при текущем значении минутного объема дыхания, которые регистрировались при помощи пневмотахографа с интегратором («Медфизприбор», г. Казань) [5].

Всем исследуемым лицам проводился разовый сеанс ЧЭСД при помощи электростимулятора серийного производства ЭСД-2П. Перед проведением сеанса ЧЭСД исследуемых лиц тщательно инструктировали. Через 30 минут после сеанса ЧЭСД исследуемые получали 4 ингаляционные дозы (высшая разовая терапевтическая доза) беродуала с целью получения максимального бронхолитического эффекта [1, 2].

Оценка восприятия дыхания, показателей работы дыхательного центра и вентиляционной функции легких проводилась до сеанса ЧЭСД, через 5 минут после него, и через 20 минут после последней ингаляции беродуала. Общую работу дыхания определяли до и после сеанса ЧЭСД.

Результаты и обсуждение. Сеанс ЧЭСД у здоровых лиц вызвал достоверное улучшение восприятия дыхания ( $p < 0.01$ ), увеличение времени задержки дыхания ( $p < 0.03$ ), скорости вдоха ( $p < 0.03$ ), скорости выдоха ( $p < 0.01$ ), минутного объема дыхания ( $p < 0.01$ ) и общей работы дыхания ( $p < 0.01$ ).

Ингаляции беродуала после сеанса ЧЭСД у здоровых лиц вызвали достоверное улучшение восприятия дыхания ( $p < 0.01$ ) и увеличение объема форсированного выдоха за первую секунду ( $p < 0.001$ ).

Улучшение восприятия дыхания у здоровых лиц свидетельствует о том, что формирование восприятия дыхания является результатом достижения баланса разнонаправленных процессов, формирующих дыхательные ощущения в лимбической системе центральной нервной системы, которые могут смещать данный баланс не только в сторону ухудшения восприятия дыхания (одышка), но и в сторону улучшения восприятия дыхания (легкость дыхания, дыхательная эйфория).

Подобная трактовка механизма формирования восприятия дыхания может быть полностью осмыслена только с позиций теории биомеханического гомеостаза аппарата внешнего дыхания, объясняющей развитие данного эффекта механизмами антагонистической регуляции на основе обратной биологической связи в саморегулирующейся системе, стремящейся к достижению устойчивого состояния [1, 2].

Механизмы реализации эффекта улучшения восприятия дыхания у здоровых лиц могут быть объяснены в рамках теории биомеханического гомеостаза аппарата внешнего дыхания снижением интенсивности афферентного потока с дыхательной мускулатуры, наступившим вследствие оптимизации паттерна работы дыхательной мускулатуры под влиянием ЧЭСД (внелегочный механизм) или активацией внутрилегочного источника механической активности [4], уменьшающего долю работы дыхательной мускулатуры по преодолению внутрилегочного сопротивления (внутрилегочный механизм).

Особенности функционирования лимбической системы центральной нервной системы оценивались при помощи корреляционного анализа. Были найдены следующие закономерности: относительно низкий порог реакции дыхательного центра на действие ЧЭСД и бронхолитического средства беродуал; отсутствие жесткой связи длительности задержки дыхания с работой ДЦ, внутрилегочным сопротивлением и бронхиальной проходимостью; ЧЭСД и бронхолитического средства беродуал оказывают слабое влияние на формирование паттернов дыхания.

Таким образом, проведенное исследование показало перспективность исследования регуляции дыхания и вентиляционной функции вентиляции аппарата внешнего дыхания у здоровых лиц в условиях электромеханического возмущающего воздействия на аппарат внешнего дыхания при помощи чрескожной электростимуляции диафрагмы. Полноценная оценка полученных результатов исследования возможна только с позиций нового парадигмального мышления – теории биомеханического гомеостаза аппарата внешнего дыхания.

#### Список литературы:

1. Карзилов А.И. Биомеханический гомеостазис аппарата внешнего дыхания и механизмы его обеспечения/ А.И. Карзилов// Бюллетень сибирской медицины. – 2007. – №1. – С.13-38.
2. Карзилов А.И. Регуляторное обеспечение устойчивости биомеханики дыхания при обструктивных заболеваниях легких: Автореф. дисс...д-ра мед. наук. – Барнаул, 2009. – 39с.
3. Пульмонология: руководство (клинические рекомендации) / Под ред. А.Г. Чучалина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 240 с.
4. Тетенов Ф.Ф. Биомеханика дыхания/ Ф.Ф. Тетенов.- Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981.- 145с.
5. Тетенов Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенов К.Ф., Карзилов А.И., Левченко А.В., Калинина О.В. Исследование функции аппарата внешнего дыхания. – Томск, 2008. – 164с.

УДК 616.127:613.84:614.1:312.2

#### Факторы риска преждевременной смертности в открытой популяции г. Томска

*Конобеевская И.Н., Ефимова Е.В.*

*ФГБУ «НИИ кардиологии» СО РАМН, Томск*

[kin@cardio-tomsk.ru](mailto:kin@cardio-tomsk.ru)

В настоящее время продолжительность жизни в России меньше, чем в других странах в связи с высокой преждевременной смертностью, приведшей к необратимым негативным демографическим, а значит экономическим и социальным последствиям [2, 4, 8, 10]. Западная Сибирь относится к территориям неблагоприятного полюса северо-восточного градиента смертности, что обусловлено особенностями образа жизни населения и связано как с широкой распространенностью факторов риска (ФР) неинфекционных заболеваний так и доступностью ресурсов здравоохранения [3]. В соответствии с современными представлениями, факторы риска – это потенциально опасные для здоровья факторы поведенческого, биологического, генетического, экологического, социального характера, окружающей и производственной среды, повышающие вероятность развития заболеваний, их прогрессирования и неблагоприятного исхода [6,7]. В 80%

случаев особенности образа жизни – неправильное питание, низкая физическая активность (НФА) и курение (К) - приводят к хроническим неинфекционным заболеваниям (ХНИЗ), в том числе, сердечнососудистым болезням, являющимся основной причиной убыли населения [1,5]. Около 60% общего бремени болезней приходится на долю 7 ведущих ФР: повышенное артериальное давление (АГ-12,8%), К (12,3%), алкоголь (А-10,1%), гиперхолестеринемия (8,7%), избыточная масса тела (ИМТ - 7,8%), недостаточное потребление фруктов и овощей (4,4%), НФА (3,5%). В 37 из 52 европейских государств – членов ВОЗ ведущим ФР смерти остается АГ, а в 31 – табакокурение [6,7]. Кроме того, у многих лиц, особенно принадлежащих к социально неблагополучным группам, ФР часто сочетаются, взаимно усиливая друг друга [9]. В условиях Сибирских регионов, установление реальных цифр распространенности ФР в различные периоды онтогенеза популяций интересна и чрезвычайно важна для решения проблем, связанных с сохранением здоровья населения в конкретных ситуациях

Цель: изучить распространенность конвенционных факторов риска (артериальной гипертензии, избыточной массы тела, статуса курения, приема алкоголя и т.п.) у населения г. Томска.

Материал и методы: исследование проведено в рамках международного проекта, по контракту о сотрудничестве между Генеральным директоратом ВОЗ в рамках программы по изучению Здоровья России (“Epihealth Russia”), поддержанного Европейским Комитетом ВОЗ по программам - «Эпидемиологическое исследование причин роста смертности населения России» и «Мониторинг здоровья населения России». Помимо российских центров (ФГБУ «НИИ кардиологии» СО РАМН г. Томск, Российский научный онкологический центр им. Н.Н.Блохина РАМН г. Москва и Алтайская государственная медицинская академия г. Барнаул), участниками исследования являлись центры Франции, МАИР (Международное Агентство Исследования Рака, г. Лион) и Великобритании (Университет, Оксфорд). Проект в Томске осуществлялся при поддержке Администрации города и области в рамках совместной работы с практическим здравоохранением. В реализации проекта использовались стратегии Международной программы CINDI. Основные усилия были направлены на привлечение первичного звена здравоохранения к участию в исследовании, повышению информированности медицинских работников в оценке основных факторов риска ХНИЗ, обучению стандартизованным методам эпидемиологического исследования, а также на сотрудничество с различными службами (СМИ, Бюро судебной медицинской экспертизы, органов Федеральной службы государственной статистики, ЗАГС и т. д.). В проекте участвовали амбулаторные службы 15 медицинских учреждений, обслуживающих население города. Работа проводилась в период 2001-2012гг. Участковые врачи из 15 ЛПУ г. Томска были обучены стандартным методам эпидемиологического исследования (технике интервьюирования, правилам заполнения анкет, методике измерения АД и антропометрических данных, оценки факторов риска и т.д.). Использовался анкетный метод, заполнялись стандартизованные вопросники на живых и умерших членов семей; изучались архивные данные статистического управления г. Томска, данные бюро судмедэкспертизы и актовых записей бюро Загса. У членов семей проводился забор проб крови и волос с целью изучения влияния наследственных и экологических факторов. Базы данных создавались в формате “Access”, для программного обеспечения статистической обработки данных использовался пакет прикладных программ “Statistica 6.0”.

Результаты: В итоге обследовано 67 316 человек в возрасте 30-74 лет. Следует отметить высокий комплаинс исследования. Имелись лишь единичные (менее 1%) случаи отказа от осмотра и опроса, что свидетельствовало о высоком доверии населения и готовности сотрудничать с работниками первичного звена практического здравоохранения. Более половины обследованных (56,2%) составили мужчины и в основном как у группы мужчин (79,2%), так и у женщин (64,8%) это были лица трудоспособного возраста. В группе мужчин молодого возраста курило более 2/3 населения (78,2%) и ещё каждый пятый дополнительно являлся пассивным курильщиком. В группе женщин курила каждая пятая (19,2%), в молодом возрасте это было более 40% лиц и если учесть, что половина женщин (50,3%) дополнительно окуривались дома или на работе, следует прийти к выводу о том, что большинство населения курит. Основная часть (85% мужчин и 69% женщин) выкуривали в среднем одну пачку сигарет в день и 8,5% мужчин и 1% женщин ежедневно выкуривали ежедневно две и более пачки сигарет, т.е. были злостными курильщиками. Обращала внимание высокая распространенность артериальной гипертензии как у группы женщин (51,63%), так и у группы мужчин (45,5%). Отмечались различия в частоте заболевания, связанные с возрастом. Если в молодом возрасте (30-34, 35-44 лет) АГ выявлялась в группе мужчин в 2 раза чаще, то в следующих возрастных группах эти цифры выравнивались, а в

последней возрастной группе количество женщин с повышенным артериальным давлением превышало таковое у мужчин. Ассоциированным с артериальным давлением и так же распространенным фактором риска являлась избыточная масса тела, выявленная у каждого второго мужчины и каждой третьей женщины. А если прибавить к их числу лиц с различными степенями ожирения, то практически у 62% мужчин и 66,3% женщин имелся этот фактор риска. Обращал внимание также широко распространенный в группе мужчин (52,3%) андронидный (абдоминальный) тип ожирения (индекс талия/бедро более 0.9). Особенно неблагоприятным являлось наличие сочетанных вариантов различных ФР. Так, у каждого четвертого мужчины отмечалось сочетание трех факторов (26,9%), у каждого третьего-второго двух факторов риска (32,6-51,4%). У группы женщин сочетанные формы встречались значительно реже, от 6,6% (три ФР) до 8,9-41,5% (два ФР). Вместе с тем, это свидетельствовало о том, что население г. Томска можно отнести к популяциям высокого риска снижения длительности и качества жизни.

Таблица 1. Распространенность факторов риска у населения г. Томска (n=67 316)

		Мужчины	Женщины
Без факторов риска	n	745	1 958
	%	2	6,6
1 фактор риска	n	25 821	5 687
	%	68,2	19,2
Пасс. К	n	3 160	14 869
	%	8,3	50,3
АГ	n	17 137	15 121
	%	45,5	51,3
ИМТ	n	23 433	19 566
	%	62,0	66,3
2 фактора АГ+ИМТ	n	12 333	12 237
	%	32,6	41,5
АГ+К	n	14 386	2 614
	%	38,1	8,9
ИМТ +К	n	19 407	4 228
	%	51,4	14,3
3 ф.р. АГ+К+ИМТ	n	10 172	1 955
	%	26,9	6,6

Анализируя структуру причин смертности за этот период в Томске следует отметить, что первое место на протяжении всего исследуемого периода занимала смертность от болезней системы кровообращения, во втором месте у мужчин – смертность от внешних причин, у женщин – смертность от новообразований, и третью позицию занимали у женщин смертность от внешних причин – у мужчин – смертность от новообразований. Особенностью этих классов причин смерти населения являлось то, что они зависели от условий жизни и в большей мере определялись поведенческими факторами. Резкие отличия смертности мужчин и женщин Томской области наблюдались по основным классам причин смерти. Так, смертность мужчин превышала смертность женщин от новообразований в 1,4 (2001г.) – 1,3 раза (2007г.); от инфекционных и паразитарных болезней – в 3,4 – 2,1 раза; от болезней органов дыхания – в 2,9 - 2,8 раза; болезней органов пищеварения – в 1,6 - 1,3 раза; от внешних причин – в 3,7 - 3,6 раза соответственно. Исследование поведенческих факторов риска по полу и возрастным группам показало, в группах умерших мужчин выявлена широкая распространенность курения (86,5%) и употребления алкоголя (75,4%). Отмечено, что больше всего курили и употребляли алкоголь лица трудоспособного возраста, причем, у мужчин эти показатели в два и более раза превышали аналогичные данные женщин. Все эти факторы вели в итоге к увеличению смертности мужского населения, особенно это заметно в трудоспособном возрасте. Анализ структуры причин смерти населения в трудоспособном возрасте показал рост числа умерших от новообразований на 12,7%; от болезней органов дыхания – на 8,7%; от болезней органов пищеварения – на 11,8%. Первое место занимали внешние причины (несчастные случаи, убийства, самоубийства, отравления и травмы), они составляли на протяжении ряда лет 35%. Смертность мужчин и женщин в трудоспособном возрасте оказывала самое неблагоприятное воздействие на формирование и состав трудовых ресурсов области. Ежегодные потери населения трудоспособного возраста

составляли треть общего числа умерших, подавляющее число из них – мужчины (78%). Их смертность в 3,6 раза превышала смертность женщин. Рост смертности в трудоспособных возрастах и повышенная смертность мужчин вели к увеличению в населении численности вдов, несовершеннолетних сирот и одиноких женщин.

Заключение. Таким образом, выявленные особенности свидетельствовали о широком распространении и неблагоприятном профиле факторов риска у населения города, а так же о необходимости разработки и внедрения в условия практического здравоохранения профилактических мероприятий, ориентированных на конкретные факторы. Установлено, что в структуре общей смертности населения г. Томска произошли изменения: выросла доля смертей от сердечнососудистых заболеваний у мужчин и женщин, внешние причины смерти вышли на 2-е место у мужчин и на 3-е у женщин. Тренд смертности у мужчин практически в 2 раза выше, чем у женщин. Известно, что большинство неинфекционных болезней и травм можно предупреждать и контролировать через комплексную национальную программу, реализуемую на федеральном, региональном и местном уровнях, с учетом рекомендуемых, международно-признанных мер. Пришло время признать масштабность социальных и экономических факторов, влияющих на состояние здоровья, включая ответственность самих граждан за состояние собственного здоровья и ответственность государства за создание условий, позволяющих населению делать выбор в пользу здорового образа жизни.

#### Список литературы:

1. Кардиоваскулярная профилактика. Национальные рекомендации. ВНОК // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2011 – N 10. – приложение 2. – 64 с.
2. Маркес П.В. Рано умирать. Проблемы высокого уровня заболеваемости и преждевременной смертности от неинфекционных заболеваний и травм в Российской Федерации и пути их решения. Международный банк реконструкции и развития / Всемирный банк, 2006; 147 с.
3. Мониторинг поведенческих факторов риска в российских регионах CINDI в 2000 - 2002 гг. [Электронный документ]. ([http://cindi.gnicpm.ru/monitoring-regiones\\_2000-2002.htm](http://cindi.gnicpm.ru/monitoring-regiones_2000-2002.htm)). Проверено 23.05.2012.
4. Оганов Р.Г., Масленникова Г.Я. Демографическая ситуация с сердечнососудистыми заболеваниями в России: пути решения проблем // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2007. – N 6. С. 7 – 14.
5. Beaglehole R. The search for new risk factors for coronary heart disease: occupation therapy for epidemiologist? / R. Beaglehole, P. Magnus // Int. J. Epidemiol. – 2002. – Vol. 31. - P. 1117 – 1122.
6. Kannel W.B. The Framingham experience / W.B. Kannel // Coronary heart disease epidemiology. – Oxford: Oxford University Press, 1996. – P. 67 – 82.
7. O'Donnell M. Risk factors for ischemic and intracerebral hemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE Study: a case - control study Reference / M. O'Donnell, D. Xavier, L. Liu, H. Zhang // Lancet. – 2010. – Vol. 376. – P. 112 – 123.
8. WHO. Global InfoBase [Электронный документ]. ([http://www.who.int/ncd\\_surveillance/infobase/en/](http://www.who.int/ncd_surveillance/infobase/en/)) Проверено 25.05.2012.
9. WHO / Europe Mortality indicators by 67 causes of death, age and sex (HFA- MBD). [Электронный документ] – 2012 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/databases/mortality-indicators-by-67-causes-of-death,-age-and-sex-hfa-mbd>). Проверено 25.05.2012
10. Yusuf S. On behalf of the INTERHEART study investigators. Effect potentially modifiable risk factor associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study / S. Yusuf, S. Hawken, S. Ounpu et al. // Lancet. – 2004. – Vol. 364. – P. 937 – 952.

УДК 614.1:314.144(571.16)

#### Характеристика 20-летнего тренда демографической ситуации в Томске

*Конобеевская И.Н., Ефимова Е.В.*

*ФГБУ «НИИ кардиологии» СО РАМН, Томск*

*[ev@cardio.tsu.ru](mailto:ev@cardio.tsu.ru)*

В последние десятилетия в России наметилась отчетливая тенденция к катастрофическому ухудшению всех демографических показателей, а именно снижение показателя рождаемости с одновременным увеличением показателя смертности и естественной убылью населения в 78 регионах страны и 27 субъектах России, в которых проживает 93% ее населения [1,2,3]. Демографические тенденции и особенности России сегодня весьма

неблагоприятно влияют на возможности страны и ее народа. В частности, они отражаются на социальных условиях россиян, на экономическом и военном потенциале России, а также на роли страны на международной арене [8,9]. Поскольку в основе современного роста смертности лежат факторы большой инерционности: низкая культура жизнесохранительного поведения, нездоровый образ жизни, необратимая патология и ухудшение генофонда населения, неблагоприятная половозрастная структура населения, постарение населения, снижение рождаемости, затяжной экономический кризис, – они не могут быть изменены в короткое время. В то же время решение демографической проблемы должно осуществляться не только за счет повышения рождаемости, на что была в последнее время направлена государственная политика, но и на то, что является стратегически не менее важным, – снижение смертности и возрастание продолжительности жизни. Нарастающий отрицательный естественный прирост населения в России обусловлен чрезмерно высокой смертностью и относительно низкой рождаемостью, и при этом вклад высокой смертности в процесс депопуляции достаточно велик и оценивается в 65%, а вклад рождаемости – в 35% [6,7]. Кроме того, смертность более подвержена внешним воздействиям по сравнению с рождаемостью, и снизить ее можно в более короткие сроки (3–5 лет), чем повысить рождаемость (10 лет и более). В течение последних 15 лет в России ежегодно умирали более 2 млн человек, что в расчете на 1 тыс. населения в 2 раза больше, чем в Европе и США, в 1,5 раза больше, чем в среднем в мире [6,8]. В то же время характеристика медико-демографических показателей в условиях различных регионов, интересна и чрезвычайно важна для решения проблем, связанных с сохранением здоровья населения в конкретных ситуациях [4,5].

Цель исследования: изучить динамику демографической ситуации и оценить смертность населения г. Томска в период 1990-2010гг.

Таблица 1. Численность населения г. Томска по возрасту на начало года (оба пола)

Года	0-14	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65-74	15-74	75 и >	Все
1990	111556	100873	88709	77572	48881	42507	21819	380361	13592	505509
1991	109577	99802	86275	82176	48079	42637	23215	382184	13848	505609
1992	106756	98703	84302	84412	48948	42639	25094	384098	13855	504709
1993	103139	95552	81894	85292	49829	43298	27069	382934	13736	499809
1994	98910	93245	80440	85942	50955	43771	28470	382823	13776	495509
1995	91163	85778	78278	81518	49624	41928	28073	365199	12847	469209
1996	88786	84868	80893	82153	51442	42655	29057	371068	12872	472726
1997	86122	85544	81744	82185	53942	43179	29542	376136	12890	475148
1998	82603	87004	82871	81716	58104	42337	29985	382017	13118	477738
1999	79275	89270	83507	81267	63218	41129	29718	388109	13734	481118
2000	75694	91046	83788	79720	68177	39625	29334	391690	14420	481804
2001	72569	92832	84535	77991	72083	38799	29366	395606	14916	483091
2002	69286	93978	85220	76554	73974	39486	29278	398490	15790	483566
2003	67126	132936	73292	66020	67168	36650	28825	404891	16846	488863
2004	65697	130816	75889	64032	67935	37343	29112	405127	17685	488509
2005	65350	126330	79027	62296	68050	38436	29676	403815	18192	487357
2006	65229	122721	83436	61247	68661	39739	30111	405915	18735	489879
2007	66236	114362	91837	60936	68631	41933	30297	407996	18756	492988
2008	68146	104673	100533	61567	68211	45042	29602	409628	18745	496519
2009	71165	92849	112639	62161	67672	48499	28356	412176	18443	501784
2010	74518	82774	123876	63690	66135	52347	27094	415916	18170	508604

Методы исследования: в рамках “Epidemiological studies into long-term trends of population health in Russia» с участием МАИР (Международное Агентство Исследования Рака,

г.Лион, Франция), НИИ канцерогенеза РОНЦ (г.Москва, Россия) и с привлечением медицинских работников практического здравоохранения (программа CINDI-Томск) проводилось эпидемиологическое исследование, с использованием стандартизованных вопросников на умерших и живых членов их семей; изучались данные статистического управления г. Томска, областного бюро судмедэкспертизы и актовые записи бюро ЗАГСа.

Результаты: Динамика показателей численности населения г. Томска за период 1990-2010 гг., свидетельствовала о том, что вначале (1990-95гг.) происходило уменьшение общей численности населения на 36 300 чел (7,19%), затем возрастание (на 39 395 человек) и в итоге прибавление на 3 095 человек (0,6%), причем, в основном за счет групп 45 лет и старшего возраста (табл.1, рис.1). Увеличение численности населения отмечалось за счет лиц трудоспособного (на 26 496 чел., 8,3%) и старше трудоспособного (на 14 110 чел., 20,5%) возрастов, несмотря на снижение числа лиц моложе трудоспособного периода. Таким образом, если в 1990 г. доля лиц этого возраста (<16 лет) составила 118 103 (23,4%), то в 2010 – 78 384 человек (15,4%), что свидетельствовало о развившемся в настоящее время неблагоприятном рестриктивном (регрессивном) типе популяции.

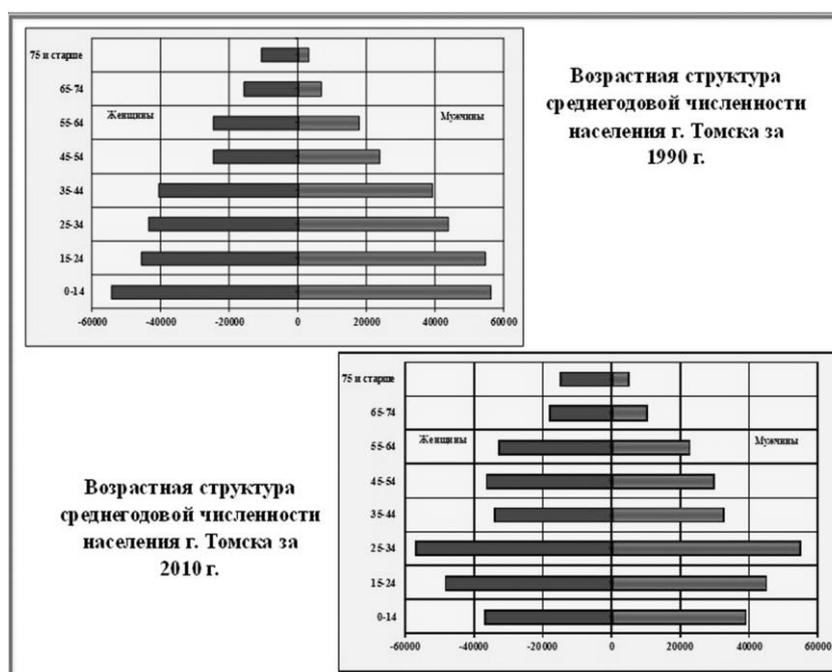


Рис. 1. Динамика возрастно-половой структуры населения г. Томска, 1990-2010гг.

Одно из главных составляющих демографических процессов – это естественный прирост населения, состоящий в разнице между числом рождений и смертей. Динамика естественного движения населения за исследуемый период (рис. 2) свидетельствовала о депопуляции – убыли его, начиная с 1992 по 2005гг., вызванной как снижением коэффициента рождаемости с 11,8 в 1990 году до 7,1 в 1993, так и одновременным повышением коэффициента смертности с 8,2 в 1991 до 13,2 в 1994 году. В тоже время, следует отметить, что, начиная с 2006 г. происходило возрастание коэффициента рождаемости (с 12,0 до 14,5), что наряду со снижением коэффициента смертности (с 11,8 до 10,5), привело в итоге к некоторому приросту населения, которое продолжалось и в последующие годы.

Интегральным демографическим показателем, характеризующим уровень и качество жизни, является ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ), обозначающая среднее количество лет предстоящей жизни человека данного поколения. Свидетельством демографического неблагополучия в г. Томске являлся низкий показатель ОПЖ (табл.2.) (который равнялся у мужчин 60,86 лет, у женщин – 73 года (в 1991году - 63,36 и 74,56 и в 2010 - 62,36 и 74,15 лет соответственно). Разрыв в продолжительности жизни женщин и мужчин составил в среднем 12,14 лет, с колебаниями от 10,68 в 1999 году до 13,42 лет в 1993. Следует отметить, что самые низкие показатели ОПЖ как у мужчин, так и у женщин были в 1993 году (57,82 и 71,24 года

соответственно), и хотя в дальнейшем произошел рост показателя, но даже в 2010 году он не достиг исходного уровня.



Рис. 2. Естественное движение населения г. Томска (1990-2010гг.)

Таблица 2. Ожидаемая продолжительность жизни населения г. Томска

	1991	1995	2000	2005	2010
мужчины	63.36	59.07	60.66	60.37	62.36
женщины	74.56	71.98	72.40	72.71	74.15
оба пола	69.01	65.18	66.37	66.47	68.29

Таким образом, резюмируя в целом результаты мониторинга данных, следует подчеркнуть, что с начала 90-х годов в условиях типичного города Западной Сибири происходила депопуляция населения, продолжающаяся до 2005 года, которая привела к убыли населения на 7,2% (36 360 человек) и затем, сменилась некоторым ростом (0,6% - 3 095 человек) числа городских жителей. Этот же период сопровождался изменением структуры населения за счет снижения доли лиц молодого возраста (<16 лет) на 8% и повышения численности групп лиц старшего возраста (мужчины >61 и женщины > 56 лет - на 3,4%, что привело к развитию неблагоприятного в прогностическом отношении регрессивного типа популяции, а так же к утрате демографического потенциала роста и постарению населения. Этот процесс нашел отражение в увеличении среднего возраста мужчин и женщин и сопровождался изменениями коэффициента демографической нагрузки. В целом можно прийти к выводу о том, что процесс демографического старения населения стал практически необратимым. Свидетельством неблагоприятного демографического развития города являлся так же низкий показатель ожидаемой продолжительности жизни, который в динамике к 2010 году (68,3 лет) не достиг исходного уровня исследования (69.1 лет). Особенно обращала внимание беспрецедентная для многих популяций мира и сохраняющаяся на высоком уровне гендерная разница в продолжительности жизни мужчин и женщин, составляющая 12,14 лет. В то же время резкое убывание численности населения после 45 лет подтверждало необходимость разработки и внедрения профилактики преждевременной смертности населения не только на индивидуальном и групповом, но, что особенно важно и обосновано результатами работы - популяционном уровнях.

#### Список литературы:

1. Вишневский А.Г. Незавершенная демографическая модернизация России / А.Г. Вишневский // SPERO. – 2009. – N 10. – С. 55 – 82.
2. Гундаров И.А. Демографическая катастрофа в России: причины, механизмы, пути преодоления. М., 2001. - 206 с.
3. Данишевский К. Д. Демографический кризис в России: оптимальные пути преодоления // Отечественные записки. – 2006. - №2 (29). – С. 50—62.
4. Касинский С. В., Дырко И. П., Ласкеева Н. И., Лаптева И. А. Томск в цифрах (2002-2009 гг.).

- Статистический сборник. — Томск: Томскстат, 2010. — 258с.
5. Кладов С.Ю., Конобеевская И.Н., Карпов Р.С. Факторы демографической нестабильности населения Томской области – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2009. – 224 с.
  6. Комаров Ю.М. Медицинские аспекты демографических процессов 22.01.2008 <http://www.demographia.ru/>
  7. Комаров Ю.М. Высокая смертность как ведущая причина депопуляции /Материалы 3 Всеросс. Форума «Здоровье нации – основа процветания России», М. 2007. – т.2,ч.2. С.96-101
  8. Неравенство и смертность в России / Под ред. В. Школьников, Е. Андреева и Т. Малевой. М.: Центр Карнеги, 2000. – с. 86.
  9. Николас Эберштадт Депопуляция - смертельная угроза для России. <http://www.inosmi.ru/translation/207544.html>.

#### Лечение рубцовых последствий ожогов

*Мельник Д.Д., Гюнтер В.Э., Шалыгин В.А., Трохимчук Н.И., Шериф Л.А.*

*Сибирский государственный медицинский университет. Россия, г. Томск*

*Донецкий национальный медицинский научно-исследовательский университет. Украина, г. Донецк*  
[kin@cardio-tomsk.ru](mailto:kin@cardio-tomsk.ru)

Ожоговая травма – это тяжелые повреждения, которые требуют многообразных методов лечения. Несмотря на постоянное совершенствование способов лечения и внедрение новых методик, конечные результаты лечения не всегда вызывают удовлетворение как комбустиологов, так и самих пациентов. Исходы после лечения ожогов могут быть:

- полное выздоровление, то есть заживление обожженной поверхности путём эпителизации (при поверхностных ожогах) или в результате кожной пластики (при глубоких ожогах) и полное восстановление функции повреждённого органа;
- заживление ожоговой раны с утратой функции повреждённого органа и области;
- заживление ожоговой раны с утратой функции, трудоспособности в той или иной степени, до полной потери её включительно;
- гипертрофические и келоидные рубцы, сопровождающиеся зудом, болезненностью, изъязвлением, выраженным косметическим дефектом.

Цель работы: изучить возможность коррекции патологических рубцов и функциональных послеожоговых нарушений, так как, несмотря на лечение пострадавших с ожогами ШБ степени в специализированных стационарах этих последствий не всегда удастся избежать.

Реабилитация обожженных лиц осуществляется во все периоды ожоговой болезни. В детской комбустиологии она имеет свои особенности, т.к. она направлена на пациента, который ещё окончательно не сформирован как личность и не может с полной ответственностью осознавать проводимых этапов лечения и профилактики. Со стороны пациента фигурирует негативное отношение к проводимым вариантам воздействия по предотвращению осложнений (своевременное изменение положения тела и отдельных его частей, наложение фиксирующих повязок, давящих повязок, проведение инфузионной терапии), особенно если эти мероприятия связаны с болевыми ощущениями и другими неудобствами. Реабилитация в этих случаях осуществляется во все периоды лечения и начинается сразу после получения травмы. Как это ни парадоксально, но достигнутые успехи по улучшению лечения тяжелообожженных, в прошлом обреченных на гибель, является теперь причиной увеличения частоты послеожоговых патологических рубцов и деформаций. Самый важный фактор для развития неправильных рубцов – рана, заживающая вторичным натяжением, особенно если заживление идёт более 3 недель – это раны подвергающиеся инфекции, длительному воспалению. Здесь происходит потеря механизма контроля, который обычно регулирует баланс ремонта ткани и регенерацию.

Различают 3 вида патологических рубцов: гипертрофические, келоидные и атрофические. Гипертрофические – толстые плотные с бугристой поверхностью, покрытые шелушащимся эпителием. Они начинают формироваться сразу после эпителизации ран, к 6-12 месяцам приобретают четкие очертания, отграничиваясь от атрофической части рубца и неповреждённой кожи, могут изъязвляться. Гипертрофические рубцы никогда не распространяются за зону повреждения. Постоянная травматизация, надрывы и изъязвления эпидермиса поддерживают хронический воспалительный процесс.

Келоидные рубцы четко очерчены, иногда возвышаются (как бы нависают) над поверхностью окружающей кожи. Границы их нередко распространяются за пределы первичного

поражения. Для них характерны резкие разрастания иногда причудливой формы. Начало роста образований часто происходит через 1-3 месяца после эпителизации ожоговой раны. Поверхность келоидов гладкая, блестящая, синюшно багрового цвета, никогда не изъязвляется. Часто больные испытывают чувство боли и жжения в рубцах. Патогенез келоидов неизвестен, некоторые авторы расценивают их как доброкачественные опухоли. Мы согласны с мнением, что несомненное влияние на развитие келоидных и гипертрофических рубцов оказывает несвоевременное, некачественное, недостаточное проведение инфузионной терапии и местного лечения ожоговых ран. На формирование патологических рубцов также оказывает влияние состояние эндокринной и иммунной системы: в зоне повреждения появляется антиген F, в ответ на который вырабатывается избыточное количество иммуноглобулина E. Все эти факторы в комплексе с другими и не до конца изученными в настоящее время, способствуют развитию патологических рубцов.

Известные консервативные методы лечения гипертрофических и келоидных рубцов (фонофорез с гормональными мазями, лидазой, обработка контрадуксом, давящие компрессионные костюмы и другие методы) не всегда позволяют добиться желаемого результата. Значительно улучшить состояние рубцовой послеожоговой ткани нам удалось добиться, используя криолечение жидким азотом (температура 196 градусов), по разработанной методике. Применялось двухкомпонентное воздействие на рубцы волокнистым тампоном в чередовании с инструментами-катками из пористого никелида титана (рис.1). Курс лечения состоял из 15-20 сеансов, которые выполнялись через 3-5 дней.

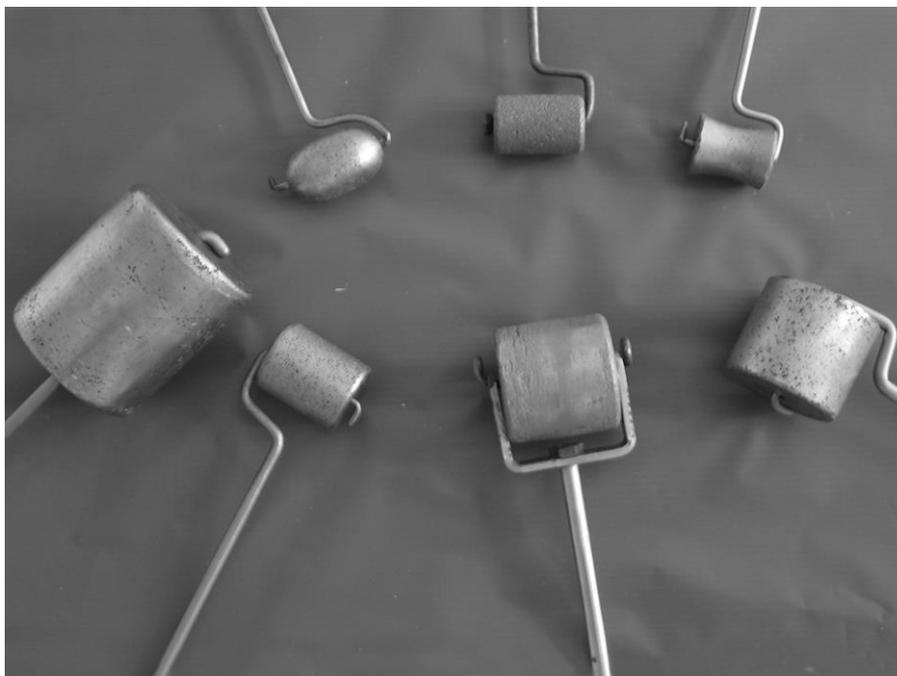


Рис 1. Инструменты из пористого никелида титана для лечения послеожоговых рубцов

Мы провели исследование у 88 пациентов, перенесших ожоги IIIA-IIIБ степени в возрасте от 2 месяцев до 15 лет с обширным поражением (8-26% поверхности тела). Гипертрофические рубцы диагностированы у 19 больных (в возрасте 2-14 лет), келоидные - у 2 (возраст 12 и 14 лет). Мы учитывали возраст обожженных детей предполагая влияние старшего возраста как фактора усиливающего рубцевание за счет более сложного характера иммунитета. У детей с ожогами грудного возраста заживление ожоговых ран происходит с более нежной эпителизацией, что как мы считаем связано с меньшим возрастным напряжением иммунологических факторов. Келоидные рубцы при ожоговом поражении встречались очень редко, закономерности в их появлении нами не выявлены. Некоторые авторы, не видят причины разделения послеожоговых рубцов на гипертрофические и келоидные, поскольку для лечения их применяют одинаковые методы, но мы считаем это нецелесообразным, т.к. келоидные рубцы более устойчивы к различным видам лечения.

Криолечение жидким азотом нами применено у 9 ожоговых реконвалесцентов с гипертрофическими рубцами через 6 месяцев после заживления ран: во всех случаях рубцовая ткань претерпела положительные изменения, она стала тоньше, мягче, эластичнее, значительно увеличилась её смещаемость, что важно при выполнении корригирующих операций при нарушенных функциях суставов. В контрольной группе эти изменения были минимальны или полностью отсутствовали, что послужило поводом для иссечения рубцовой ткани с тенденцией к повторному рубцеванию.

Криовоздействие жидким азотом нами проводилось на атрофические рубцы у 4 пациентов. Исчезновение и выравнивание тканей, расположенных ниже уровня кожи произошло у 2 пациентов при ширине 0,5-1 см. Атрофические рубцы большей площади потребовали иссечения с последующей криокоррекцией

При расположении рубцов III степени на волосистой части головы аутодермопластика не позволяет решить проблему полного выздоровления: формируются различные участки аллопеций, которые составляют косметический и моральный дефект. Наиболее эффективно удаётся исправить положение применение эндоэкспандеров (рис.2). Лечение с применением экспандерной пластики подвергнуто 28 пострадавших с утратой волосистого покрова головы в возрасте 5-15 лет. Лечение начинали не ранее, чем через 1 год, после заживления ожоговой раны (время окончательного формирования рубцовой ткани).

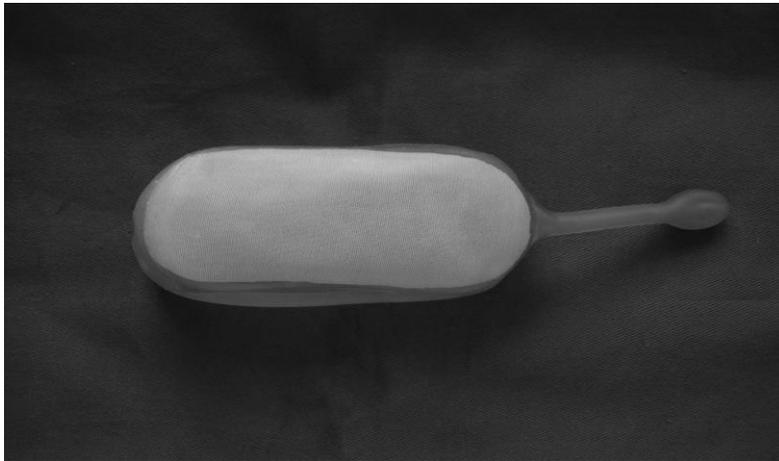


Рис.2 Внешний вид экспандера

Экспандер изготовлен из латекса или силикона, имеет вид цилиндра, от которого отходит длинная узкая «шейка», заканчивающаяся головкой, через которую проводят наполнение экспандера жидкостью. Диаметр его – 45-90мм. Устанавливаются экспандеры через линейный разрез кожи в подкожно-жировую клетчатку. На 2-3 сутки начинается наполнение его жидкостью порциями 5-10-20 мл. Через 20-35 суток с момента установления экспандера создаётся необходимый запас кожи путём растяжения участка, содержащего волосную часть. Во время операции на участке аллопеции иссекается кожный покров, не содержащий волос, образовавшийся дефект закрывается растянутой кожей волосистой части головы с растущими волосами.

Таким образом, описанные методы воздействия на послеожоговые рубцовые ткани позволяют эффективно корригировать последствия глубоких ожогов: устранить болезни патологических рубцов (зуд, боли, изъязвления, контрактуры); восстановить потерянные участки волосного покрова черепа; позволяют получить хороший функциональный и косметический результат.

Разработанные методы криолечения послеожоговых рубцов и деформаций и методы экспандерной пластики – являются важным достижением в реабилитации тяжелообожженных.

#### Список литературы:

1. Использование рубцово-измененных тканей в лечении тотальных послеожоговых контрактур шеи /П.В.Сарыгин, В.Ю.Мороз, Н.А.Ваганова и др. // II Съезд комбустиологов России. -2008.-С. 197-199.
2. Мельник Д.Д. Новое в медицинской практической криологии. - М., 2004.- С.48-50.

3. Ожоги (руководство для врачей)/ под ред. Вихриева Б.С., Бурмистрова В.М. -1981.- 327 с.
4. Чугуй Е.В. Криолечение рубцов покровных тканей: дисс. канд. мед. наук. - Томск.-2003.-149 с.
5. Фаизов Т.Т., Закирова Л.А. История детской пластической реконструктивной челюстно-лицевой хирургии в Казани // Детская хирургия.- 2013.- №2.- С. 53-56.
6. Gage A.A. Baust J. Mechanisms of tissue injury in cryosurgery //Cryobiology.- 1998.- Vol. 37, Pt.3.- P. 171-186.

**Роль цитокинов в 2,03 патогенезе воспаления при метаболическом синдроме**  
**Мурашев Б.Ю. \*, Беспалова И.Д. \*, Рязанцева Н.В. \*, Новицкий В.В. \*, Калюжин В.В. \*,**  
**Медянцева Ю.А. \*\*, Осихов И.А. \***

*\*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, Россия, Томск*

*\*\*МУЗ «Томская центральная районная больница», Россия, Томск*

[innadave@mail2000.ru](mailto:innadave@mail2000.ru)

Метаболический синдром (МС) – одна из ведущих проблем современной медицины, поскольку включает в себя различные факторы риска развития и дальнейшего тяжелого течения ряда социально значимых заболеваний, основных причин высокой смертности. [1-4, 21]. Научные знания и понимания этой проблемы 21 века подошли в настоящее время к своеобразному кризису, связанному с «перепроизводством» непрерывно обновляющейся информации о возможных проявлениях и отсутствием общепринятой доказанной концепции его патогенеза [18]. Эксперты ВОЗ признают приоритетными дальнейшее исследование патогенетических механизмов развития МС и поиск ключевых факторов, консолидирующих отдельные его компоненты, спектр которых непрерывно расширяется [Доклад Комитета экспертов ВОЗ, 2010].

В настоящее время в ряде литературных источников широко обсуждается новая теория патогенеза о взаимосвязи инсулинорезистентности (ИР) и абдоминального ожирения с хроническим вялотекущим воспалением. Непосредственное участие, в котором принимают цитокины и белки острой фазы, вырабатываемые печенью в ответ на стимуляцию цитокинами. До сих пор остаётся не ясным, отражает ли хроническое воспаление наличие уже сформировавшихся нарушений или принимает непосредственное участие в патогенезе. В качестве маркеров системного воспалительного ответа при МС и ассоциированных с ним заболеваниях рассматривают такие показатели как С-реактивный белок (СРБ), фибриноген, фактор некроза опухоли  $\alpha$  (ФНО- $\alpha$ ), интерлейкин-1 (ИЛ-1), интерлейкин-6 (ИЛ-6) и др. [6, 7, 8].

Цитокины являются группой фармакологически активных низкомолекулярных белков с ауто- и паракринным действием, которые являются продуцентами и эффекторами воспаления и иммунной системы. Цитокины могут секретировать самые различные клетки: макрофаги, эндотелиоциты, нейтрофилы, эозинофилы, фибробласты, Т-лимфоциты [15, 18]. В последнее время установлено, что цитокины способны продуцироваться также клетками жировой ткани - адипоцитами [6-13]. Согласно функциональной классификации выделяют четыре группы цитокинов. Провоспалительные цитокины, локальная продукция которых, приводит к формированию очага острого воспаления. Основными продуцентами провоспалительных цитокинов выступают моноциты, макрофаги и лимфоциты. К провоспалительным цитокинам относятся ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6, ИЛ-8, ФНО- $\alpha$ ., IFN- $\gamma$ . Хемокины, регулирующие движение клеток в организме, проникновение в зону развития воспаления. К этой группе принадлежат ИЛ-8 и MCP-1. Гемопоэтические факторы, к которым относят ИЛ-3, который помимо пролиферативной регенераторной функции численности стволовых клеток, способен стимулировать функции эозинофилов. Иммуномодулирующие цитокины ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-10 [5]. ИЛ-2 способствует активации Т- и В-лимфоцитов, ИЛ-4, ИЛ-10 способны подавлять продукцию провоспалительных цитокинов (ИЛ-1, ИЛ-6, ИЛ-8, ФНО- $\alpha$ ), то есть обладают противовоспалительным действием.

Хроническое воспаление, которое имеет место при МС, обусловлено повышенной работой иммунной системы [24]. Так установлено, что стимулированная продукция интерферона- $\gamma$ , ИЛ-1 $\beta$ , ИЛ-6 имеет более высокий уровень у пациентов с ожирением, чем у лиц с нормальной массой тела. Основными цитокинами, участвующими в патогенезе воспаления при МС, являются ИЛ-1 $\beta$ , ФНО- $\alpha$ , ИЛ-6. ИЛ-1 $\beta$  усиливает токсичность неэстерифицированных жирных кислот [20]. Наличие хронического неспецифического воспаления при ожирении [8, 9], ИР, СД 2 типа [16, 17] и ранних стадиях атеросклероза [17, 18] позволяет рассматривать воспаление как связующее звено между абдоминальным ожирением, метаболическими нарушениями и сосудистыми заболеваниями [4]. Кроме того, цитокины подавляют дифференцировку клеток предшественников

адипоцитов и индуцируют воспалительный фенотип адипоцитов, что, в свою очередь, приводит к привлечению воспалительных клеток в жировую ткань [6-13]. Висцеральная жировая ткань секретирует огромное количество биологически активных веществ называемых адипокинами, а также ФНО- $\alpha$  (кахексин) – провоспалительный цитокин, который влияет на синтез, секрецию, активность других цитокинов [6-13]. ФНО- $\alpha$  нарушает инсулиночувствительность и стимулирует липолиз [16]. Кроме того, ФНО- $\alpha$  приводит к увеличению адгезии лейкоцитов к эндотелию [15], активации воспалительных путей, опосредованных нуклеарным фактором- $\kappa$ B [17, 18], увеличению экспрессии адгезионных молекул и эндотелина-1, экспрессии матричных металлопротеиназ [19], подавлению экспрессии NO-синтазы. ФНО- $\alpha$  выполняет роль медиатора ИР при ожирении и МС, синтезируется и адипоцитами и макрофагами жировой ткани. Многие исследователи отмечают положительную корреляцию между экспрессией ФНО- $\alpha$  и индексом массы тела (ИМТ). Также снижается экспрессия ФНО- $\alpha$  и его концентрация в крови при уменьшении массы тела. ФНО- $\alpha$  стимулирует адгезивные молекулы эндотелия, повышает их синтез эндотелиальными и гладкомышечными клетками, способствуя тем самым проникновению воспалительных клеток в сосудистую стенку. ФНО- $\alpha$  уменьшает образование оксида азота, что угнетает дилатацию сосудов и способствует дисфункции эндотелия [22]. Установлено, что продукция ИЛ-6 висцеральной жировой тканью сальника примерно в 2-3 раза выше, чем продукция подкожной жировой ткани. Причем, ИЛ-6 выполняет как противо-, так и провоспалительное действия [21, 22], а дисрегуляция ИЛ-6 может играть как защитную, так и провоцирующую роль в развитии воспаления [18]. Считается, что повышение уровня ИЛ-6 приводит к увеличению ИР за счет подавления инсулинозависимого транспортёра глюкозы GLUT4 [22, 23]. Про- и противовоспалительные эффекты ИЛ-6 позволяют предположить, что ИЛ-6 нивелирует воспаление низкой степени выраженности, индуцированное другими провоспалительными медиаторами. Повышенные концентрации в сыворотке крови ФНО- $\alpha$ , ИЛ-6, СРБ и других воспалительных медиаторов подтверждают значительную роль воспаления в патогенезе МС и ожирения [6-10]. Однако вклад воспаления жировой ткани при абдоминальном ожирении в системный воспалительный ответ до конца не изучен. Нуждается в уточнении роль функциональной активности мононуклеарных лейкоцитов крови и адипоцитов и мононуклеарных лейкоцитов жировой ткани в поддержании воспалительного процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (номер государственного соглашения: 8601) и Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А).

#### Список литературы:

1. Беспалова И.Д. Системное воспаление в патогенезе метаболического синдрома и ассоциированных с ним заболеваний. // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2013 – Т. 117, № 2. – С.5-9.
2. Бутрова С.А. Висцеральное ожирение - ключевое звено метаболического синдрома // Ожирение и метаболизм.- 2004.-№ 1.-С. 10-16.
3. Зайчик А.Ш. Патохимия (эндокринно-метаболические нарушения) Учебник для студентов медицинских вузов. Изд. 3-е, дополненное и исправленное. – Спб.: ЭЛБИ-СПб, 2007. – 768 с.
4. Строев Ю.И. Классические и современные представления о метаболическом синдроме. Часть 2. патогенез // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2007.- Вып.4 – С. 3 – 14
5. Черешнев В.А. Избранные труды. Иммунология. Учебник – М.: «Магистр-пресс», 2011. – 421 с.
6. Шварц В. Я. Воспаление жировой ткани (часть 1). Морфологические и функциональные проявления. // Проблемы эндокринологии. – 2009. – Т. 55, № 4. – С. 44-49.
7. Шварц В. Я. Воспаление жировой ткани (часть 2). Патогенетическая роль при сахарном диабете 2-го типа. // Проблемы эндокринологии. – 2009. – Т. 55, № 5. – С. 43-48.
8. Шварц В. Я. Воспаление жировой ткани (часть 3). Патогенетическая роль в развитии атеросклероза. // Проблемы эндокринологии. – 2009. – Т. 55, № 6. – С. 40-45.
9. Шварц В.Я. Воспаление жировой ткани (часть 4). Ожирение — новое инфекционное заболевание? (обзор литературы). // Проблемы эндокринологии. – 2011. - № 5. – С. 63 – 71. 10. Шварц В.Я. Воспаление жировой ткани (часть 5). Взаимосвязь с физиологической инсулинрезистентностью. // Проблемы эндокринологии. – 2011. - № 6 – С. 64 – 70.
10. Шварц В. Я. Жировая ткань как орган иммунной системы. // Цитокины и воспаление. – 2009. – Т. 8, № 4. – С. 3-10.
11. Шварц В. Я. Регуляция метаболических процессов интерлейкином 6. / В. Я. Шварц // Цитокины и воспаление. – 2009. – Т. 8, № 3. – С. 3-10.

12. Шварц В. Я. Физиологическая и патологическая роль рецепторов врожденной иммунной системы жировой ткани. // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2010. - № 3. – С. 45-51.
13. Aldhahi W. Adipokines, inflammation, and the endothelium in diabetes. // Current diabetes reports. – 2003. – Vol. 3. – P. 293–298.
14. Alexandraki K. Inflammatory Process in Type 2 Diabetes. The Role of Cytokines. // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2006. – Vol. 1084. – P. 89–117.
15. Brent E.W. The inflammatory syndrome: the role of adipose tissue cytokines in metabolic disorders linked to obesity // J. Am. Soc. Nephrol.- 2004.-V. 15.-P. 2792-2800.
16. Chandron M. Adiponectin: more than just another fat cell hormone? // Diabetes Care. - 2003.-V. 26.-P. 2442-2450.
17. Coppack S.W. Pro-inflammatory cytokines and adipose tissue. // Proceedings of the Nutrition Society. – 2001. – Vol. 60. – P. 349 – 356.
18. Dandona P. The anti-inflammatory and potential anti-atherogenic effect of insulin: a new paradigm // Diabetologia.-2002.-N. 45.-P. 924-930.
19. Fantuzzi G. Adipose tissue and atherosclerosis: Exploring the connection. // Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. – 2007. – Vol. 27. – P. 996-1003.
20. Grimble R.F. Inflammatory status and insulin resistance // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.- 2002.- N. 5.-P. 551-559.
21. Hess K. Bedeutung der Fettinflammation für Insulinresistenz and Atherogenese. // Diabetes, Stoffw. Herz. – 2007. – Vol. 16. – P. 433-440.
22. Klein B.E. Components of the metabolic syndrome and risk of cardiovascular disease and diabetes in Beaver Dam // Diabetes Care. - 2002; 25: 1790-1794.
23. Lyon C.J. Adiposity, inflammation, and atherogenesis // Endocrinology.-2003.-V. 144.-P. 2195-2200.
24. Meigs J.B. Biomarkers of endothelial dysfunction and risk of type 2 diabetes mellitus. // JAMA. -2004.-V. 291.-P. 1978-1986.
25. Mu H. Adipokine resistin promotes in vitro angiogenesis of human endothelial cells. // Cardiovasc. Res. – 2006. – Vol. 70. – P. 146-157.
26. Neels J.G. Inflamed fat: what starts the fire? // J. Clin. Invest. -2006.-V. 116.-P. 33-35.
27. Panousis C.G. Interferon-gamma induces downregulation of Tangier disease gene (ATP-binding-cassette transporter 1) in macrophage-derived foam cells. // Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. – 2000. – Vol. 20. – P. 1565-1571.
28. Pickup J.C. Is type II diabetes mellitus a disease of the innate immune system? // Diabetologia. – 1998. – Vol. 41. – P. 1241–1248.
29. Unger R.H. Lipotoxic Diseases //Annu Rev. Med. -2002.-V. 53.-P.319-336.
30. Vendrell J. Resistin, adiponectin, ghrelin, leptin, and proinflammatory cytokines: relationship in obesity. // Obes Res. – 2004. – Vol. 12. – P. 962-971.
31. Weisberg S.P. Obesity is associated with macrophage accumulation in adipose tissue. // J. Clin. Invest.-2003.-V.112.-P.1796-1808.
32. Wellen K.E. Inflammation, stress, and diabetes // J. Clin. Invest.-2005.-V. 115.-P. 1111-1119.
33. Zeng M. Tumor necrosis factor-alpha-induced leukocyte adhesion and microvessel permeability. // American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology. – 2002. – Vol. 283. – P. 2420–2430.

**Терапия острых и хронических ларингитов у пациентов в зависимости от результатов бактериологического исследования микрофлоры гортани**

**Чуйкова К.И.<sup>1</sup>, Зарипова Т.Н.<sup>2</sup>, Мухина В.И.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ППС ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России

<sup>2</sup>ФГБУН «Томский НИИ курортологии и физиотерапии ФМБА России»

<sup>3</sup>МБЛПУ Поликлиника № 10

*vim16@sibmail.com*

В настоящее время лечение больных с воспалительными заболеваниями гортани остаётся актуальной проблемой. [2,4,5]. Около 80-90 % больных, страдающих патологией голоса, составляют лица трудоспособного возраста. Неправильно выбранная тактика в ведении таких больных приводят к затяжному течению воспаления, развитию осложнений, может привести к переходу заболевания в хроническую форму. При данной патологии нарушаются такие жизненно

важные функции, как голосообразующая и дыхательная, что зачастую приводит к длительной нетрудоспособности пациентов и в целом представляет сложнейшую медико-социальную проблему. [6,1].

Рост резистентности микроорганизмов и изменения в этиологической структуре инфекций гортани говорят о необходимости пересмотра терапевтических подходов [3,7,8].

Целью работы явилась разработка терапевтических комплексов для больных с острыми и хроническими ларингитами на основе результатов бактериологического исследования микрофлоры гортани.

Задачи:

1. Изучить бактериальный пейзаж слизистой гортани у пациентов с острыми и хроническими ларингитами.

2. Разработать терапевтический комплекс: антибиотик и специфический бактериофаг у больных с острыми и хроническими ларингитами с учетом выделенной микрофлоры.

3. Оценить эффективность влияния разработанного терапевтического комплекса на сокращение сроков нетрудоспособности пациентов и их индекс здоровья.

Объект и методы исследования.

В период с 2009 по 2011 гг. под нашим наблюдением находилось 123 пациента с острым и обострением хронического ларингита в возрасте от 18 до 60 лет, из них 75 женщин и 53 мужчины. Все больные были распределены в группы в зависимости от формы воспалительного процесса и его длительности. С острым ларингитом находились на лечении 43 пациентов в возрасте от 18 до 40 лет, с хроническим ларингитом в стадии обострения 80 человек, в возрасте от 18 до 60 лет. Клиническое обследование пациентов выполнялось до начала лечения и при выписке его на работу.

При этом для сравнения результатов эффективности лечения и длительности нетрудоспособности были выделены основные группы (1а - с острыми ларингитами и 2а - с обострениями хронических ларингитов) и группы сопоставления (1б и 2б, соответственно). Все группы были сопоставимы по полу и возрасту.

В основных группах (1а – 22 больных; 2а – 58 больных) проводилось этиотропное противовоспалительное лечение по разработанной нами схеме комплексной терапии (с применением антибиотиков и специфических бактериофагов), с учетом выделенной микрофлоры гортани, в группах сопоставления (1б – 21 больной, 2б – 22 больных) применяли лечение по традиционной схеме (антибиотики широкого спектра действия без учета чувствительности к выделенной микрофлоре). В обеих группах назначалась также базисная терапия: противовоспалительная десенсибилизирующая терапия, витаминотерапия и посиндромная терапия. Местная терапия применялась в обеих группах больных, в основной группе также с учетом выделенной микрофлоры и индивидуальной чувствительности к антибиотикам и бактериофагам, в группе сопоставления без учета индивидуальной чувствительности.

Все больные в обеих сравниваемых группах предъявляли жалобы на осиплость, сухой кашель, першение, сухость в гортаноглотке, слабость, снижение работоспособности, субфебрильную температуру. Выраженность жалоб зависела от длительности заболевания и остроты воспалительного процесса.

Обследование больных включало непрямую ларингоскопию, электронную ларингостробоскопию, определение времени максимальной фонации. Из лабораторных методов использовались: общий анализ крови с формулой до и после лечения. Помимо этого, каждому пациенту проводилось исследование микрофлоры гортани и ее чувствительности к антибиотикам. Чувствительность микроорганизмов к антибиотикам определяли методом дисков в соответствии с «Методическими указаниями по определению антибиотикочувствительности микроорганизмов к антибиотикам методом их диффузии в агар с использованием дисков», утвержденной МЗ СССР (приказ № 535 от 22 апреля 1985 года). Биоматериал получали путем взятия мазка со слизистой гортани в области вестибулярных складок, межчерпаловидного пространства и слизистой голосовых складок специальным ватным тампоном. Таким же образом выявлялась чувствительность к бактериофагам. Больные обследовались до лечения и после проведенного курса терапии. У исследуемых больных не было тяжелых хронических заболеваний, которые требовали дополнительного постоянного лекарственного лечения. Математическая обработка фактического материала выполнялась с помощью статистической программы SPSS 13.0. Разница частот оценивалась с помощью критериев Фишера (F) и Хи – квадрата (X<sup>2</sup>). Для сравнения показателей использовались непараметрические методы статистического анализа с расчетом критериев Вилконсона (внутригрупповое сравнение) и Манна Уитни (межгрупповое) сравнение.

Критический уровень статистической значимости (P) при проверке нулевой гипотезы принимался равным 0,05.

Полученные результаты и их обсуждение. При бактериологическом исследовании Микробный пейзаж слизистой оболочки гортани был представлен как моно-, так и сочетанными культурами микроорганизмов (Рис.1.2).

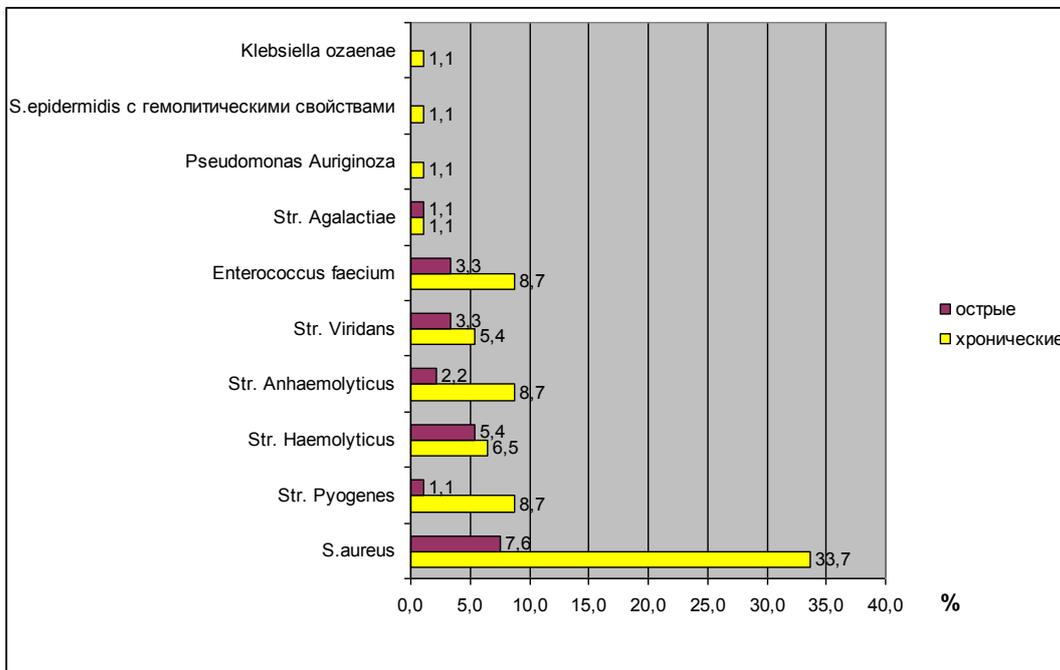


Рис.1. Микробный пейзаж слизистой оболочки гортани пациентов с острыми и хроническими ларингитами (монокультуры).

Как видно из Рис.1, в группе пациентов с острыми ларингитами (n = 22) *S.aureus* встречается у 7 больных, на втором месте *Str. haemolyticus* у 5 больных, *Enterococcus faecium* и *Str. Viridans* у 3 пациентов соответственно. У больных с обострением хронического ларингита (n = 70) преобладает возбудитель *S.aureus* у 31 больного, на втором месте *Str. Anhaemolyticus*, *Str. Pyogenes* и *Enterococcus faecium* у 8 больных, и *Str. haemolyticus* – у 6 больных на третьем месте. Остальные виды микроорганизмов встречаются в единичных случаях.

Микробные ассоциации слизистой оболочки гортани, согласно Рис. 2, у больных с острыми ларингитами (n = 6) и хроническими ларингитами (n = 9) встречались в 6 раз реже, чем монокультуры. Наиболее часто в группе пациентов с острыми ларингитами обнаруживались *S.aureus* + *Str. Anhaemolyticus* (13,3% от числа больных с микробными ассоциациями, всего - 15). Сочетания возбудителей *S.aureus* + *Str. haemolyticus* встречались только в группе пациентов с острыми ларингитами.

У пациентов с хроническим ларингитом в стадии обострения (n = 9) чаще всего обнаруживались сочетания *S.aureus* + *Str. Anhaemolyticus*, *S.aureus* + *Str. Viridans*. С наименьшей частотой определялись микробные ассоциации *S.aureus* + *Str. pyogenes*, *S.aureus* + *Str. Anhaemolyticus*. Микробные ассоциации условнопатогенных микроорганизмов с факультативными анаэробами *Str. haemolyticus* + *Candida A.*, *S.epidermidis* + *Candida A.*, *S.aureus* + *Candida A.* встречаются только в группе пациентов с хроническими ларингитами и отсутствуют в группе пациентов с острыми ларингитами.

Обращает на себя внимание, что в структуре микробного пейзажа пациентов с острыми и хроническими ларингитами доминирует *S.aureus* как в монокультурах, так и в их микробных ассоциациях.

С учетом результатов изучения микрофлоры гортани и определения её чувствительности к антибиотикам больные с острыми и хроническими ларингитами получали терапию по следующим схемам:

Терапия при острых ларингитах:

- Антибактериальная терапия антибиотиками, преимущественно широкого спектра действия.
- Посиндромная терапия (муколитическая, противовоспалительная, противокашлевая и др).
- Десенсибилизирующая терапия.
- Витаминотерапия (преимущественно витамином С).

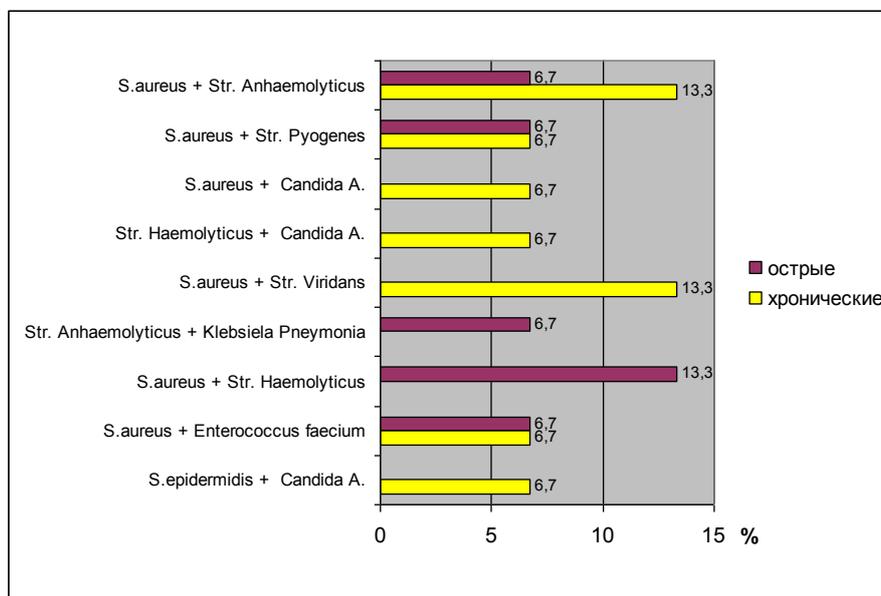


Рис.2. Микробный пейзаж слизистой оболочки гортани пациентов с острыми и хроническими ларингитами (сочетанная микрофлора).

Дополнительно ( в группе 1а) после получения результата бактериологического исследования с 4-5 дня болезни пациенту предлагали терапию антибактериальными препаратами и специфическими бактериофагами с учетом выделенной микрофлоры и чувствительности к ней антибиотиков. Одновременно начинали инстилляциии специфических бактериофагов в гортань в количестве 0,5 - 1 мл в течении 10 дней при острых ларингитах. В случае выраженности воспалительного процесса и тяжелом течении заболевания в это время пациенту назначали бактериофаг внутрь по 1 ст.л 3 раза в день в течение 10 дней.

Терапия при хронических ларингитах:

- Антибактериальная терапия резервными антибиотиками (фторхинолоны, макролиды и др.).
- Десенсибилизирующая терапия.
- Витаминотерапия (преимущественно витаминные комплексы).
- Фитотерапия.
- Диета.
- Отказ от раздражителей.

Дополнительно (в группе 2а) после получения результата бактериологического исследования с 4-5 дня болезни пациенту назначалась терапия антибактериальными препаратами и специфическими бактериофагами с учетом выделенной микрофлоры и чувствительности к ней антибиотиков. Одновременно начинали инстилляциии специфических бактериофагов в гортань в количестве 0,5 - 1 мл в течении 14 дней, а также бактериофаг внутрь по 1 ст.л 3 раза в день в течение 14 дней.

Пациентам группы сопоставления проводилась только базисная терапия.

Предложенные терапевтические комплексы защищены Патентом № 2474431, зарегистрированном в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 февраля 2013 года.

Эффективность комплексной терапии (антибиотик + бактериофаг) с учетом выделенной микрофлоры у больных с острым и хроническим ларингитом отразилось и на сокращении сроков нетрудоспособности.

В таблице 1 показана продолжительность нетрудоспособности у больных острым и хроническим ларингитом в зависимости от вида проводимой терапии.

Таблица 1. Влияние комплексной терапии на продолжительность нетрудоспособности у больных с острым и обострением хронического ларингита.

Нозологическая форма	Усредненное время нетрудоспособности больных с (дни)		Δ	P
	Основная группа (комплексная терапия)	Группа сопоставления		
Острый ларингит	8,1±3,0	19,0±4,9	10,9±7,9	0,000
Обострение хронического ларингита	16,8±3,1	29,4±4,2	12,6±7,3	0,000

Средняя продолжительность нетрудоспособности больных с острым ларингитом в результате комплексной терапии составила: 8,1±3,0 дня. Для группы сопоставления этот показатель составил 19,0±4,9 дня. Таким образом, длительность нетрудоспособности у больных в группе с острым ларингитом на фоне комбинированной терапии, проводимой с учетом выделенной микрофлоры, оказалось достоверно меньше, чем в группе сопоставления на 10,9±7,9 дня (P = 0,000).

Продолжительность нетрудоспособности больных с обострением хронического ларингита также различалась в зависимости от проводимой терапии. Продолжительность нетрудоспособности больных в результате комплексной терапии составила 16,8±3,1 дня. Для группы сопоставления этот параметр составил 29,4±4,2 дня, что больше на 12,6±7,3 дня (P = 0,000).

Таким образом, длительность нетрудоспособности у больных с острым и хроническим ларингитом на фоне комплексной терапии оказалась значительно короче, чем у больных на фоне традиционной терапии, без учета микрофлоры пациента.

Следовательно, в обоих случаях нетрудоспособность при комплексном лечении была существенно короче (U 1 тест = 11,0; P = 0,000, U2 тест = 96,5; P = 0,000), чем в группах сопоставления.

По результатам интегральной оценки клинических, функциональных и лабораторных данных был рассчитан показатель уровня здоровья (индекс здоровья – ИЗ) до и после курса лечения. В 1б подгруппе до начала лечения он составил 61,0 [54,5; 63,5]%, после лечения он возрос на 24,5% относительно исходного уровня и стал равняться 76,0 [67,0;79,0]% (P = 0,000). В 1а подгруппе индекс здоровья возрос в результате лечения на 45,3% с 53,5 [50,5; 61,2] до 78,0 [72,2; 79,0] (P = 0,000). Таким образом, прирост ИЗ в основной группе был на 24,3% большим (P < 0,05), чем в группе сопоставления. У больных с обострением хронического ларингита ИЗ возрос в группе сопоставления на 19,5% с 56,5 [50,2;59,7]% до 67,5 [59,0;75,0] %, P = 0,000. В основной группе после лечения ИЗ возрастал на 39% от исходного уровня: с 52,5[45,2;58,0] до 73,0 [65,0;78,0] %; P = 0,000, т.е на 20% больше, чем в группе сопоставления.

Таким образом, включение в лечение больных с острым и обострением хронического ларингита разработанного нами терапевтического комплекса с учетом выделенной микрофлоры позволяет не только сократить длительность нетрудоспособности, но и более качественно, особенно у больных с хроническим ларингитом, восстановить уровень здоровья пациентов.

**Выводы:**

Исследование микрофлоры гортани при острых и обострении хронических ларингитов показало, что наиболее частым возбудителем воспалительных заболеваний гортани является *S. Aureus*, как монокультура, так и в сочетаниях с другими бактериальными ассоциациями.

Учет вида микрофлоры гортани и исследование ее чувствительности к антибиотикам позволяет определить выбор специфической антибактериальной терапии – антибиотик и бактериофаг у больных с острыми и при обострении хронических ларингитов.

Разработанный комплекс лечения пациентов с учетом данных бактериологического исследования микрофлоры гортани способствует оптимизации терапии, позволяет сократить сроки заболевания и нетрудоспособности у пациентов с острыми и обострениями хронических ларингитов и восстановить уровень здоровья пациентов.

**Список литературы:**

1. Василенко Ю.С. Голос. Фониатрические аспекты.- М.: Дипак,- 2013.- 396с.
2. Демченко Е.В., Иванченко Г.Ф., Новаковский Д.Л. Современные аспекты клинко-лабораторной диагностики и лечения хронического гиперпластического ларингита.// Качество жизни. Медицина .- 2007 – с.35-38.
3. Лазарева Е.Б. Бактериофаги и пектины в коррекции нарушений микробиоценозов при гнойно-воспалительных процессах.: Автореф. дисс. докт. мед. наук, М.- 2007.-С.13.
4. Осипенко Е.В. Противовоспалительная терапия в лечении больных хроническим ларингитом.//Вестник оториноларингологии. № 4 - 2009 - с.63-65.
5. Рябова М.А., Немых О.В. Хронический ларингит: принципы патогенетического лечения. - СПб., - 2010.-139с.
6. Свистушкин В.М. Эмпирическая антибактериальная терапия при острых воспалительных заболеваниях верхних отделов дыхательных путей.// Русский медицинский журнал, том 13. - № 4. - 2005.
7. Фаттахов Б.Т. Применение пибактериофага в лечении и профилактике раневой инфекции глаза. Автореф. дисс. канд. мед. наук, Уфа.- 1999.-С.13
8. David R Harper1 & Sandra Morales. Bacteriophage therapy: practicability and clinical need meet in the multidrug-resistance era. Future Microbiol. (2012) 7(7), 797–799

#### **Современный взгляд на использование бактериофагов при воспалительных процессах**

***В.И. Мухина\*; И.А. Смородина***

*\*МБЛПУ «Поликлиника №10, Городской фониатрический кабинет» г.Томск, Россия*

*ФКУЗ МСЧ МВД России по Томской области, Россия*

*e-mail: vim16@sibmail.com*

Многолетнее применение антибиотиков при лечении различных заболеваний привело к возникновению множественной лекарственной устойчивости бактериальных штаммов к антибиотикам. На прошедшей в сентябре 2009 г. в Стокгольме конференции «Инновационные задачи в области эффективности антибактериальных препаратов» было отмечено, что только в странах ЕС от инфекций, вызванных бактериями, имеющими множественную лекарственную устойчивость, умирает более 25 000 пациентов в год. Поэтому многие исследователи говорят о серьезном «кризисе антибактериальной терапии» [10,11,12,13].

Все это заставляет искать новые подходы профилактики и лечения воспалительных заболеваний. Одним из таких подходов стало возвращение к использованию бактериофагов, от которых медицинское сообщество отказалось в середине 20-го века в связи с созданием антибиотиков широкого спектра действия.

В первой половине XX века Н.Ф. Гамалея, З.В. Ермильева, Г.М. Фишер и другие ученые внесли значительный вклад в изучение как самих бактериофагов, так и возможности их применения на практике. Явления лизиса бактерий под влиянием бактериофага открыл в 1898 г. русский ученый Н.Ф. Гамалея, в этом же году фаги стали использоваться при лечении ран и различных инфекций. В 1917 году Феликс д'Эрель назвал бактериофаги «бактериофагами» и охарактеризовал их как «вирусы, размножающиеся в бактериях». Первый известный науке отчет об успешной фаготерапии был сделан в 1921 году Брийонгом и Майсином, которые использовали стафилококковый бактериофаг для лечения инфекций кожи [5].

Бактериофаги - живые агенты, вирусы бактерий, широко распространенные в природе. В медицине используют способность бактериофагов разрушать клетки болезнетворных микроорганизмов. Литическое действие бактериофагов строго специфично. В производстве фаговых препаратов учитывают эту специфичность бактериофагов и готовят специфические бактериофаги или же поливалентные фаговые препараты - смеси бактериофагов, активных в отношении различных типов возбудителей. При применении бактериофаги не нарушают нормального биоценоза человека, могут применяться в комплексной терапии с другими лекарственными средствами.[1,2,3]

Обычно фаг состоит из головки, в которой находится одна молекула двухцепочной ДНК, хвоста и хвостовых фибрилл, образованных белковыми молекулами. Хвост и хвостовые фибриллы служат для прикрепления бактериофага к поверхности бактерии и для впрыскивания его ДНК внутрь этой бактерии. ДНК фага реплицируется и кодирует синтез белков своей оболочки, в результате чего фаг размножается в бактериальной клетке, которая в конце концов лизируется,

фаги высвобождаются и инфицируют другие клетки. Каждый фаг действует избирательно лишь против отдельных видов бактерий [3].

По характеру взаимодействия фага с клеткой все бактериофаги делятся на вирулентные (литические), вызывающие продуктивную инфекцию и лизис бактериальной клетки и на умеренные, вызывающие латентную инфекцию и ассоциацию генома вируса с бактериальной хромосомой. Умеренные фаги, в отличие от вирулентности, не вызывают гибели бактериальных клеток и при взаимодействии с ней переходят в неинфекционную форму фага, называемую профагом. Профаг - геном фага, ассоциированный с бактериальной хромосомой. Профаг, ставший частью хромосомы клетки, при ее размножении реплицируется синхронно с геномом бактерии, не вызывая ее лизиса, и передается по наследству от клетки к клетке в неограниченном числе поколений. Бактериальные клетки, содержащие в своей хромосоме профаг, называются лизогенными. Профаг в лизогенных бактериях самопроизвольно или под влиянием различных индуцированных агентов может переходить в вегетативный фаг. В результате такого превращения бактериальная клетка лизируется и продуцирует новые фаговые частицы. В ходе лизогенизации бактериальные клетки могут дополнительно приобретать новые признаки, детерминированные геномом вируса. Такое явление — изменение свойств микроорганизмов под влиянием профага - называется фаговой, или лизогенной, конверсией (проявление вирус-индуцированной трансформации) [3].

Умеренные фаги, неспособные ни при каких условиях переходить из профага в вегетативный фаг (образовывать зрелые фаговые частицы), называются дефектными, чаще это происходит в результате нарушения стадии сборки вирусных частиц. Некоторые умеренные фаги называются трансдуцирующими, поскольку с их помощью осуществляется один из механизмов генетической рекомбинации у бактерий - трансдукции. Такие фаги могут использоваться, в частности, в генной инженерии в качестве векторов для получения рекомбинантных ДНК и/или приготовления рекомбинантных (генно-инженерных) вакцин [Шлегель Г.1987. Чушков .В.2011г.].

Фаготерапия ([бактерио]фаг (Бактериофаг) + греч. theapeia лечение) метод лечения больных бактериальными инфекционными болезнями или бактерионосителей, основанный на введении в организм бактериофага. За последние 5 лет отмечено существенное увеличение количества научных статей по применению фаготерапии. Классические и новейшие клинические исследования, а также многочисленные эксперименты на животных, показали, что фаготерапия является эффективной и безопасной альтернативой использования антибиотиков при лечении бактериальных инфекций [6,7].

Следует подчеркнуть наличие ряда преимуществ применения бактериофагов (БФ) перед применением антибиотиков, которые позволяют отнести фаготерапию, к перспективным направлениям для практического здравоохранения:

БФ при лечении инфекций, высоко специфичны и не подавляют нормальную микрофлору, не нарушают естественный баланс внутренней среды организма, т. е. фаготерапия является этиотропным специфическим видом лечения;

БФ не имеют противопоказаний к применению: их можно назначать беременным, кормящим матерям и детям любого возраста, включая недоношенных;

БФ не вызывают резистентности микроорганизмов;

БФ оказывают стимулирующее влияние на функционирование гуморального и клеточного звеньев иммунитета;

БФ не обладают токсическим, алергизирующим и тератогенным эффектами;

БФ эффективны как в монотерапии, так и в комбинации с другими препаратами, в т. ч. с антибиотиками и пробиотиками [6].

Первые сообщения о результатах использования в лечение и профилактике бактериофагов при дизентерии и гнойно-септических инфекциях появились в нашей стране в начале 30-х годов 20 века. Было установлено, что лечение дизентерии фагами нужно начинать как можно раньше, до развития интоксикации. Показана безвредность препарата и его высокая эффективность при правильном применении.

В НИИ урологии МЗМП РФ совместно с НИИ стандартизации и контроля медицинских и биологических препаратов им. Л.А. Тарасовича и НПО "Иммунопрепарат" в течение 1993-1994 гг. проведено изучение клинической эффективности использования препаратов бактериофагов в лечении больных с воспалительными урологическими заболеваниями.

Хорошие результаты лечения бактериофагом при гнойно-септических процессах у урологических больных были так же получены и другими исследователями [9]. При использовании бактериофагов у онкологических больных с послеоперационными гнойно-

воспалительными осложнениями так же был отмечен положительный результат в 81,5% случаев, в то время как при назначении антибиотиков — в 60,6%. Заживление ран происходило без образования деформирующих рубцов и на 6 суток быстрее, чем без бактериофагов [Кочеткова В. А., 1989].

Хороший эффект достигался и у ожоговых больных при пероральном таблетированным лечением пиобактериофагом. В целом положительная клиническая динамика отмечена у 92,6% больных, у пациентов контрольной группы за те же сроки позитивная динамика наблюдалась в 42,5% случаев. При этом сокращалось количество больных, из крови которых высевали микроорганизмы, улучшились показатели клеточного и гуморального иммунитета. Летальность среди больных, получавших фаги, была в 5 раз меньше [8]. Использование в виде аппликаций на раны бактериофага из ацинетобактера позволило снизить уровень заболеваемости гнойно-септическими инфекциями, вызванными ацинетобактером в ожоговом стационаре в 2,2 раза. Отмечены хорошие результаты лечения бактериофагами офтальмологических заболеваний [Фаттахов Б.Т. 1999г.].

Профилактическое применение пиобактериофага позволило снизить частоту бактериальных осложнений у больных с травмой глаза в среднем в 6-7 раз. Экспериментальные исследования на кроликах показали, что его назначение в виде инстилляций и подконъюнктивальных инъекций не оказывает раздражающего и повреждающего влияния на ткани глаза, но ускоряет процесс заживления раны, уменьшает частоту развития гнойного иридоциклита [Азнабаев М. Т., Серезин И. Н., Фаттахов Б. Т. 1999].

При лечении хронического генерализованного пародонтита пиобактериофагом и интерфероном так же отмечено полное исчезновение или резкое снижение клинических признаков воспаления, удлинение сроков ремиссии и коррекция местных механизмов защиты слизистой ротовой полости [Булгакова А. И. 1999].

Во второй половине 90-х годов в Тбилиском НИИ вакцин и сывороток был создан комплексный биологический препарат «Интерфаг», содержащий интерферон и бактериофаги. Его успешно применяли в стоматологической практике для лечения пародонтита [4]. Положительный эффект его назначения составил 85%, а ремиссия продолжалась до 1 года. Отмечено, что лечение больных пародонтитом биологическими средствами приводит к значительно более высоким результатам, нежели лечение антибиотиками.

В Польше наиболее полные публикации, описывающие фаговую терапию [Slopek S. 1987], представлены Институтом иммунологии и экспериментальной медицины Академии наук Польши. Опубликованы позитивные результаты лечения 550 больных с септицемиями, абсцессами, длительно персистирующими гнойными свищами, гнойными инфекциями дыхательных путей, бронхопневмониями, перитонитами и фурункулезом.

В других публикациях из Польши сообщалось об эффективности фагов при лечении церебральных менингитов у новорожденных [Stroj L. и др 1999], а так же кожных инфекций, вызванных *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Klebsiella*, *Proteus* и *E.coli* [Cislo St. 1987], поддиафрагмальных и подпеченочных абсцессов [Kwarcinski W., 1994].

При изучении стоматологического статуса 38 ВИЧ-носителей установлено, что 61% из них страдает различными воспалительными заболеваниями пародонта, что является следствием иммунодефицитного состояния, способствующего массивной колонизации десневой борозды различными микроорганизмами, большинство их которых является парадонтопатогенными и проявляют при этом значительную устойчивость к антибиотикам. Местное лечение фаговым препаратом на гелевой основе позволило в короткий срок улучшить субъективные и объективные характеристики пародонта: повысить уровень гигиены, снизить индекс РМА и кровоточивости, а также освободить от бактериальной обсемененности десневые борозды у 80% больных, в том числе на 50% уменьшить выделение грибов рода *Candida*. Результаты, полученные при лечении фурункулеза и синдрома диабетической стопы при отсутствии положительной динамики от традиционно используемых местных препаратов (диоксин, левомеколь, ируксол и др.), также позволяют предположить возможность расширения спектра применения препаратов с бактериофагами. Кроме того, фаготерапия совместима с антибиотикотерапией и другими видами лечения бактериальных инфекций, что является немаловажным при остром течении заболевания.

Таким образом, как показал анализ изученной нами научной литературы, фаготерапия может быть очень эффективной, и имеет некоторые уникальные преимущества перед назначением антибиотиков. Она может быть противовесом росту частоты антибиотико-резистентных бактерий и дефициту создания новых классов антибиотиков.

#### Список литературы:

1. Алсынбаев М. М., Медведев К. А., Туйгунов М. М. Биопрепараты и ведущие направления их лечебно-профилактического применения: монография / - Уфа: РИО филиала «Иммунопрепарат» ФГУП НПО Микроген. МЗРФ. 2008. - 100
2. Бондаренко В.М. Клинический эффект и пути рационального использования лечебных бактериофагов в медицинской практике. Фарматека №1-2011г.-29-34;
3. Быков А.С., Быков С.А. Бактериофаги и их клиническое значение. Фарматека, № 5-2011г.- С.67-72.
4. Георгадзе И. И., Ивериели М. В., Топурия Н. В. Интерфаги при заболеваниях вирусно-бактериальной этиологии в стоматологической практике. Мед. нов. Грузии 1997; 10: 16-19].
5. Крестовникова В. А. Фаготерапия и фагопрофилактика и их обоснование в работах советских исследователей. Журн микробиол 1947; 11:56-65.;
6. Катер Э. Бактериофаги. Биология и практическое применение / под ред. Э.Каттер, А.Сулакулидзе // М: «Научный мир». – 2012. – 640 с.
7. Коротяев А.И., Бабичев С.А. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология. СПб, СпецЛит, 2008 – 4е изд.-767с.
8. Лазарева Е.Б. Бактериофаги и пектины в коррекции нарушений микробиоценозов при гнойно-воспалительных процессах.: Автореф. дисс. докт. мед. наук./М.-2007.–18с.
9. Перепанова Т.С., Дарбеева О.С., Майская Л.М. и др. Эффективность препаратов бактериофагов при лечении воспалительных урологических заболеваний// Урология и нефрология.1995.-№ 5-С.14-17.
10. Klein GO. [Bacteriophage therapy can be the rescue when antibiotics no longer work]. Lakartidningen.// 2009 Sep 30-Oct 6. Review. Swedish.
11. Kaur T, Nafissi N., Wasfi O., Sheldon K., Wettig S and al. Immunocompatibility of Bacteriophages as Nanomedicines Review Article Hindawi. Publishing Corporation. Journal of Nanotechnology. 2012; 2: 13. .
12. Debarbieux L [Experimental phage therapy in the beginning of the 21st century]. Med Mal Infect. 2008 Aug;38(8):421-5. Epub 8 Aug 9. Review. French.
13. Ever I . New perspectives of the phage therapy // Klin. Microbiol. Infekc. Lek. – 2007. - № 13(6). – P. 231-235.

**Особенности гормонального статуса в патогенезе воспаления жировой ткани при метаболическом синдроме**

**Осиков И.А., Беспалова И.Д., Мурашев Б.Ю., Рязанцева Н.В., Новицкий В.В.**

*Сибирский государственный медицинский университет, Россия, г. Томск*

[innadave@mail2000.ru](mailto:innadave@mail2000.ru)

Результаты исследований последних лет свидетельствуют о роли хронического воспаления в развитии ведущих заболеваний современности: атеросклероза, сахарного диабета, злокачественных новообразований. Полагают, что именно оно лежит в основе известного из эпидемиологических исследований достоверного учащения сочетания сахарного диабета и артрозов, увеличения частоты атеросклероза, повышенного риска инфаркта миокарда [19]. По мнению ряда авторов, сдвиг секреции адипокинов и их метаболизма при абдоминальном ожирении приводит к хроническому воспалению жировой ткани. Важнейшим патогенетическим механизмом в реализации компонентов метаболического синдрома (МС), по имеющимся отдельным данным, является активация факторов воспаления [18, 20]. Хроническое «тлеющее» воспаление жировой ткани, которое характерно для людей, страдающих ожирением, является главным этапом в развитии инсулинорезистентности и сахарного диабета типа 2 (СД 2 типа) [5, 16].

Жировая ткань (ЖТ) представляет собой многофункциональный орган, отвечающий не только за депонирование жира, но и за выработку многочисленных биологически активных молекул, таких как адипокины: адипонектин, лептин, резистин и висфатин [11]. Продукт гена ADIPOQ (адипонектин) – гормон, который синтезируется и секретируется ЖТ (преимущественно адипоцитами висцеральной области). При ожирении отмечается снижение активности и количества адипонектина в крови. Показано, что адипонектин тормозит дифференцировку преадипоцитов, что подтверждает его возможное влияние на регуляцию жировой ткани. Уровень адипонектина в плазме крови обратно пропорционален массе ЖТ и показателю ОТ/ОБ (объем талии к объему бедер). Адипонектин регулирует энергетический гомеостаз и оказывает противовоспалительный и антиатерогенный эффекты [3]. Уровень адипонектина снижается при ожирении и предполагают, что развитие СД 2 типа может быть связано с нарушением регуляции

секреции адипонектина. Провоспалительный эффект адипонектина заключается в снижении образования TNF- $\alpha$  в крови, в стенке сосудов, печени, сердце, и противодействует его воспалительным эффектам. Группой учёных из США под руководством Yukihiko Takemura [12] удалось исследовать молекулярные механизмы действия адипонектина на иммунокомпетентные клетки при воспалении. Адипонектин стимулирует эффективное очищение очага воспаления от погибших клеток благодаря воздействию на поверхностные белки макрофагов. Среди этих белков ведущую роль играет кальретикулин. Благодаря такому воздействию макрофаги усиливают свою функцию и начинают активно фагоцитировать всегда появляющиеся при воспалении погибшие клетки и их части в ЖТ. Очаг воспаления быстро очищается и воспалительный процесс не переходит в хроническую форму [8].

В настоящее время активно изучается с позиций различных состояний, ассоциированных с инсулинорезистентностью, такой гормон жировой ткани, как лептин. Он представляет собой специфический адипоцитокин, который синтезируется только в адипоцитах. Открытие лептина существенно изменило взгляд на роль ЖТ в патогенезе ряда заболеваний, включая МС [1, 9]. Ведущими биологическими функциями лептина являются: регуляция гомеостаза жирных кислот, энергетического гомеостаза, контроль действия инсулина на глюконеогенез, транспорт глюкозы. Установлено, что при МС развивается относительная лептинорезистентность с компенсаторным повышением содержания лептина в крови – гиперлептинемией [14]. Состояние инсулинорезистентности способствует снижению концентрации лептиновых рецепторов и повышению лептина в крови. В таких условиях развивается трансформация эффектов лептина: он приобретает свойства активировать воспаление, стимулировать кальцификацию сосудов, инициировать оксидативный стресс, повышать тонус симпатической нервной системы, изменять цитокиновую регуляцию, что играет важную роль в патогенезе воспалительных поражений [16]. Высокий уровень лептина в плазме крови нередко сопровождается эндотелиальной дисфункцией, оксидативным стрессом, провоспалительной и противовоспалительной цитокинемией. Лептин структурно гомологичен с TNF- $\alpha$ , IL-6 и др. семействами цитокинов и вследствие этого считается цитокиноподобной субстанцией [6]. Воспаление и тромбоз играют важную роль в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний. Одним из механизмов, связывающих воспаление и тромбообразование, является активация сигнальной системы CD40/CD40L, CD40 и CD40 лиганд-трансмембранные гликопротеиды, относящиеся к семейству рецепторов TNF и семейству TNF соответственно. CD40 и CD40L экспрессируются различными клетками атеросклеротической бляшки: В-лимфоцитами, макрофагами/моноцитами, эндотелиальными и гладкомышечными клетками [2, 15].

Участие резистина в стимуляции механизмов воспаления, активации эндотелия и пролиферации клеток гладкой мускулатуры сосудов дает возможность рассматривать его как маркер или даже этиологический фактор развития заболеваний. Он влияет на жировой обмен по принципу обратной связи: с одной стороны, его концентрация повышается при дифференцировании адипоцитов, с другой – резистин подавляет адипогенез. Резистин как причина инсулинорезистентности может быть связующим звеном между ожирением и развитием сахарного диабета и гипертонической болезни [7, 10]. На современном этапе биологические и патофизиологические эффекты резистина в организме человека до конца не выяснены, и данная проблематика остается темой для дискуссий.

В последнее время идентифицирован еще один гормон жировой ткани – висфатин, ген которого экспрессируется в висцеральном жире и способствует его дальнейшему накоплению. Не исключено, что висфатин оказывает свое биологическое действие не только через специфические рецепторы, но и через инсулиновые рецепторы. мРНК висфатина определяется в моноядерных клетках крови у больных СД 2-го типа, и ее количество в несколько раз выше у больных СД 2-го типа по сравнению с пациентами с диабетом, имеющими дефицит веса, или практически здоровыми лицами. Уровень висфатина в циркулирующих клетках крови напрямую коррелирует с индексом массы тела, окружностью талии и индексом инсулиновой резистентности. Считается, что висфатин участвует в патогенезе сосудистых осложнений диабета и атерогенезе [4] Также висфатин обладает функциями иммунной системы и является фактором роста для ранних В-клеток. Секретия висфатина осуществляется макрофагами ЖТ, продуцирующими медиаторы воспаления. Отмечено дозозависимое влияние висфатина на продукцию про- и противовоспалительных цитокинов (IL-6, IL-10, TNF- $\alpha$ ). Это обстоятельство, а также положительная корреляция с С-реактивным белком позволяет связать его функцию с системным воспалением как элементом патогенеза МС [13, 17].

Таким образом, изучение особенностей гормонального статуса является актуальным

направлением при изучении патогенеза воспаления жировой ткани, ассоциированным с метаболическим синдромом. Адекватная коррекция секреции гормонов жировой ткани, участвующих в повышении степени выраженности инсулиновой резистентности, или восстановление до нормальных значений содержания адипонектина в сыворотке крови будут способствовать лучшей компенсации углеводного обмена при сахарном диабете и профилактике развития сосудистых осложнений.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (номер государственного соглашения: 8601) и Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 13-04-01225 А).

#### Список литературы:

1. Beitowski J. Leptin and atherosclerosis // *Atherosclerosis*. – 2006. – № 189. – P. 47-60.
2. Cildir G., Akincilar S.C., Tergaonkar V. Chronic adipose tissue inflammation: all immune cells on the stage // *Trends in Molecular Medicine*. – 2013. – Vol. 19. - № 8. P. 487-500.
3. Fernandes-Real J.M., Ricard W. Insulin resistance and chronic cardiovascular inflammatory syndrome // *Endocrine Rev.* – 2003 – Vol. 4. - № 3. – P. 278-301.
4. Kadoglou N.P., Sailer N., Moutzougou A., Kapelouzou A., Tsanikidis H. et al. Visfatin (nampt) and ghrelin as novel markers of carotid atherosclerosis in patients with type 2 diabetes // *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. – 2010 – Vol. 118. – P. 75-80.
5. Kalupahana N.S., Claycombe K.J., Moustaid-Moussa N. (n-3) Fatty Acids Alleviate Adipose Tissue Inflammation and Insulin Resistance: Mechanistic Insights // *Advances in Nutrition*. – 2011. – Vol. 2. – P. 304-316.
6. Ozelik F., Yuksel C., Arslan E., Genc S., Omer B., Serdar M.A. Relationship between visceral adipose tissue and adiponectin, inflammatory markers and thyroid hormones in obese males with hepatosteatosis and insulin resistance // *Arch. Med. Res.* – 2013. – Vol. 44. - № 4. – P. 273-280.
7. Pang S.S., Le Y.Y., Role of resistin in inflammation and inflammation-related diseases // *Cell. Mol. Immunol.* – 2006. – Vol. 3(1). – P. 29-34.
8. Phillips A.C., Carroll D., Gale C.R., Drayson M., Thomas G.N., Batty G.D. Lymphocyte subpopulation cell counts are associated with the metabolic syndrome and its components in the Vietnam Experience Study // *Atherosclerosis*. – 2010. – Vol. 213. – P. 294 – 298.
9. Potenza M.V., Mechanick J.I. The metabolic syndrome: definition, global impact, and pathophysiology // *Nutr. Clin. Pract.* – 2009. – Vol. 24. - № 5. – P. 560-577.
10. Qatanani M., Szwegold N.R., Greaves D.R., Ahima R.S., Lazar M.A. Macrophage-derived human resistin exacerbates adipose tissue inflammation and insulin resistance in mice // *J. Clin. Invest.* – 2009. – Vol. 119 - № 3. – P. 531-539.
11. Ronti T., Lupattelli G., Mannarino E. The Endocrine Function of Adipose Tissue: An Update // *Clinical Endocrinology*. – 2006. – Vol. 64(4). – P. 355-365.
12. Takemura Y., Ouchi N., Shibata et al. Adiponectin modulates inflammatory reactions via calcitriol receptor-dependent clearance of early apoptotic bodies // *J. Clin. Invest.* – 2007 – Vol. 117(2). – P. 375-386.
13. Tanigawa T., Iso H., Yamagishi K., Muraki I., Kawamura N., Nakata A., Sakurai S., Ohira T., Shimamoto T. Association of lymphocyte subpopulations with clustered features of metabolic syndrome in middle-aged Japanese men // *Atherosclerosis*. – 2004 - № 173. – P. 295–300.
14. Yadav A., Kataria M.A., Saini V. Yadav A. Role of leptin and adiponectin in insulin resistance // *Clin. Chim. Acta.* – 2013. – Vol. 417. – P. 80-84.
15. Братусь В.В., Талаева Т.В. Воспаление как патогенетическая основа атеросклероза // *Укр. кардиол. журн.* – 2007. - № 1. – С. 90-96.
16. Клебанова Е.М., Балаболкина М.И. Гормоны жировой ткани и их роль в патогенезе сахарного диабета 2 типа // *Лечащий врач.* – 2010. – № 11. – С. 12-16.
17. Кузьмина-Крутецкая С.Р., Репина М.А. Метаболический синдром у женщин (методические рекомендации). – СПб.: Н-Л, 2011. – 76 с.
18. Литвинова Л.С., Кириенкова Е.В., Аксенова Н.Н., Газатова Н.Д., Затолокин П.А. Особенности клеточного иммунитета и цитокинового репертуара у пациентов с метаболическим синдромом // *Бюллетень сибирской медицины.* – 2012. - № 3. – С. 53-58.
19. Маслова О.В., Суянцов Ю.И. Эпидемиология сахарного диабета и микрососудистых осложнений // *Сахарный диабет.* – 2011. – № 3. – С. 6-11.
20. Солнцева А.В. Эндокринные эффекты жировой ткани // *Медицинские новости.* – 2009. - №3. – С.7-12.

**Оценка факторов риска развития железодефицитной анемии у детей в амбулаторно-поликлинической практике***Пономарева Д.А., Ильиных А.А., Нагаева Т. А.**ГБОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск  
d-pon@mail.ru*

В настоящее время железодефицитная анемия (ЖДА) у детей является актуальной проблемой педиатрии. По данным Всемирной организации здравоохранения распространенность ЖДА в России у детей дошкольного возраста составляет 20%, а латентного дефицита железа до 50% [2]. ЖДА оказывает негативное влияние на физическое и нервно-психическое развитие детей, способствует отягощению течения многих заболеваний, угнетению иммунного статуса [1,3]. По данным ряда авторов проживание в экологически неблагоприятных регионах, неадекватное питание беременных и кормящих женщин, нерациональное вскармливание грудных детей оказывают влияние на развитие анемии у детей раннего возраста [1, 4-6]. Вместе с тем, в практическом здравоохранении недостаточно внимания уделяется выявлению факторов риска формирования фоновой патологии и своевременной профилактике заболеваний данной группы.

Целью исследования явилось изучение факторов риска развития железодефицитной анемии у детей раннего возраста для прогнозирования анемического синдрома.

Материалы и методы. Объектом исследования явились 130 детей, прикрепленных для педиатрического наблюдения к поликлиническому отделению №2 детской больницы №1 города Томска. Основную группу составили 100 детей II группы здоровья в возрасте 3-12 месяцев с железодефицитной анемией, подтвержденной клинико-лабораторными методами. В контрольную группу вошли 30 детей без анемии, сопоставимых по полу, возрасту, группе здоровья с пациентами основной группы. Проведено клинико-anamnestическое обследование детей с детализированным изучением перинатальных факторов риска возникновения дефицита железа и факторов внешней среды (качество жизни, характер вскармливания, перенесенные заболевания). Лабораторное исследование включало определение показателей красной крови (гемоглобин, эритроциты, эритроцитарные индексы) стандартными гематологическими методами. Статистическая обработка результатов исследования проведена с использованием интегрированного пакета программ STATISTICA 6.0. Определялись средняя арифметическая ( $\bar{X}$ ) и ошибка средней арифметической ( $m$ ). Уровень статистической значимости различий сравниваемых показателей устанавливали с использованием непараметрического критерия Манн-Уитни, качественные признаки оценивали с помощью критерия  $\chi^2$ . Различия между средними величинами в сравниваемых группах считались достоверными при  $p < 0,05$ .

В результате проведенного исследования выявлено, что средний возраст детей основной группы, в котором впервые диагностировалась анемия, составил  $8,26 \pm 0,33$  месяца. Наличие факторов, определяющих риск возникновения ЖДА, имело место у всех детей данной группы. Анализ перинатальных факторов риска развития дефицита железа показал, что во время беременности у матерей 35 (35%) детей данной группы диагностировалась анемия 1-2 степени и у 27 (27%) матерей – гестоз второй половины беременности; данные состояния встречались достоверно чаще ( $p < 0,001$ ) по сравнению с аналогичными показателями детей контрольной группы. От многоплодной беременности рождено 2 (2%) ребенка, путем кесарева сечения – 24 (24%) ребенка ( $p < 0,001$ ), недоношенными – 9 (9%) детей, с задержкой внутриутробного развития (ЗВУР) 1-3 степени – 15 (15%) детей ( $p < 0,001$ ). В группу риска по развитию анемии вошли 84 (84%) ( $p < 0,001$ ) ребенка с перинатальной энцефалопатией, 10 (10%) детей с перенесенными заболеваниями органов желудочно-кишечного тракта (синдром мальадсорбции, дисбактериоз, кишечные инфекции) ( $p < 0,05$ ). Аллергические заболевания отмечались у 41 (41%) ребенка основной группы, частые острые респираторные инфекции у 67 (67%) детей, что встречалось достоверно чаще по сравнению с аналогичными показателями детей контрольной группы ( $p < 0,001$ ). Ранний перевод на искусственное вскармливание наблюдался у 16% детей, на смешанное вскармливание – у 12% детей первой группы. В контрольной группе преимущественно у всех детей отмечалось длительное грудное вскармливание, на смешанном вскармливании находилось 10% детей. Одновременное сочетание нескольких факторов, таких как раннее искусственное вскармливание, нерациональное питание, позднее введение продуктов и блюд прикорма, частые острые респираторные заболевания, дисбактериоз кишечника имело место у 67% детей основной группы, что увеличило риск развития ЖДА и способствовало реализации антенатальных факторов риска.

В результате лабораторного исследования выявлено, что уровень гемоглобина у детей основной группы составил  $103,87 \pm 0,64$  г/л, причем анемия легкой степени со снижением цифр гемоглобина (Hb) до 90-110 г/л и эритроцитов (Эр) до  $3,5 \times 10^{12}/л$  в общем анализе крови регистрировалась у 96% (96%) детей, анемия средней степени (Hb – менее 90г/л, Эр – до  $3,0 \times 10^{12}/л$ ) – у 4 (4%) детей. Показано, что анемия у данной группы детей носила микроцитарно-гипохромный характер (MCV менее 75 фл, MCH менее 27 пг, MCHC менее 32 г%).

Анализ медицинской документации (ф112/у) показал, что назначение железосодержащих препаратов в профилактических дозах детям из группы риска по развитию анемии отмечалось только у 23 (23%) детей, а своевременное лечение диагностированной ЖДА проводилось 38 (38%) детям. Проведенная своевременная ферропрофилактика у детей, имеющих антенатальные факторы риска развития железодефицита, позволила предотвратить развитие ЖДА у детей контрольной группы.

Таким образом, у всех обследованных детей с ЖДА в антенатальном и постнатальном периоде выявлялись факторы риска развития анемии, реализация которых имела место в раннем возрасте. Адекватное прогнозирование возникновения ЖДА и проведение специфической профилактики имело место только у 23 % детей. Полученные данные позволяют обосновать необходимость проведения углубленного анамнестического исследования для выявления факторов риска ЖДА и назначения превентивных мероприятий детям данной категории.

#### Список литературы:

1. Богданова Н.М., Булатова Е.М., Габрусская Т.В. Дефицит железа и его отрицательное влияние на развитие детей раннего возраста. Диетологические возможности постнатальной коррекции дефицита железа // Лечащий врач. – 2011. – №8. – С. 38-44.
2. Захарова И.Н., Горяйнова А.Н., Мачнева Е.Б. Дефицит железа у детей раннего возраста и способы его коррекции // Вопросы современной педиатрии. – 2013. – №2. – С. 52-58.
3. Казюкова Т.В., Тулупова Е.В., Алиева А.М. Отдаленные последствия дефицита железа у детей раннего возраста // Вопросы детской диетологии. – 2012. – №3. – С. 39-46.
4. Ладодо К.С., Нетребенко О.К., Старовойтов М.Л. Распространенность железодефицитных состояний у детей первых двух лет жизни // Педиатрия. – 1996. – №4. – С. 14-19.
5. Нагаева Т.А., Огородова Л.М., Кравец Е.Б. Основы превентивной педиатрии. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2007. – 272 с.
6. Щеплягина Л.А., Нестеренко О.С., Курмачева Н.А. Значение микронутриентов в улучшении состояния здоровья критических групп населения // Информационный бюллетень «Здоровье населения и среда обитания». М., 2001. - №2. - С. 7-9.

#### Виды недостаточности внешнего дыхания у ликвидаторов последствий аварии на черновыльской АЭС

*Поровский Я.В., Бодрова Т.Н., Кузнецова О.В., Тетенев Ф.Ф.*

*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г. Томск*

[porovs@sibmail.com](mailto:porovs@sibmail.com)

Виды хронической недостаточности внешнего дыхания (НВД) подразделяют в зависимости от поражения ведущего функционального звена аппарата внешнего дыхания (АВД) на вентиляционный, диффузионный, нарушение легочного кровотока или гемодинамический вид, регуляторный, а также аэрогенный вид, обусловленный, изменение газового состава вдыхаемого воздуха [5]. Для диагностики видов НВД используют клинические методы обследования (опрос, осмотр, физические методы исследования), а также параклинические методы исследования (вентиляционных показателей, диффузионной способности легких, соотношения «вентиляция – кровотоки», газового состава артериальной крови).

Ликвидаторы последствий аварии (ЛПА) на Чернобыльской АЭС подверглись внешнему  $\gamma$ -облучению в малых дозах и облучению при ингаляционном поступлении радионуклидов в составе «чернобыльской пыли» [6]. Это обосновывает углубленное исследование системы дыхания как для оценки собственно вклада облучения в часто регистрируемую среди ЛПА патологию легких, так и определения нарушения функционального звена АВД.

Материалы и методы. Обследовано 49 ЛПА на Чернобыльской АЭС через 14-16 лет после участия в восстановительных работах в 30 км зоне АЭС. У 18 диагностирована хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), у 19 – хронический бронхит (ХБ) и 12 относились к «безусловным курильщикам» табака. Группу сравнения составили пациенты, не подвергавшихся

облучению сверх естественного радиационного фона, с таким же процентом соотношения нозологических форм заболеваний бронхолегочной системы, контрольную группу - здоровые лица, не подвергавшиеся облучению, сопоставимые с ЛПА на Чернобыльской АЭС и пациентами группы сравнения по полу и возрасту.

Количественная оценка одышки у больных проводилась во время повседневной активности по шкале MRC. По показаниям проводились рентгенологическое исследование легких и ФБС.

Показатели вентиляции легких (МОД, ОЕЛ, ЖЕЛ, ФОЕ, ООЛ, ОФВ1, ПОС, МОС25, МОС50, МОС75), бронхиальное сопротивление (Raw tot) и диффузионную способность легких (TLCO), дополнительные показатели (TLCO/VA, Va/TLC, TLCOSB) определяли с использованием универсальной камеры «Masterlab Pro» (Erich Jaeger, Германия).

Показатели биомеханики дыхания (ОРД, УРД, ЭРД, ОНРД вд, ОНРД выд, Cdyn, Cst, ЭТЛ, ОНС, АС, ТТ) записывали путем одновременной регистрации спирограммы, пневмотахограммы и транспульмонального давления с помощью методики зондирования пищевода на пневмотахографе («Медфизприбор», г. Казань).

12 ЛПА на Чернобыльской АЭС с подозрением на новообразование в легких проведены компьютерная томография легких по методике высокого разрешения (КТВР) и перфузионная скинтиграфия легких (ПС). КТВР проводилась на односрезовом спиральном компьютерном томографе «Toshiba Xrgress GX» (Япония) по стандартной программе с денситометрической оценкой плотности легочной ткани. ПС легких проводилась на гамма-камере «Searle Scintiscan» (США) с  $^{99m}\text{Tc}$  – микросферами альбумина, с определением апикально-базального градиента перфузии Upper/Low (U/L).

Газовый состав крови ( $p\text{O}_2$ ,  $p\text{CO}_2$ ,  $\text{SaO}_2$ ) определяли с помощью пакета программ «Stat Profile» на приборе «Nova Biomedical» (США).

Систему центральной регуляции дыхания, ведущие составляющие функционирования нервной системы обеспечивающие пути регуляции паттерна дыхания исследовали с помощью МРТ головного мозга и электронейромиографическим методом (ЭНМГ).

При ЭНМГ определяли величину порога возбудимости, амплитуду М-ответа и скорость проведения импульса (СПИ) по двигательным волокнам предплечья (n.medianus) и на уровне голени (n.peroneus).

Состояние терминальных нервных проводников исследовали у 9 ЛПА на Чернобыльской АЭС в образцах кожно-мышечного лоскута из области задней поверхности внешне неизменной кожи голени импрегнированных 20%-м раствором азотнокислого серебра по Бильшовскому–Грос.

Результаты. Особенностью клинических проявлений заболеваний органов дыхания у ЛПА на Чернобыльской АЭС было преобладание одышки ( $(2,37 \pm 0,09)$  балла против  $(1,82 \pm 0,08)$  балла в группе сравнения), рентгенологически – большая распространенность пневмофиброза в сочетании с эмфиземой легких – у 26 (53%) против 19 (33%) ( $\chi^2 = 5,08$ ;  $p = 0,0242$ ) в группе сравнения.

Исследование вентиляционной функции легких (ВФЛ) в группе ЛПА на Чернобыльской АЭС выявило только статистически значимое увеличение МОД.

Исследование работы дыхания и ее фракций показало увеличение общей работы дыхания (ОРД) в группе ЛПА на Чернобыльской АЭС относительно группы сравнения ( $(0,64 \pm 0,08)$  кг м/мин против  $(0,41 \pm 0,06)$  кг м/мин.;  $p < 0,05$ ) за счет увеличения минутного объема дыхания (МОД) ( $(12,8 \pm 0,9)$  л/мин против  $(9,4 \pm 0,3)$  л/мин;  $p < 0,05$ ). Эластическая работа дыхания (ЭРД) в группе ЛПА на Чернобыльской АЭС была повышена за счет снижения статической растяжимости (Cst) преимущественно в подгруппе ликвидаторов, страдающих ХБ ( $(2,05 \pm 0,14)$  л кПа-1 против  $(2,63 \pm 0,13)$  л кПа-1;  $p < 0,05$ ). ОНС в группе ЛПА было повышено за счет тканевого трения на выдохе (ТТ), в том числе и за счет повышения ТТ выд у ликвидаторов – «безусловных курильщиков» ( $(0,21 \pm 0,04)$  кПа л-1 с против  $(0,05 \pm 0,01)$  кПа л-1 с ( $p < 0,001$ )).

По результатам проведенных КТВР и ПС у ЛПА на Чернобыльской АЭС выявлено нарушение перераспределения кровотока в верхние отделы легких: коэффициент перфузии U/L составил в среднем  $1,13 \pm 0,08$  против  $1,31 \pm 0,07$  в группе сравнения ( $p < 0,05$ ), при сопоставимой плотности легочной ткани в верхних, средних и нижних отделах легких. При этом у шести из двенадцати ликвидаторов более низкая плотность легочной ткани в нижних отделах легких по сравнению с верхними характеризовалась преобладанием перфузии нижних отделов, т.е. не сопровождалась соответствующим обеднением сосудистого русла. Периваскулярный фиброз присутствовал у всех 12 исследованных, против 9 (60%) из 15 пациентов группы сравнения ( $\chi^2 = 6,17$ ;  $p = 0,0130$ ).

При анализе диффузионной способности легких выявлено снижение TLCO в группе ЛПА ( $9,25 \pm 0,40$ ) ммоль/мин/кПа) относительно этого показателя у пациентов группы сравнения ( $10,63 \pm 0,64$ ) ммоль/мин/кПа;  $p < 0,05$ ), что указывало на большую выраженность у ликвидаторов изменения альвеолярно-капиллярных мембран.

Снижение парциального давления  $P_{aCO_2}$  артериальной крови отмечалось у большинства – 9 (60%) из 15 ( $\chi^2 = 5,71$ ;  $p = 0,0169$ ) ЛПА на Чернобыльской АЭС, против 5 (22%) из 23 лиц группы сравнения.

Анализ результатов МРТ головного мозга у ЛПА на Чернобыльской АЭС и пациентов группы сравнения показал увеличение у ликвидаторов размеров тела правого бокового желудочка ( $1,28 \pm 0,37$  см, против  $0,63 \pm 0,10$  см  $p < 0,05$ ), признаки ликвородинамических изменений в виде усиления интенсивности сигнала ликвора ( $1374,71 \pm 104,14$  отн. ед. против  $1259,17 \pm 134,75$  отн. ед.,  $p < 0,01$ ), при отсутствии различий в размерах других ликворосодержащих пространств (передних и задних рогов правого бокового желудочка, показателей левого бокового желудочков, правого и левого мостомозжечкового угла, поперечника, длинника третьего желудочка) и подкорковых структур, интенсивности белого вещества.

У ЛПА на Чернобыльской АЭС выявлен смешанный тип (аксональный и демиелинизирующий) поражения нервных волокон: повышение порога возбудимости ( $74,5 \pm 12,6$  мА) по отношению к пациентам группы сравнения ( $44,9 \pm 8,3$  мА,  $p < 0,05$ ), снижение амплитуды М-ответа, соответственно  $75,5 \pm 5,3$  Мкв и  $119,4 \pm 34,8$  Мкв ( $p < 0,05$ ) и снижение СПИ по двигательным волокнам, соответственно  $32,5 \pm 5,6$  м/сек и  $64,8 \pm 10,5$  м/сек ( $p < 0,05$ ).

При морфологическом исследовании терминальных нервных окончаний кожи у ЛПА на Чернобыльской АЭС в отличие от контроля, отмечались усиление тинкториальных свойств проводников, наличие дисхромии, неодинаковой величины и формы утолщения и единичные наплывы нейроплазмы по ходу многих волокон, участки истончения осевых цилиндров и разволокнения нейрофибрилярного аппарата, которые относятся преимущественно к дистрофическим, «явлениям раздражения».

Результаты и обсуждение. Наличие одышки, увеличение МОД, при отсутствии изменений в интегральных показателях ВФЛ, снижение парциального давления  $P_{aCO_2}$  артериальной крови позволило сделать заключение о гипервентиляционном синдроме (ГВС) у ЛПА на Чернобыльской АЭС.

По данным исследования механических свойств легких известно, что повышение ТТ обусловлено следующими факторами: 1) ньютоновским трением; 2) трением между хорошо и плохо вентилируемыми участками легких; 3) трением, обусловленным изменением кровенаполнения легких; 4) дыхательными изменениями распределения сурфактанта на альвеолярной (респираторной) поверхности легких. Роль 4-го фактора – сурфактанта, вероятно была мало значимой, так как его изменения сопровождаются тяжелым состоянием пациентов, существенными изменениями показателей ВФЛ (ЖЕЛ, ОФВ1, ОЕЛ). Повышение ТТ можно объяснить ньютоновским трением или структурной вязкостью вследствие развития фиброзной ткани. У ЛПА отмечалась большая распространенность пневмофиброза в сочетании с эмфиземой легких. Однако пневмофиброз был выражен умеренно (не приводил к явным рестриктивным нарушениям) и определялся не у всех пациентов. При этом ТТ было повышено практически у всех ЛПА. Можно предположить, что дополнительной причиной повышения ТТ могло быть обусловлено изменением кровотока в легких.

Выявленные особенности регионарного изменения коэффициента U/L у ЛПА предполагают локальное нарушение соотношения легочной вентиляции и кровотока (V/Q), за счет периваскулярного фиброза, приводящего к менее эффективному использованию функционально мертвого пространства. Вклад гемодинамического вида в развитие НВД на данном этапе незначителен, так как отсутствовали признаки легочной гипертензии, легочного сердца по данным рентгенологического и ЭКГ исследований. Значение этого вида может быть уточнено в динамике с помощью нелучевых методов исследования (например, ЭхоКГ), исключающих лучевую нагрузку на пациента.

Нарушение диффузионной способности легких зависит от характера заболевания и отражает состояние структур составляющих барьер - альвеолярных мембран (альвеолит), капилляра (васкулит) и степень фиброза периальвеолярного пространства. Значение диффузионного вида нарушения АД за счет легочного фиброза в развитие НВД ограничено, так как отсутствовало снижение ЖЕЛ, ОЕЛ. Другие особенности изменения альвеолярных мембран, состояние собственно мембранного компонента диффузии, может быть установлено с помощью

морфологического исследования легочной ткани – при трансбронхиальной и трансторакальной биопсии, которые в клинике проводятся по строгим показаниям.

Эффекты ионизирующего излучения (ИИ) на ткани организма определяются радиочувствительностью клеток и скоростью клеточного обновления ткани. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что радиочувствительность эндотелиоцитов, по критерию хромосомных aberrаций, близка к клеткам крови [2]. Эндотелий является основным структурным компонентом сосудистой стенки, для него характерны изменения после воздействия ИИ чувствительность к повреждающим факторам, длительная внутриклеточная компенсация повреждения, отдаленное проявление повреждения [1].

Ранее проведенные нами исследования сосудов микроциркуляторного русла (МЦР) у ЛПА на Чернобыльской АЭС в морфологических образцах миокарда правого желудочка, кожно-мышечных биоптатах из области плеча и голени выявило их генерализованное вовлечение от васкулопатии до продуктивного васкулита различной степени выраженности [3,4]. Наличие конечно воспалительных изменений сосудов МЦР в морфологических образцах кожно-мышечного лоскута (склероза сосудистой стенки, периваскулярног фиброза, запустения сосудов) свидетельствует, что нарушения трансапиллярного обмена могут быть ведущей причиной изменения миелиновых оболочек нервных волокон, широко приставленных как в периферической так и в центральных отделах нервной системы.

Выводы. У ЛПА на Чернобыльской АЭС с ХОБЛ, ХБ и «безусловных курильщиков» табака по клиническим данным, показателям основных функциональных звеньев АД, исследованию газового состава крови диагностирован ГВС. Результаты МРТ головного мозга, ЭНМГ и морфологического исследования нервных проводников свидетельствуют, что изменения миелиновых волокон могут быть ведущей причиной, приводящей к нарушению афферентных, эфферентных проводящих путей сомато-висцеральной системы, центральных (интегративных) механизмов обработки информации возникновения ГВС, хронической НВД преимущественно регуляторного вида.

#### Список литературы:

1. Воробьев Е.Н. Степанов Р.П. Ионизирующее излучение и кровеносные сосуды – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.
2. Иванов Ю.В. К вопросу о влиянии ионизирующей радиации на репродуктивную способность эндотелия кровеносных сосудов // Радиобиология. – 1970. – Т. 10, № 1. – С. 124–127.
3. Поровский Я.В., Недосеков В.В., Рыжов А.И., Тетенов Ф.Ф. Результаты патоморфологического исследования кожно-мышечного лоскута у лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующего излучения // Бюл. сиб. медицины. – 2010. – № 5. – С. 77–82.
4. Способ диагностики латентной лучевой болезни: пат. 2414707. Рос. Федерация. № 2009146498/15; заявл. 14.12.2009; опубл. 20.03.2011. Бюл. №8. – 2 с.
5. Тетенов Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенов К.Ф. и др. Исследование функции аппарата внешнего дыхания. Основы клинической физиологии дыхания: учебное пособие– 2-е изд., доп. и испр. – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2008. – 164 с.
6. Чучалин А.Г., Черняев А.Л., Вуазен К. Патология органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС – М.: Грантъ, 1998. – 272 с.

#### **Состояние щитовидной железы и коры надпочечников у детей, проживающих на территории, загрязненной радиационно-химическими веществами и микроэлементного состава волос, почв, молока**

*Матковская Т. В., Барановская Н. В., Ямановская Е.А.*

*Сибирский государственный медицинский университет, Томский государственный политехнический университет, Томск*

В апреле 1993 г, после аварии на плутониевом производстве, было выброшено в атмосферу облако радиоактивных и химических веществ (трибутилфосфат, четыреххлористый углерод, плутоний и др). Это облако прошло в северо-восточном направлении и захватило территории пос. Георгиевка, Наумовка, Надежда Томского района. Представленные исследования у детей проведены 1993-2008гг в данной местности.

Материалы исследования. Клинико-лабораторное исследование проведено у детей в зимнее время 1993-2008 гг. Дети были разделены на 2 группы: основная – дети, проживающие в радиационно-химическом следе после аварии в апреле 1993г на промышленно-ядерном комплексе

и контрольная группа дети, проживающие вне следа аварии, в 50 км от места аварии. Обследованы в 1993-1994гг 140 детей основной группы и 71 контрольной группы, в 1994-1995гг - 121 ребенок основной группы и 40 – контрольной, в 1995-1996гг - соответственно 103 детей. 41 ребенок контрольной группы обследованы дети только клинически. Кроме того дети основной группы и контрольной были разделены на постоянно проживающие и приезжие (проживание от 5мес. до 3-х лет).

Методы исследования. Проведено клиническое обследование, УЗИ щитовидной железы. Определение содержания тироксина и трийодтиронина (Т3, Т4), кортизола осуществлялось при помощи радиоиммунного метода с использованием стандартных тест наборов кортизол (-К)-стерон, К125 I-М, тироксин (Т4) – рию Т4 - 3, трийодтиронин (Т3) – рию - Т3 - 3, уровень Na, Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Br, Rb, Ag, Sb, La, Ce, Sm, Yb, Lu, Th, U, Hf, Au, Se, Ba, Sr, Cs, Tb, Ta, Eu, As, Hg исследовали методом инструментальным нейтронно-активационным анализом в волосах детей, молоке (8 проб), почвах (9 проб).

Результаты. В 1993-1994гг отмечалось увеличение щитовидной железы у 44 детей основной группы и высокое содержание Т4, кортизола, в контроле – увеличение щитовидной железы у 6 детей. В 1994-1995 гг найдено динамическое нарастание числа детей с диффузным увеличением щитовидной железы и появление симптомов гипотиреоза в основной группе детей, что свидетельствовало о напряжении в гормонально-регуляторном звене адаптационного процесса на воздействие химических веществ. В 1995-1996гг увеличение щитовидной железы определялось у 96 детей из 103 гипоплазия щитовидной железы у одного ребенка. Увеличение щитовидной железы Iа степени отмечалось у 18(17,5%) детей, Iб степени - у 61(69,2%) детей, II степени – у 17(16,5%) детей и снижение функциональных показателей щитовидной железы. В контрольной группе увеличение щитовидной железы имела место у 19 из 41 ребенка, причем Iа степени - у 14 (34,1%) детей, Iб степени - у 5(12,2%).

Таблица №1 Результаты исследования концентрации гормонов (Т3, Т4, кортизола) у школьников основной группы в динамике наблюдения (1993-1996) в зависимости от длительности проживания в данной местности.

Показатели	Местные			Приезжие		
	1993-94гг	1994-95гг	1995-96гг	1993-94гг	1994-95гг	1995-96гг
Т3	2,4±0,1	2,2±0,1	2,17±0,08	2,27±0,23	2,36±0,2	2,17±0,1
Т4	320,9±39,0	107,8±2,5**	85,8±5,6**	137,4±31,7	108,4±3,5*	71,7±4,6**
Кортизол	583,2±31,7	382,8±27,3**	335,1±7,7**	412,4±55,8	411,9±36,5	341,6±15,5**

Как видно из таблицы №1 у местных детей после аварии резко возросло содержание гормонов в щитовидной железе и коре надпочечников с последующим их достоверным снижением. В группе приезжих детей эти изменения были менее выраженными (некоторые из этих детей приехали после аварии).

Таблица №2. Результаты исследования концентрации гормонов (Т3, Т4, кортизола) у школьников контрольной группы в динамике наблюдения (1993-1996) в зависимости от длительности проживания в данной местности.

Показатели	Местные			Приезжие		
	1993-94гг	1994-95гг	1995-96гг	1993-94гг	1994-95гг	1995-96гг
Т3	2,2±0,1	2,14±0,07	-	1,96±0,07	1,97±0,09	-
Т4	108,2±3,6	76,74±3,1**	-	114,97±3,7	66,6±4,47**	-
Кортизол	338,8±21,6	412,2±24,2	335,1±7,7**	367,9±16,7	392,3±23,9	

В контрольной группе были также изменения в функции эндокринных желез, но они были менее выраженными. Менее выраженная была первичная реакция на стресс.

Динамика клинико-гормонального статуса школьников на этапах обследования указывает на поражение тиреостата и коры надпочечников, что является прогностически неблагоприятным фактором и требует медицинской коррекции.

Более значительные изменения в щитовидной железе коры надпочечников и состояния здоровья соответствовали изменениям в уровнях показателей микроэлементного состава волос

молока и почв. К 2008 г в волосах детей уменьшилось содержание Na, Sc, Cr, Fe, Co, Br, La, Cs, Sm, Tb, U, Eu, повысилось содержание Ca, Rb, Ag, Yb, Au, Se, Hg, без изменений определялся уровень Zn, Hf.

В почвах уровень микроэлементного состава был следующим: содержание Na колебалось от 15200-5200 мг/кг сухого вещества, Ca-20000-12000 мг/кг сухого вещества, Sc – 4,2-10,8 мг/кг, Cr – 234,4-54,1 мг/кг сухого вещества, Fe – 38000-12000 мг/кг, Co – 16,4-7,3 мг/кг сухого вещества, Br – 18,2-11,0 мг/кг, Rb - 70,3-29,3 мг/кг, Ag - <4 мг/кг, Sb – 1,8-0,1 мг/кг сухого вещества, La – 31,4-11,3 мг/кг, Ce – 62,8-25,3 мг/кг, Sm – 8,2-3,1 мг/кг сухого вещества, Yb – 2,9-1,0 мг/кг, Lu – 0,54- 0,18 мг/кг, Th – 7,9-2,8 мг/кг сухого вещества, U – 3,1-1,3 мг/кг, Hf – 10,8-4,1 мг/кг сухого вещества, Au – 0,049-0,009 мг/кг, Ba – 974-395 мг/кг сухого вещества, Sr - 200 мг/кг, Cs – 3,9-1,3 мг/кг, Tb – 0,99-0,28 мг/кг, Ta – 1,17-0,1 мг/кг, Eu – 1,64-0,56 мг/кг, As – 25,1-<2 мг/кг сухого вещества.

Содержание микроэлементов в молоке колебалось в следующих пределах сухого вещества: Na -4000-1800 мг/кг, Ca – 9000-4000 мг/кг, Sc – 0,007-0,001 мг/кг, Cr - 0,1 мг/кг, Fe -<100 мг/кг, Co – 0,07-0,01 мг/кг, Zn – 59,5-19,7 мг/кг, Br – 38,8-6,4 мг/кг, Rb – 10,8-3,0 мг/кг, Ag -0,1 мг/кг, Sb – 0,04 мг/кг, La – 0,07-0,01 мг/кг, Ce – 0,1 мг/кг, Sm – 0,003 мг/кг, Yb – 0,03 мг/кг, Lu – 0,04-0,02 мг/кг, Th – 0,02-0,01 мг/кг, U – 0,05 мг/кг, Hf – 0,02-0,01 мг/кг, Au – 0,002 мг/кг, Se – 0,2 мг/кг, Ba - 10 мг/кг, Sr - <15 мг/кг, Cs – 0,05 мг/кг, Tb - 0,001 мг/кг, Ta – 0,02 мг/кг, Eu – 0,01 мг/кг, As - <1 мг/кг, Hg – 1,3-0,9 мг/кг.

Таким образом, выброс химических веществ привел к изменению микроэлементного состава почв и молока. Щитовидная железа и кора надпочечников отреагировали на радиоактивные и химические вещества как при реакции на стресс в дальнейшем токсическим поражением щитовидной железы и развитием у части детей клинических признаков гипотиреоза, требующего медицинской коррекции.

УДК 616.441-006.5:576.8

#### **Нанобактериальная этиология узлового зоба**

***В.Т.Волков, Н.Н.Волкова***

*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г. Томск,*

*e-mail:vt\_volkov@rambler.ru*

В статье авторы анализируя историю изучения эндемического зоба, касаются не только классической йододефицитной теории Прево и Шатена как единственной и определяющей причины зубной эндемии и сохранившей свое влияние на современных исследователей как неопровержимая истина, но и уделяют достойное внимание инфекционной концепции зубной эндемии Мак Каррисона и, на основании собственных исследований, высказывают предложение о возможном участии в эндемической гиперплазии щитовидной железы нанобактерии, открытой финскими учеными на стыке прошлого и настоящего столетий.

Зоб известен с глубокой древности, в Ведах уже встречаются упоминания об этом заболевании, как и в более поздних сочинениях древнеримских писателей Плиния, Пертрувинуса и др. В средние века ему уделяют свое внимание Парацельс и другие исследователи, указывая на связь между кретинизмом и зобом в Швейцарии. В последующем Сосюрор подробно показаны эндемические очаги распространения зоба в альпийских местностях. В 1736 году в России одним из первых дал описание зоба Гмелин, однако интенсивное и всестороннее изучение зубной болезни началось с середины 19 века и связано оно с именами Прево, Шатена, Кохера, де Кревена, Ашофа, Вегелина, Байаргера, Мак Каррисона и др. [16]. Влияние йода на щитовидную железу было раньше всего отмечено клиницистами. Первым, кто высказал идею об этиологической роли йода в окружающей среде, водных источниках был Прево (1849г.) [16]. Другой исследователь Шатен (1850) [16] так же обратил внимание на то, что зоб встречается там, где в почве и в питьевой воде нет йода. Благодаря своим многочисленным наблюдениям и анализам йода в продуктах питания, воздухе, в водных источниках, почве долин он окончательно сформулировал теорию дефицита зоба и ее классическая модель устойчиво вошла в сознание многих современников и дошла как непогрешимая истина до наших дней и была закреплена на Ассамблее ВОЗ в 1952 году в Лондоне. Первые результаты экспериментального удаления щитовидной железы и выяснения ее роли были проведены Рейгардом [16] и Шиффом [16] в 1859 году, затем Реверденом [16] в 1882 году, однако вопрос о роли щитовидной железы был поднят Кохером [16], он один из первых обращает внимание на снижение мозговой деятельности вплоть до полного идиотизма после удаления или травмы щитовидной железы с признаками физического

недоразвития у молодых субъектов детского и подросткового возраста. Он вводит понятие *sachexia Strumipriva* и *thjreopriva*, не потерявшие значения в наши дни. Особенно резкие изменения наблюдаются у молодых животных. Гофмейстеру [16] Симпсону и Бидлю [16] удалось наблюдать резкое запаздывание в развитии собак, овец и кроликов после эксирпации щитовидной железы, а также задержку окостенения и атрофию яичников. Бауман [16] одним из первых обнаружил в щитовидной железе большое количество йода и он одним из первых выделил из щитовидной железы быка йодотирин – белковое вещество со значительным содержанием йода, а Кендалл [16] получил в кристаллическом виде гормон тироксин, содержащий йод, Грингтон и Рендаль [16] выделили дийодтирозин. По мнению первых исследователей, йод является составной частью и главным действующим началом щитовидной железы, оказывающей существенное влияние на физическое, умственное и психическое состояние организма и его репродуктивные возможности. Кохер в числе первых предупреждал с осторожностью приема йода из-за развития йодбазедевизма с возможным летальным исходом, если даже принимать в каплях йодную настойку с целью лечения и предупреждения атеросклероза. Во времена Кохера опытными клиницистами и исследователями уже были отмечены отрицательные результаты лечения йодом лиц в эндемических местностях с длительным периодом заболевания зобом и значительными морфологическими изменениями, а при узловом зобе ранние исследователи вообще не отмечали терапевтического эффекта.

Исследования Фелленберга (1926) [16] подтвердили теорию Прево и Шатена относительно этиологической роли дефицита йода при зобной болезни и окончательно легло в основу йодной профилактики в зонах эндемического зоба, закрепленную в наши дни.

Справедливости ради следует отметить, что и во времена Шатена не все исследователи разделяли непогрешимость его теории и сформулированных постулатов. Наличие эндемических очагов зобной болезни в местностях с достаточным уровнем йода в водных источниках и почве, неудачные эпизоды йодной профилактики с использованием больших доз йода подвергали сомнению идеи Прево и Шатена. Фелленберг (1926) одним из первых указал, что экскреция йода с мочой весьма вариательна и зависит не только от характера питания, но и от функциональных способностей почек, влияние на элиминацию йода сопутствующей почечной патологии.

Противники теории йодной недостаточности ссылаются на очаги эндемического зоба в Приморских береговых районах (Данциг, Голландия, Норвегия, Финляндия) где достаточное содержание йода в почве и водных источниках и йод не является специфическим средством против зоба (Лица). Авторы приводят данные, указывающие на нормальное содержание йода в ткани зоба и даже большее содержание, чем у здоровых лиц в очагах эндемического зоба. По мнению Вегелина [16], недостаток йода как активатора функции щитовидной железы должен приводить не к гиперплазии щитовидной железы, а, напротив, к ее атрофии.

Опыты с молодыми людьми, получающими воду богатую йодом из грязных источников и в сыром виде, позволили Мак Каррисону отметить увеличение щитовидной железы у добровольцев и отсутствие увеличения железы у тех, кто употреблял кипяченую воду. Де Крвен (1936) [16] получил экспериментальную гиперплазию щитовидной железы при бактериальной интоксикации.

Добавляя в питьевую воду антисептики Мак Каррисон отметил уменьшение размеров щитовидной железы у крыс, добавление же эмульсии экстракта фекальных масс больных эндемическим зобом в его исследованиях вызывает у собак, крыс и коз гиперплазию щитовидной железы, а добавление в питьевую воду и пищу салола, тимола и других антисептиков закономерно приводит к уменьшению размеров щитовидной железы у животных, что давало исследователю уверенность, что в патологии зобной болезни помимо дефицита йода и даже в условиях достаточной его концентрации действует еще какой-то инфекционный фактор, природа которого еще не ясна.

Следует особо подчеркнуть, что поиски инфекционных агентов велись Мак Каррисоном путем простой микроскопии вплоть до своей смерти, а электронный микроскоп будет изобретен лишь в последующем. Вводя фильтрат эмульсии культур анаэробных бактерий крысам Мак Каррисон получил образование экспериментального зоба у животных и их потомстве наряду с отдельными случаями экспериментального кретинизма и поражением парашитовидных желез. Многие ранние исследователи обращали внимание на роль кальция в этиологии эндемического зоба. Ашоф и Арндт указывают на значение одновременного действия дефицита йода и кальция, Мак Каррисон, Танабэ, Гельвинг [16] прибавляя к обычной пище соли кальция получили у крыс и голубей увеличение щитовидной железы с накоплением коллоида в фолликулах. Танабэ [16],

комбинируя экспериментальную йодную недостаточность с действием кальция, получил резкое увеличение щитовидной железы, но уже с картиной паренхиматозной гиперплазии.

Признавая ценность и поучительность истории изучения проблемы эндемического зоба, его этиологии и патогенеза, мы решили проверить йоддефицитную теорию Прево и Шатена в ее классическом варианте, изучения уровня йода в питьевой воде и идеи Мак Каррисона о возможном инфекционном факторе зобной болезни с использованием электронной микроскопии конденсата питьевой воды и фрагментов удаленной щитовидной железы, а также проведения коррелятивных показателей заболеваемости зобом в 5 медицинских округах Томского района за последние 5 лет. Актуальность подобного рода исследований определяется своевременной статистикой и данным ВОЗ, международного контроля за йоддефицитными заболеваниями, согласно которым во всем мире около 2 млрд. жителей Земли испытывают хронический дефицит йода [11] и создает угрозу здоровью 100 млн. нашим соотечественникам в России [12]. Диапазон клинической патологии йоддефицитных заболеваний довольно велик, распространяясь на физическое, психическое и интеллектуальное состояние подростков и взрослых. В первую очередь нами изучены фрагменты гиперплазированной щитовидной железы (узловой зоб), удаленной в ходе операции у 18 пациентов (12 женщин и 6 мужчин, средний возраст  $\pm$  30 лет). Изучение ультраструктуры проводилось методом трансмиссионной микроскопии [Карупу В.Я., 1984) ультратонкие срезы готовили по методике Б.Уикли [1975), обработанные по нашей методике молибденово-кислым аммонием (10% р-р). Полученные срезы на ультратоме Ultratom III (Швеция) рассматривали в электронном микроскопе JEM-100 CXII (JEOL Япония) с апертурной диаграммой 25-30 мкм., при ускоряющем напряжении 86 кВ. При увеличении  $\times$  19000 – 36000 нам удалось выявить в измененных участках обызвествленные ткани узлов, множественные колонии нанобактерий овоидной формы, размером 0,8-0,9 мкм, окруженных карбонат-апатитной оболочкой (данные дисперсного рентгено-структурного микроанализа ЕДХ). Колонии нанобактерий обнаружены у всех 18 пациентов. В целях идентификации нанобактерии нами дополнительно проведена иммунофлюоресцентная микроскопия с моноклональными антинанобактериальными антителами А-4003 61-81 (Nanobac, Finland), меченными флюорохромом. Аналогичные колонии нанобактерий выявлены нами в строме железы у 4 больных с паренхиматозными аденомами (2) и карциномой (2). Нанобактерия, открытая Робертом Фольком (Folk R., 1990) [19] в окружающей природе и питьевой воде, а также обнаруженная финскими исследователями (Kajander E. O.et.al, 1998) [20] у человека, относится к классу хламидий и способной к обызвествлению и поражению ткани, а также новообразованиям. Открытие ее нами в патологически измененных участках узлового зоба не исключает ее активного участия в формировании узлового зоба и малигнизации щитовидной железы. Изучение конденсата питьевой воды в 22 поселках 5 медицинских округов Томского района нами во всех заборах удалось при проведении сканирующей электронной микроскопии  $\times$  5000-80000 выявить колонии нанобактерии, что подтверждает исследования американского геолога Роберта Фолька [19]. Полученные результаты наших исследований не исключают попадания нанобактерий с питьевой водой через желудочно-кишечный тракт в щитовидную железу. С учеными Томского политехнического университета и ТУСУРа нами исследован уровень йода в питьевой воде (65 проб) в 65 поселках 5 медицинских округов Томского района. Использована методика концентрации йодид-ионов ртутно-пленочного электрода методом инверсионной вольтамперии (ТПУ). Кроме того, нами впервые проведены исследования уровня нанобактерии в 1 мл3 питьевой воды 22 поселков Томского района, изучен уровень заболеваемости (на 1000 населения) узловым зобом и диффузным его вариантом за последние 5 лет (1999-2003), исследована жесткость питьевой воды и содержание железа. Приведенные показатели коррелятивного взаимоотношения между уровнем йода в питьевой воде и уровнем заболеваемости узловым и диффузным зобом не позволили выявить связи между этими показателями ( $r_1 = -0,075$  и  $r_2 = -0,122$ ).

При изучении корреляции между уровнем заболеваемости узловым зобом на 1000 населения и концентрацией нанобактерии в 1 мл3 питьевой воды получена тесная связь между этими показателями ( $r = +0,971$ ). Сильная степень корреляции нами отмечена между уровнем заболеваемости узловым зобом на 1000 населения и жесткостью воды ( $r = +0,959$ ), а также между содержанием железа в воде и уровнем нанобактерии в 1 мл3 ( $r = +0,933$ ). Согласно выводам финских исследователей (Kajander E. O.et.al, 1998) [20], нанобактерия обладает способностью к нуклеации и осаждению кальция в связи с формированием карбонат-апатитной оболочки и единственная из класса хламидий участвует в процессах оссификации ткани и органов, выделяя белок-олигопептит она вызывает воспалительную реакцию, а проникая без особого труда в ядро клетки меняет ее информацию и запускает механизм апоптозиса клетки или ведет ее к

малигнизации (Дж.Coulton 1998) [20]. При составлении схематической карты жесткости воды, уровня йода и заболеваемости узловым зобом на 1000 населения нами получены зоны наибольшего распространения узлового зоба в зоне максимальной жесткости воды и максимального уровня йода (Лоскутовский медицинский округ), в этой же зоне наибольший уровень железа, марганца и нанобактерии.

Учитывая способность нанобактерии к осаждению кальция в питьевой воде и тканях, что приводит к повышению жесткости воды и наибольшую ее плотность в средах с большим содержанием железа (Рихванов Л.П. и соавт., Волков В.Т. и соавт., 2003) [8] следует считать эндемической территорией зобной болезни местность с большим содержанием железа, марганца и высокой плотностью нанобактерии, активно поглощающей железо, а не только уровень йода и йодурии. Определенный интерес представляет, на наш взгляд, способность щитовидной железы к утилизации йода при морфологических изменениях щитовидной железы, обусловленных локализацией в ней нанобактерии и ее способности к оксификации и воспалительным изменениям стромы железы и даже ее малигнизации. Именно этим можно объяснить эндемию зоба в местностях, богатых йодом. В природе йод находится в различных соединениях – органических и неорганических. Пул неорганического йода всасывается и не выделяется. Пул органического йода находится в соединении с тиреоидными гормонами. Щитовидная железа усваивает только неорганический йод. Значительная часть йода представлена йодатами и йодатами. Мы предполагаем, что обнаруженная нами нанобактерия у больных эндемическим зобом вызывает глубокие морфологические изменения в щитовидной железе, что приводит к нарушению утилизации йода щитовидной железой и ведет к ее компенсаторной гиперплазии.

Если дальнейшие исследования этиологической роли нанобактерии будут подтверждены в генезе эндемического зоба другими исследователями, то инфекционная природа этого заболевания в очередной раз подвергнет сомнению односторонний подход с позиции йоддефицита и специфической роли йодной профилактики эндемии зобной болезни, расширит перспективу более радикального лечения, не доводя до малигнизации щитовидной железы и ее хирургического удаления.

#### Список литературы:

1. Белякова Н.А., Колейников Д.В., Курочкин Н.Н., Лесникова Л.Б. и др. Йодный дефицит и его клинично-функциональные проявления у детей // Сибирский медицинский журнал – 2004, №4. – с.767-9.
2. Волков В.Т., Волкова Н.Н., Смирнов Г.В., Сухих Ю.И. Болезни биоминерализации (новейшая экология) Из-во «Тандем-Арт» Томск, 2004, 392 с.
3. Волков В.Т., Перспективы изучения нанобактерии в медицине // мат.7-международной конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». Барнаул-2001-с. 130-133
4. Волков В.Т., Смирнов Г.В., Волкова Н.Н., Панова Ю.К. Нанобактерия и проблема контагиозности опухоли // мат.8-международной конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». Кемерово-2002-с.140-142.
5. Волков В.Т., Смирнов Г.В., Волкова Н.Н., Сухих Ю.И. Нанобактерия // Сибирский медицинский журнал – 2003 - №3. – с.5-9.
6. Волков В.Т., Смирнов Г.В., Медведев М.А., Сухих Ю.И., Волкова Н.Н. Нанобактерия. Из-во «Твердыня» Томск, 2003г. 358 с.
7. Волков В.Т., Сухих Ю.И. Подагра. Из-во «Твердыня» Томск 2003г., 428 с.
8. Волков В.Т., Волкова Н.Н., Смирнов Г.В., Полиенко А.К., Бакиров А.Г., Рихванов Л.П., Ермолаев В.А., Сухих Ю.И. Биоминерализация в организме человека и животных. Из-во «Тандем-Арт» Томск, 496 с.
9. Волков В.Т., Смирнов Г.В., Волкова Н.Н., Цыров Г.И. Перспективы изучения нанобактерии в пульмонологии. // Доклады академии наук высшей школы России – 2004г. - №1. – с.113-122.
10. Волков В.Т., Смирнов Г.В., Волкова Н.Н., Панова Ю.К. Инфекционная теория атеросклероза, инфаркта миокарда // мат. 8-международной конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». Кемерово – 2002г. – с.150-153.
11. Герасимов Г.А., Фазея В.В., Свидеренко Н.Ю. и др. Йоддефицитные заболевания в России – М. – 2002г. – 220 с.
12. Дедов И.И., Свидеренко Н.Ю., Герасимов Г.А. и др. Оценка йодной недостаточности в отдельных регионах России // Пробл. эндокринологии – 2000 - № 8. – с.3-7
13. Мак Каррисон// цит. по [16].
14. Прево, Шатен // цит. по [16].
15. Фелленберг, де Кревен, Танабэ, Гельвинг, Пфейфер, Маринэ, Ленгард, Тайлорд, Арнд // цит. по

- [22].
16. Хетцел Б. Повесть о йодной недостаточности. Международные усилия в области питания // Пер. с англ. – М., 1994. – с.19-98.
  17. Шершевский Н.А., Степун О.А., Румянцев А.В. Основы эндокринологии. Биомедгиз. 1936г. – 631с.
  18. Delange F., Iodine Deficiency in Europe / Thyroid International / 1994 – v.3. – p.2-7
  19. Folk R.L., Lynch F.L. Nanobacteria in the laboratory in the natural environment in carbonate Sediments and rocks
  20. Folk R.L. Nanobacteria in the natural environment and in medicine // J. Minerabogy 7(1): p.87-89
  21. Kajander E.O., Kuronen J., Akerman K., Ciftioglu N. Nanobacteria from blood the smallest culturable automously replicating of Earth // Science 3 II p.420, 1997
  22. Indicators for Assessing Iodine Deficiency Disorders and Their Control Throug Salt Jodization WHO / Nut.Geneva, 1994.
  23. Zimmermann M.B., Molinari L., Spehe et al. Updated Values for Sonagrahie Provisional in Jodine-Replete School-age children // IDD Newsletter – 2001 – vol. 17, №1. p.32
  24. WHO: Indicators for Fssessing Jodine Deficiency Programmes // Report of a Ioiat WHO /UNICEF/ICCIDD Consultation – September – 1993.

УДК: 616.24-002-008.4:612.21/.24

**Отрицательный общий и эластический гистерезис легких у здоровых людей и при пневмонии**

*Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Агеева Т.С., Карзилов А.И.*  
ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, Россия, г. Томск  
[karzilov@mail.ru](mailto:karzilov@mail.ru)

Согласно законам классической механики гистерезис означает сдвиг фаз между действием силы на изучаемый предмет и результатом действия силы. Термин означает затрату работы на преодоление трения, в связи с чем фаза действия силы всегда опережает проявление результата действия силы. В механике дыхания действующей силой является внутриплевральное давление, а искомый предмет – легкие. Классический опыт Ф. Дондерса с пассивной вентиляцией легких под колоколом, имитирующим грудную клетку, резиновую мембрану, имитирующую диафрагму вошел в представление о механике дыхания в физиологию и клиническую физиологию дыхания [3] в качестве парадигмы. В современной литературе имя Ф. Дондерса не упоминается и исследовали вентиляции легких у людей при спонтанном дыхании не замечают, за редким исключением, что Ф. Дондерс проводил свой опыт с изолированными, мертвыми легкими и что в механике дыхания при жизни должны быть определенные поправки. Однако парадигма имеет свои собственные свойства способствовать развитию науки в начальном периоде её становления и тормозить – в период, когда в науке накопилось большое количество фактов, не укладывающихся в действующую парадигму [1] (в частности парадигму Ф.Дондерса) в том числе фактов, представляющих собой фундаментальное противоречие дондерсовской теории и дающих основание для смены парадигмы.

Одним из наиболее серьезных парадоксальных явлений в биомеханике дыхания является извращение общего и эластического гистерезиса легких, то есть гистерезиса с отрицательным знаком [4]. Это означает, что движения предмета связаны с действием источника силы, заключенном в самом предмете и что изучаемые движения обусловлены, по крайней мере, действием двух сил: внешней силы и силы действия внутреннего источника механической энергии. Для физиологии дыхательных движений внешней силой является сила действия дыхательной мускулатуры. Внутренний источник механической энергии все еще представляет из себя загадку: легочная паренхима – весьма тонкая структура, гипотезы о вероятной функции гладкой мускулатуры в этом отношении не имеют поддержки официальной физиологии. Современный уровень развития клинической физиологии дыхания и клинической фармакологии пока устраивает простая, привычная модель легких в виде пассивного эластического органа и бронхиального дерева с гладкой мускулатурой. Эта мускулатура способна сокращаться, повышая бронхиальное сопротивление и расслабляться, способствуя расширению бронхов. При этом исследователей не интересует тот источник силы, который расширяет бронхи при расслаблении мышц, суживающих их просвет [5]. Ранее было описано извращение дыхательной петли спонтанного дыхания. Это явление встречалось сравнительно редко и расценивалось как

вероятное проявление артефактов, однако было достаточно оснований рассматривать извращение петли общего легочного гистерезиса проявлением повышенного проявления механической активности легких. Регистрация дыхательного объема производилась с помощью механической системы регистрации, инерция которой могла увеличить гистерезис, но не уменьшить до такой степени, чтобы он стал отрицательным.

Целью настоящего исследования было повторить исследования общего и эластического гистерезиса с помощью безинерционной методики регистрации изменения легочных объемов (пневмотахограммы) и построения диаграммы давление-объем традиционным методом и с помощью компьютера.

Биомеханика дыхания исследовалась у 17 практически здоровых людей и 28 больных внебольничной пневмонией. Средний возраст исследованных здоровых лиц составлял  $28,2 \pm 1,6$  лет, больных –  $24,3 \pm 2,1$  года. Исследования проводились после подписания информированного согласия и здоровых лиц и пациентов пневмонией. Утром натощак исследуемому лицу специальный зонд с латексным баллоном на конце вводился через нос в нижнюю треть пищевода. Исследуемый дышал в пневмотахографическую трубку с прерывателем воздушного потока. Транспульмональное давление (разница между давлением в пищеводе и во рту исследуемого) регистрировали одновременно с пневмотахограммой, которая интегрировалась в спирограмму с помощью многоканального самописца и специально оборудованного компьютера. Специальное исследование заключалось в том, что исследуемый совершал дыхательные движения, глубиной близкой к половине жизненной ёмкости легких и частотой от 4 до 7 дыханий в 1 мин. Глубина и частота дыхания определялись пределами комфортного дыхания индивидуально самим исследуемым. На вдохе и выдохе производились по 3 прерывания воздушного потока на 0,5 с. При этом на спирограмме регистрировалось плато, а на пневмотахограмме – отсутствие воздушного потока. На кривой транспульмонального давления регистрировались фигуры, отражающие величины альвеолярного давления соответственно на вдохе и выдохе. Минутный объем дыхания рассчитывали с учетом суммарного времени прерывания воздушного потока. По величинам динамического транспульмонального давления строилась петля общего легочного гистерезиса. Внутри петли откладывались величины альвеолярного давления, измеренного на вдохе и выдохе, соответственно по 3 величины и строили петлю эластического гистерезиса. Величины общего и эластического гистерезиса выражали в единицах работы дыхания (кгм/мин). При построении петель общего и эластического гистерезиса обращали внимание на положение диаграммы давление-объем на вдохе – она располагалась в зоне более низкого давления, по сравнению с таковой, на выдохе гистерезис был положительным, что не противоречило классическим законам механики. В тех случаях, когда диаграмма общего и (или) эластического гистерезиса на вдохе располагалась ниже, по сравнению с таковой на выдохе, гистерезис был положительным и не противоречил классическим законам механики. В тех случаях, когда диаграмма общего и (или) эластического гистерезиса на вдохе располагалась выше таковой на выдохе, гистерезис был извращенным и противоречил классическим законам механики. Противоречие состояло в том, что при извращении гистерезиса объем легких изменяется раньше, по сравнению с изменением давления. Это означало, что дыхательные движения легких в случаях извращения гистерезиса осуществлялись внутрилегочным источником механической энергии. Изменения же внутригрудного давления были дополнением к инспираторному или экспираторному действию внутрилегочного источника механической энергии.

Результаты исследования. Минутный объем дыхания у здоровых людей при исследовании гистерезиса составлял в среднем  $18,6 \pm 6,1$  л/мин. Эластический гистерезис варьировался от  $-0,477$  до  $0,107$  и составлял в среднем  $-0,062 \pm 0,035$  кгм/мин. У 11 исследованных лиц он был отрицательным и у 6 – положительным.

Общий легочный гистерезис у здоровых людей варьировался от  $-0,202$  до  $0,189$  и составлял в среднем  $0,060 \pm 0,024$  кгм/мин. У 4 исследованных лиц он был отрицательным.

У больных пневмонией при МОД равном в среднем  $17,2 \pm 4,13$  л/мин эластический гистерезис варьировался от  $-0,303$  до  $0,343$  и составлял в среднем  $-0,097 \pm 0,034$  кгм/мин. У 18 больных он был отрицательным и у 9 – положительным. Общий гистерезис варьировался от  $-0,031$  до  $0,305$  и составлял в среднем  $0,193 \pm 0,054$  кгм/мин. Только у 2 больных он был отрицательным.

Таким образом, извращение эластического гистерезиса у здоровых людей отмечалось у большинства здоровых людей и больных пневмонией. Положительный эластический гистерезис расценивался как затрата работы дыхания на преодоление тканевого трения. Отрицательный эластический гистерезис свидетельствовал о преодолении тканевого трения за счет работы внутрилегочного источника механической энергии. Кроме того отрицательная величина

эластического гистерезиса соответствовала величине потенциальной работы внутрилегочного источника механической энергии по преодолению сопротивления клапана, прерывающего воздушный поток. По величине отрицательного эластического гистерезиса в описанных условиях было предложено оценивать максимальную потенциальную работу внутрилегочного источника механической энергии [6]. Отрицательный общий легочный гистерезис определялся только у отдельных исследованных лиц, однако сам факт наблюдения этого явления указывает на реальность выраженной способности легких самостоятельно участвовать в механизме дыхательных движений.

#### Список литературы:

1. Кун Т. Структура научных революций: пер. с англ. М., 1975. – 283 с.
2. Тетенев Ф.Ф. Биомеханика дыхания. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 152 с.
3. Тетенев Ф.Ф. Обструктивная теория нарушения внешнего дыхания. Состояние, перспективы развития. // Бюлл. сибирской медицины, 2005. – №4. – С. 14 – 26.
4. Тетенев Ф.Ф. Обоснование к новому пониманию физиологии механического движения внутренних органов. // Бюлл. сибирской медицины, 2012. – №4. – С. 86 – 92.
5. Тетенев Ф.Ф. Для чего необходимо исследовать механику диастолы сердца, пульсовой волны и расширения внутренних органов, не имеющих скелета. // Сиб. мед. журнал, 2013. – Т.28, №1. – С. 117 – 123.
6. Пат. № 2432901 Россия. Способ определения максимальной работы внутрилегочного источника механической активности. Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Агеева Т.С., Левченко А.В., Диш А.Ю., Ларченко В.В., Карзилов А.И., Камалов М.Н. // Бюл. откр. и изобр., 2011. – №20.

УДК: 616.24-008.711.1-072.7.612.24:612.212

#### Роль функционального снижения эластичности легких при гиперинфляции

*Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Агеева Т.С., Карзилов А.И.*

*ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, Россия, г. Томск*

[karzilov@mail.ru](mailto:karzilov@mail.ru)

В современной клинической физиологии дыхания механизм гиперинфляции легких объясняется как результат клапанного сужения бронхов на выдохе и улавливанием воздуха в респираторном отделе легких. Такое теоретическое толкование механизма развития эмфиземы легких основывается на представлении о легких как пассивном эластическом органе, эластическое напряжение которого имеет фиксированную постоянную характеристику. Увеличение содержания воздуха в респираторном отделе легких приводит к растяжению легких и это должно приводить к увеличению напряжения эластической структуры. Этот механизм адекватен развитию вздутия доли или сегмента легкого при начальной стадии обтурационного ателектаза. В таком случае воздух заходит в легкое на вдохе и не выходит на выдохе.

Тем не менее, при исследовании механики дыхания в условиях провокации бронхоспазма было обнаружено обратимое увеличение общей емкости легких, сочетающееся со снижением эластической тяги [1]. Это противоречило общепринятому представлению о механике дыхания, в связи с чем авторы, находясь во власти парадигмы Дондерса, отнесли это явление не к области знания, а к области удивительного, т.е. не дали объяснения этим фактам. Аналогичные результаты обратимого уменьшения эластической тяги легких и увеличения общей емкости легких нами были обнаружены при исследовании изменений механики дыхания у больных эмфиземой легких под влиянием введения атропина. С точки зрения обструктивной теории – это явление является парадоксом. Примерно в эти же годы были получены клинко-экспериментальные подтверждения гипотезы о механической активности легких. Позднее была сформирована теория механической активности легких [3] и данный парадокс получил свое объяснение. К существующим представлениям о механизме эмфиземы легких был обоснован и добавлен еще один механизм гиперинфляции легких, связанный с обратимым снижением эластического напряжения легких. В таком случае первичным является снижение эластического напряжения легких, а гиперинфляция легких – вторичным, следствием преобладания силы со стороны грудной клетки, смещением дыхательного объема легких в сторону резервного вдоха и увеличение общей ёмкости легких.

При персистирующей бронхиальной астме при нормальных основных показателях бронхиальной проходимости и нормальных показателях вентиляционной функции легких было найдено снижение динамической растяжимости легких и повышение общей растяжимости легких

[6]. Это явление было расценено как парадокс ввиду того, что легкие не могут обладать одновременно и сниженной и повышенной растяжимостью, или повышенной и пониженной эластичностью. Повышение эластичности легких при спонтанном дыхании было расценено как компенсаторный механизм, направленный на обеспечение нормальной вентиляционной функции легких. Снижение эластичности в условиях определения эластической тяги легких на уровне резервного объема легких тоже было расценено как компенсаторная реакция, направленная на снижение работы дыхательной мускулатуры при маневре дыхания в момент измерения эластической тяги легких. Таким образом, изменения растяжимости легких от величины динамической при спонтанном дыхании до общей растяжимости легких были расценены как функциональные. Был предложен функциональный коэффициент эластичности легких (отношение общей растяжимости к динамической растяжимости легких) как показатель механической активности легких [5]. У здоровых людей КФЭЛ составлял 0,6 – 1,1. При хронической обструктивной эмфиземе легких он был повышен, что противоречило представлению о практически полной утрате легкими эластичности при эмфиземе. Важно заметить, что эластичность изолированных легких при эмфиземе резко снижена [2]. При жизни, однако, как показывают исследования, при выраженной эмфиземе легких последние активно соучаствуют в дыхательных движениях. При эмфиземе, вероятно, механическую активность сохраняют только функционирующие отделы легких.

В качестве иллюстрации приводим результаты измерения показателей эластического сопротивления у 4 пациентов хронической обструктивной эмфиземой легких (ХОБЛ) до и через 15 мин после подкожной инъекции 1 мл 0,1 процентного сернокислого атропина. Определяли показатели вентиляционной функции легких и показатели механики дыхания. Остаточный объем легких определяли методом разведения гелия. Показатели механики дыхания определяли методом одновременной регистрации спирограммы и транспульмонального давления. В настоящем сообщении приведены результаты измерения общей ёмкости легких (ОЕЛ), эластической тяги легких (ЭТЛ), общей растяжимости легких (ОРЛ), коэффициента ретракции легких (KR), динамической растяжимости легких при спонтанном дыхании (ДРЛ), функционального коэффициента эластичности легких (КФЭЛ), показателей аэродинамического (бронхиального) сопротивления легких на вдохе и выдохе до и через 15 мин после инъекции атропина. У всех пациентов значительно уменьшилась одышка, уменьшилось бронхиальное сопротивление, но увеличились ОЕЛ, КФЭЛ и снизилась ЭТЛ. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№ исследования	ОЕЛ (л)		ЭТЛ (см вод.ст.)		ОР (л/см вод.ст.)		ДР (л/см вод.ст.)		КФЭЛ (ОР/ДР)	
	до введения атропина	после введения атропина								
1	6,2	8,0	13,0	8,3	0,477	1,040	0,083	0,155	5,7	9,04
2	5,14	6,80	10,0	7,0	0,5414	0,971	0,111	0,130	4,63	7,47
3	7,4	8,2	9,2	7,7	0,806	1,064	0,124	0,212	6,5	5,02
4	8,1	9,6	7,9	6,1	1,020	1,56	0,200	0,240	5,1	6,5

Таблица 1 (продолжение).

№ исследования	KR (см вод.ст./л)		Аэродинамическое сопротивление (см вод.ст./л×с-1)			
	до введения атропина	после введения атропина	до введения атропина		после введения атропина	
			вдох	выдох	вдох	выдох
1	2,10	1,04	9,0	8,1	4,6	6,6
2	1,95	1,03	11,0	15,0	5,0	7,4
3	1,24	0,94	7,5	10,2	3,1	5,9
4	0,98	0,64	8,3	11,7	5,6	9,0

Примечание. Общая емкость легких (ОЕЛ), эластическая тяга легких (ЭТЛ), общая растяжимость легких (ОР), динамическая растяжимость (ДР), коэффициент функциональной эластичности (КФЭЛ), коэффициент ретракции (KR), аэродинамическое (бронхиальное) сопротивление до и после введения атропина у больных эмфиземой легких.

Представленные исследования были выполнены в семидесятые годы, теория механической активности легких была сформулирована в начале восьмидесятых годов, а способы измерения механической активности легких и интерпретация результатов измерений были предложены в начале XXI века [4]. Описанные факты необходимо изучать более подробно с помощью новых технологий в связи с тем, что открытие морфологии источника механической активности легких и механизмов регуляции его функции обещает составить новое направление в клинической физиологии дыхания, клинике и клинической фармакологии.

#### Список литературы:

1. Peress L., Sybrecht J., Macklem P. The Mechanism of increase in Total lung During Acute Asthma // Am. J. Med., 1976. – V.61, №8. – P. 165-169.
2. Тетенев Ф.Ф. Легочный эластический гистерезис в норме и при эмфиземе //Бюлл. Эксперим. биол. и мед., 1974. – № 6 – с. 21-23.
3. Тетенев Ф.Ф. Биомеханика дыхания. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981, 145 с.
4. Тетенев Ф.Ф. Новые теории – в XXI век. 2-е изд., перераб. и доп. Томск: изд-во Том. ун-та, 2003. –212 с.
5. Патент №22955286, Россия. Способ оценки функционального состояния легочной ткани. Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н. // Бюлл. откр. и изобретений, 2007. – №8.
6. Тетенев Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенев К.Ф. // Тер. архив, 2007. – № 3. – С. 30-33.

#### Энергодисперсионный анализ химического состава оксидных нанофазных покрытий, полученных при индукционно-термической обработке титана

**Фомин А.А., Родионов И.В., Пошивалова Е.Ю., Фомина М.А., Штейнгауэр Н.Н., Захаревич А.М.\*, Петрова Н.В.\***

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Россия*

*\*Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Россия*

*E-mail: afominalex@rambler.ru*

Научные исследования проведены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-03-00898 «а», стипендии Президента РФ № СП-1051.2012.4, а также программы «У.М.Н.И.К.».

Титановые медицинские сплавы (BT1-00, BT6 и др.) применяются для изготовления элементов конструкций эндопротезов, имплантатов, а также остеофиксаторов [1]. Поверхность данных металлоконструкций обрабатывается различными энергетическими воздействиями, например, кинетическим при абразивно-струйной обработке, химическим при различных методах оксидирования или теплофизическим при газотермическом формировании покрытий [2, 3]. Получаемое биофункциональное покрытие способствует ускорению остеоинтеграционных процессов. Более двух десятков лет для этой цели использовались кальций-фосфатные материалы (гидроксипатит, трикальцийфосфат), биостекла, однако эти материалы обладают определенными недостатками, такими как низкая прочность, твердость и трещиностойкость. Считается, что поверхность материалов должна стимулировать процессы роста клеток (адгезии, пролиферации) независимо от химического состава. Различные характеристики и свойства традиционно используемых биосовместимых металлов могут подходить для имплантируемых конструкций кратковременного функционирования. В случае, когда необходимо обеспечить долгосрочный период работы (от нескольких месяцев до десятков лет), необходимо создать специальные условия биомеханического взаимодействия, предусматривающие высокую химическую стабильность свойств покрытия [4]. Разработаны фундаментальные принципы структурной модификации поверхности технического титана BT1-00 токами высокой частоты (ТВЧ) с получением оксидного покрытия требуемого химического состава и структуры.

Экспериментальные образцы представляют собой пластины технического титана BT1-00 толщиной 2 мм, поверхность которых подвергается микротекстурирующей механообработке. Поверхность подготовленных образцов оксидируется на воздухе при воздействии ТВЧ. Устанавливается влияние индукционно-термической обработки (ИТО) в диапазоне температуры 600...1200 °С при продолжительности процесса не более 300 сек на процессы окисления

поверхностного слоя титана. При анализе данного процесса используются растровая электронная микроскопия (РЭМ) в сочетании с энергодисперсионным рентгенфлуоресцентным анализом (ЭДРФА). Также проводится проверка биосовместимости *in vitro* на клетках (фибробластах человека). Образцы покрытий нумеруются в соответствии с величиной температуры и продолжительностью ИТО, например, 06-120 – 600 °С и 120 сек; 12-030 – 1200 °С и 30 сек.

Микроструктура поверхности представляет собой рельеф исходной металлической основы после подготовительных операций и оксидирования. При росте оксидного покрытия происходит образование наружного оксидного слоя игольчатой (ИТО при 600...800 °С) и пластинчатой структуры (ИТО при 1000...1200 °С). При формировании толстослойных покрытий параллельно протекают два процесса: рост субмикроструктурного подслоя и диффузионное насыщение приповерхностного слоя титановой основы. Данные явления можно исследовать по изображениям РЭМ в сочетании с ЭДРФА химического состава участка нанесенной царапины методом скретч-тестирования.

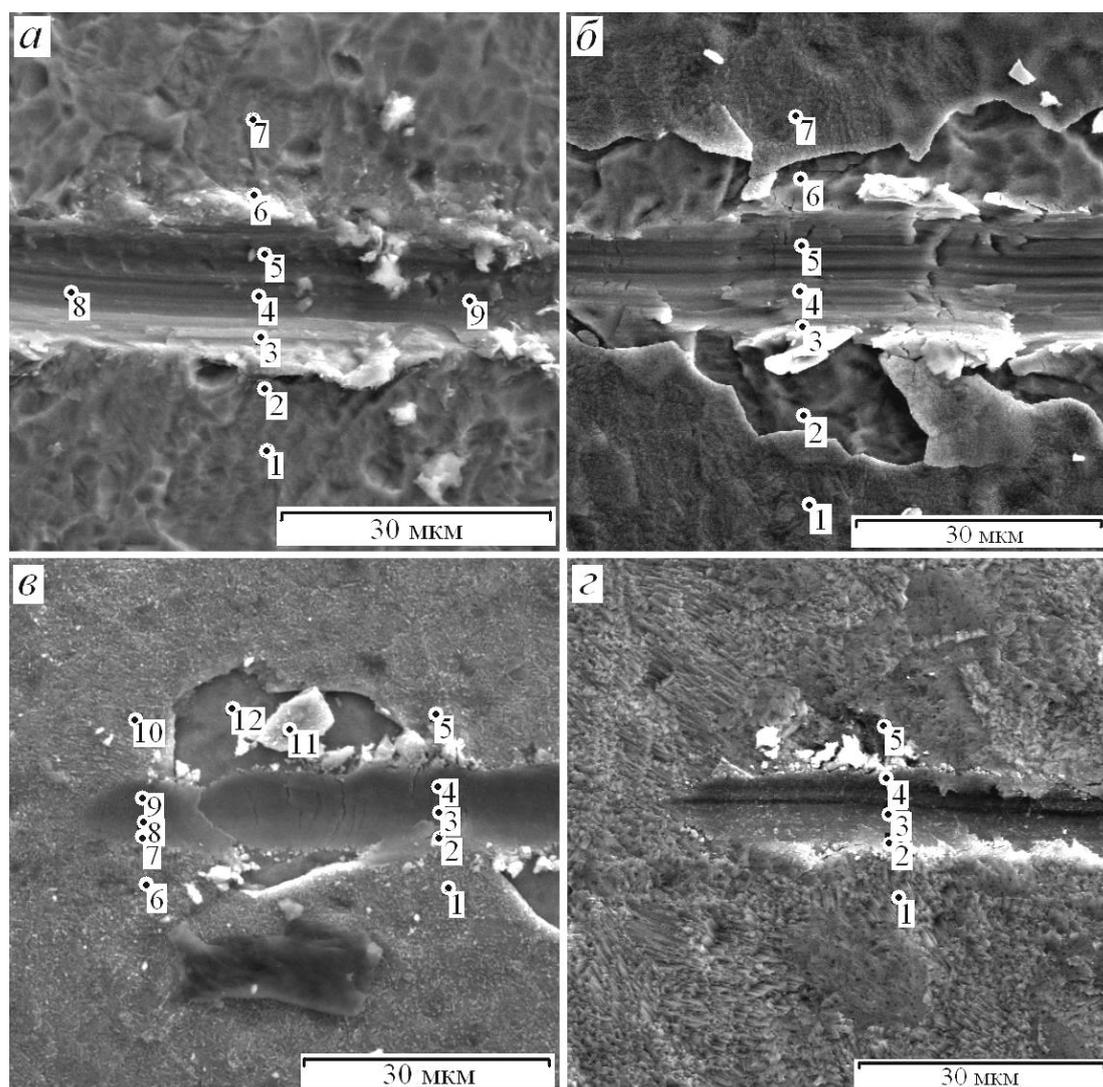


Рис. 1. РЭМ результатов скретч-тестирования образцов покрытий диоксида титана: а – 06-300; б – 08-030; в – 08-300; г – 10-030 (увеличение  $\times 3000$ )

На представленных в качестве примера изображениях участков нанесенных царапин показаны характерные варианты разрушения. В случае тонкослойного покрытия наблюдается полное истирание покрытия вплоть до металлической основы (рис. 1 а). Данное представление полностью подтверждается результатами ЭДРФА, при этом в центральной части поперечного сечения царапин отмечается заметное снижение концентрации кислорода вплоть до 0 % (табл. 1).

В случае формирования утолщенного или толстослойного покрытия с высокими показателями твердости и устойчивости к царапанию в сочетании с мягкой металлической основой отмечается вдавливание материала покрытия (рис. 1 в, 1 г). В процессе царапания в материале покрытия возникают значительные касательные напряжения, приводящие к отслоению его частиц (рис. 1 б). Также отмечается перемещение примеси алюминия, находящейся в сплаве ВТ1-00, к поверхности покрытия.

Табл. 1. Распределение химических элементов в покрытии и приповерхностном слое

Обр. № спектра	06-300			08-030			08-300			10-030		
	O	Al	Ti									
1	38.67	0.32	61.02	57.29	0.39	42.32	66.94	0.36	32.70	62.76	0.58	36.66
2	31.41	0.00	68.59	25.09	0.41	74.50	74.07	0.24	25.69	73.21	0.00	26.79
3	0.00	0.91	99.09	17.01	0.43	82.56	65.99	0.00	34.01	67.53	1.03	31.44
4	0.00	1.58	98.42	0.00	0.00	100.0	56.21	0.00	43.79	60.70	0.32	38.97
5	0.00	0.77	99.23	0.00	0.53	99.47	63.74	0.43	35.84	43.76	0.00	56.24
6	56.69	0.51	42.80	22.02	0.41	77.57	63.84	0.38	35.77	-	-	-
7	40.10	0.35	59.55	48.54	0.51	50.96	70.93	0.29	28.78	-	-	-
8	0.00	0.81	99.19	-	-	-	68.37	0.31	31.31	-	-	-
9	0.00	1.18	98.82	-	-	-	54.29	0.41	45.30	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	52.57	0.43	47.01	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	65.24	0.49	34.28	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	43.93	0.36	55.71	-	-	-

Проверка биосовместимости *in vitro* получаемых образцов покрытий показала, что высокая морфологическая гетерогенность поверхностной структуры обеспечивает стабильную адгезию фибробластов, в том числе за счет внедрения органического вещества в пористую структуру (рис. 2). Прикрепление клеток происходит наиболее активно в присутствии кристаллов и пор определенного размера, при этом развитая морфология покрытий активно стимулирует процесс биоинтеграции.

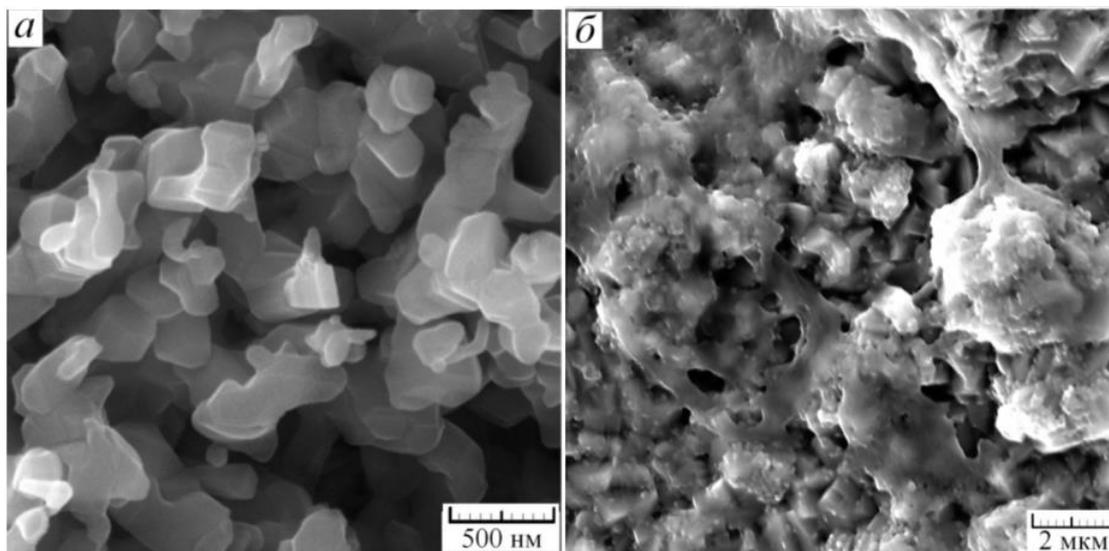


Рис. 2. Морфология покрытия диоксида титана, полученного по режиму ИТО 10-120: а – исходная структура; б – после теста *in vitro*

Обработка ТВЧ титановых медицинских изделий обеспечивает ускоренное образование на их поверхности механически прочной оксидной структуры. Установлено, что тонкослойное металлооксидное покрытие, формируемое при нагреве от 800 до 1200 °С и выдержке не менее 120 сек, характеризуется высокой биосовместимостью и физико-механическими свойствами.

#### Список литературы:

1. Dorozhkin S.V. Bioceramics of calcium orthophosphates // *Biomaterials*. – 2013. – № 31. – pp. 1465–1485.

2. Fomin A.A., Rodionov I.V., Steinhauer A.B., Fomina M.A., Zakharevich A.M., Skaptsov A.A., Petrova N.V. Structure of Composite Biocompatible Titania Coatings Modified with Hydroxyapatite Nanoparticles // *Advanced Materials Research*. – 2013. – Vol. 787. – pp. 376–381.
3. Fomin A.A., Steinhauer A.B., Rodionov I.V., Petrova N.V., Zakharevich A.M., Skaptsov A.A., Gribov A.N. Nanostructure of Composite Bioactive Titania Coatings Modified with Hydroxyapatite in Medical Titanium Implants // *Biomedical Engineering*. – 2013. – Vol. 47. – № 3. – pp. 138–141.
4. Catledge S.A., Fries M., Vohra Y.K. Nanostructured surface modifications for biomedical implants // *Encyclopedia of nanoscience and nanotechnology*. – 2004. – № 1. – pp. 741–762

**Особенности течения острых респираторных заболеваний у часто болеющих детей с хроническими заболеваниями лимфоидной ткани носоглотки**

**Фурманова Е.А.**

*Сибирский государственный медицинский университет, Россия, г. Томск*

[shelepova87@mail.ru](mailto:shelepova87@mail.ru)

Актуальность. Проблема часто болеющих детей (ЧБД) остается высоко актуальной для педиатрии. Среди всех случаев острых респираторных заболеваний (ОРЗ) у детей, на долю часто болеющих приходится 67,7–75%, а среди детей раннего и дошкольного возраста, посещающих организованные коллективы, группа ЧБД может составлять более 40% [1,4]. В структуре заболеваемости детей из группы ЧБД лидирующие позиции занимает патология лимфоэпителиальной глоточной системы (25–50%), причем наиболее распространенной является патология лимфоидной ткани носоглотки [3,5]. Отмечается возрастание роли инфекций, вызванных вирусами цитомегалии, вируса Эбштейна-Бара, герпеса 1-го, 2-го, герпеса 6-го и 8-го типов [2]. Так, 70–90% детей 4-6 летнего возраста имеют достаточно высокий титр вируснейтрализующих антител к вирусу простого герпеса 1-го типа [6]. Эти инфекции у детей часто принимают хроническое течение вследствие персистенции возбудителя и формирования необратимых изменений в органах и системах [7].

Цель исследования: Оценить особенности течения острых респираторных заболеваний у часто болеющих детей с хроническими заболеваниями лимфоидной ткани носоглотки, на фоне герпесвирусного инфицирования.

Объем и методы исследования: Исходя из целей настоящей работы, проведено обследование 40 часто болеющих детей, в возрасте от 4 до 6 лет. Герпесвирусная инфекция подтверждена у всех детей методом иммуноферментного анализа (ИФА), наблюдавшихся амбулаторно с ОРЗ (более 5 раз в год у всех детей), в течение года. Наличие хронического заболевания лимфоидной ткани носоглотки было подтверждено консультацией ЛОР-врача (хронический тонзиллит и аденоидит). Обследуемые дети по характеру адено-тонзиллярной патологии были отнесены к 3 группе здоровья: у 25 детей (62,5%) выявлены хронический тонзиллит и хронический аденоидит и 15 (37,5%) имели только хронический аденоидит.

Результаты: Обследование детей показало, что у большей части (35%) ОРЗ протекало в неосложненной форме (табл.1). В то же время у 17,5% детей наблюдалось обострение хронического тонзиллита или аденоидита. Почти у трети детей (25%) ОРЗ протекало в виде острого (простого) бронхита. Реже среди ЧБД выявлялись: обструктивный бронхит, круп, пневмония.

Таблица 1. Распределение больных герпесвирусным инфицированием по нозологическим формам

Диагноз:	Число детей Абс. (%)
ОРЗ (ринофарингит)	14 (35%)
Острый (простой) бронхит	10 (25%)
Обструктивный бронхит	6 (15%)
Острый стенозирующий ларинготрахеит	2 (5%)
Пневмония	1 (2,5%)
Обострение хронического тонзиллита или аденоидита	7 (17,5%)
Всего:	40 (100%)

Особенностью течения ОРЗ у детей, инфицированных вирусами герпеса, было наличие лимфаденопатии в 82,5% случаев (табл.2). У всех детей острые респираторные заболевания сопровождались гипертермией (выше 38,5 градусов, у части детей до 40 градусов, длительностью

до 3-6 суток). Следует так же отметить, что у почти трети детей (29,7%) отмечалось увеличение печени и селезенки. У половины детей ОРЗ протекало в течении 7-10 дней, у остальных наблюдалось затяжное течение болезни - более 10 дней. Затяжное течение заболевания наблюдалось у 20 (50%) детей имеющих хроническую патологию адено-тонзиллярной системы.

Таблица 2. Клинические симптомы у ЧБД, инфицированные герпесвирусами

Клинические показатели	Число детей	
	Абс.	(%)
Ринит	28	(70%)
Кашель	20	(50%)
Лимфаденопатия	33	(82,5%)
Гипертермия	40	(100%)
Гепатолиенальный синдром	5	(29,7%)
Продолжительность заболевания:		
3 – 6 дней	0	
7 – 10 дней	20	(50%)
>10 дней	20	(50%)

Заключение. Таким образом, проведенное исследование показало, что клиническое течение острых респираторных заболеваний у ЧБД с хроническими заболеваниями лимфоидной ткани носоглотки имело свои особенности. Это касалось как структуры нозологии, так и характера течения заболевания. При составлении плана лечения данной категории пациентов, врач педиатр должен учитывать возможность обострения хронической патологии носоглотки у части детей, с рекомендацией наблюдения у оториноларинголога и назначением соответствующей этиотропной и противорецидивной терапии.

#### Список литературы:

1. Альбицкий В.Ю., Баранов А.А., Камаев И.А., Огнева М.Л. Часто болеющие дети. - Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2003; 180.
2. Гарашенко Т.И., Богомилский М.Р., Шишмарева Е.В. Новые подходы к лечению обострений хронического тонзиллита у детей // Детские инфекции. — 2004. — 1. — С.
3. Гарашенко Т.И., Костинов М.П., Ильенко Л.И., Кытько О.В, Гарашенко М.В., Фошина Е.П. Возможности вакцинопрофилактики острых респираторно-вирусных инфекций и обострений рецидивирующих и хронических риносинуситов у часто и длительно болеющих детей // Педиатрия. — 2007. — Т. 09, № 1. — С. 12-18.20.
4. Коровина Н.А., Заплатников А.Л., Чебуркин А.В., Захарова И.Н. Часто и длительно болеющие дети: современные возможности иммунореабилитации. - М.: Контимед, 2001; 68.
5. Острые респираторные заболевания у детей: лечение и профилактика. Научно-практическая программа. - М., 2002; 73.
6. Самсыгина Г.А. Часто болеющие дети: проблемы патогенеза, диагностики и терапии. // Педиатрия. 2005; 1: 66-73.
7. Учайкин В.Ф. Инфекционные болезни. Приоритет - вакцинопрофилактика. // Практика педиатра. 2006; 12: 5-7.

#### Вскармливание детей первого года жизни по данным поликлинического отделения №2

МАУЗ «ДГБ №1» г. Томска

*Цыганкова М.П., Шатрова Н.А.*

ГОУ ВПО Сибирский государственный медицинский университет Росздрава, Россия, г. Томск

[cvp-cnp@mail.ru](mailto:cvp-cnp@mail.ru)

Грудное вскармливание является важным фактором формирования здоровья, оказывает многостороннее влияние на физическое и психическое развитие детей, формирование их поведения, интеллектуальное развитие.

Грудное вскармливание позволяет предупредить развитие ожирения и метаболического синдрома в дальнейшей жизни, снижает риск развития аллергии не только на первом году жизни, но и в дальнейшем.

Материнское молоко является идеальной пищей для грудного ребенка, однако если по каким-либо причинам невозможно грудное вскармливание, то необходимо в питании ребенка

использовать максимально безопасные, качественные и адаптированные молочные смеси, которые максимально приближены к составу грудного молока.

В исследовании проведен анализ вскармливания детей первого года жизни по данным поликлиники №2 города Томска за 2012 год. Доля детей, взятых в исследование, составила 49,8%. Проанализированы были только те амбулаторные карты, которые находились на момент исследования в поликлинике, в распоряжении участкового врача и медицинской сестры.

Подавляющее большинство исследуемых детей (93%) при рождении были сразу приложены к груди матери, что является важнейшим фактором становления лактации.

Все дети были разделены на группы по виду вскармливания. Самая многочисленная из них (79%) – группа детей, находящихся на грудном вскармливании. Вторая по численности группа (15%) – дети, питающиеся искусственными смесями. Третья – дети, получающие смешанное вскармливание (6%).

Во всех возрастных периодах большинство детей находилось на естественном вскармливании. При этом большее их количество (91%) отмечалось в периоде с 9 по 12 месяцев жизни. Это является хорошим показателем и указывает на то, что дети с рождения и практически до года получали грудное молоко. Самый меньший процент выпал на возрастной период от 3 до 6 месяцев (73%). То есть 27% детей этого возраста начали получать искусственную смесь и, соответственно, в таком маленьком возрасте уже были лишены преимуществ грудного молока, а также стали кандидатами на более раннее введение прикорма, что является не самым лучшим вариантом.

При оценке физического развития средняя масса тела преобладала во всех исследуемых группах. Вместе с тем, в группе детей, находящихся на искусственном вскармливании недостаток массы тела встречались чаще, чем при других видах вскармливания. Средний рост преобладал во всех исследуемых группах. Вместе с тем, в группе детей, находящихся на искусственном вскармливании, низкий рост встречался чаще, чем при других видах вскармливания.

Во всех исследуемых группах детей определялись только II А и II Б группы здоровья, причем группа II Б встречалась чаще.

Так как количество детей, находящихся на естественном вскармливании и имеющие группу здоровья II–Б была самая многочисленная, радует тот факт, что эти дети, имеющие неблагоприятный анамнез у матерей и, соответственно, больше факторов риска, все же находятся в лучших условиях, получая материнское молоко.

Подавляющему большинству детей, находящихся на естественном вскармливании, первый прикорм начали вводить в 6 месяцев. Для обеспечения наилучшего роста, развития и здоровья младенцев в течение первых шести месяцев жизни они должны находиться исключительно на грудном вскармливании, то есть получать только грудное молоко. Вовремя введенный прикорм помогает формированию навыков жевания и создает правильные вкусовые привычки. В этом возрасте малышу требуется все больше минеральных веществ – железа, цинка и кальция, а также витаминов, белка, углеводов и пищевых волокон. Кроме того, ребенку необходима и дополнительная энергия — он не только растет, но и начинает тратить калории на совершенствование двигательных навыков.

Детям, находящимся на искусственном вскармливании, уже в 3 месяца ввели первый прикорм. Раннее введение прикорма может спровоцировать срыв в работе пищеварительной системы и развитие аллергической реакции. Слишком ранний ввод прикорма может отразиться и на будущем здоровье ребенка: привести к ожирению, проблемам со стороны дыхательных путей, бронхиальной астме, сахарному диабету.

Основной причиной перевода детей на искусственное вскармливание являлась гипогалактия. На втором месте среди причин стояла болезнь матери и недостаточная прибавка в массе тела у ребенка. На третьем месте – выход матери на работу. На последнем месте – это нежелание матери кормить ребенка и случаи отказа ребенка от груди.

Наиболее подходящую для младенца молочную смесь назначал врач-педиатр, учитывая состояние здоровья малыша и особенности его развития. Все дети получали адаптированные молочные смеси. Чаще всего использовались смеси швейцарской корпорации «Nestle» (Nan, Nestogen) – в половине случаев. Российские смеси фирм «Nutricia» (Малютка), «Нутритек» (Nutrilac) стояли на втором месте, а испанской фирмы «Abbott» – на третьем месте по частоте использования.

В 2009 году Детская поликлиника №2 прошла аттестацию на звание «Больница, доброжелательная к ребенку».

Организация питания детей в поликлинике начинается сразу же после выписки новорожденного из родильного дома. Участковый врач-педиатр и медсестра в течение месяца после выписки из роддома осуществляют патронаж ребенка на дому, дают советы матери по оптимизации грудного вскармливания. В кабинете здорового ребенка рассказывают о преимуществах грудного вскармливания, про питание кормящей женщины, о возможных проблемах, которые могут возникнуть при кормлении грудью и пути их решения, о технике и правилах прикладывания к груди. Раздают памятки, брошюры по грудному вскармливанию.

Поликлиника находится в тесном контакте с Городским центром поддержки грудного и рационального вскармливания, где мамы могут получить всю необходимую информацию по вопросам грудного вскармливания и питания детей раннего возраста. Работает Клуб поддержки кормящих матерей «ЛАКТИМАМА», здесь проводят индивидуальные и групповые занятия по вопросам питания, ухода и воспитания ребенка раннего возраста. При больнице имеется молочная кухня, где дети получают адаптированные смеси, сухие каши, фруктовое и овощное пюре, соки.

Два раза в год осуществляется обучение всего медицинского персонала по 18-часовой (40-часовой программе), включая 3-часовое (6-и часовое) практическое обучение по вопросам преимуществ грудного вскармливания, технике грудного вскармливания и консультирования матерей, кормящих грудью.

Таким образом, поликлиническое отделение №2 МАУЗ «ДГБ №1» г. Томска в 2012 году целенаправленно продолжило проводить работу по поддержке Инициативы ВОЗ/ЮНИСЕФ «Больница, доброжелательная к ребенку».

#### Список литературы:

1. Абольян Л.В., Фурцев В.И., Барабаш Н.А. и др. Международная неделя грудного вскармливания 2008 г. в России // Вопросы детской диетологии. – 2009. – № 7 (4). – С. 39-42.
2. Национальная программа оптимизации вскармливания детей первого года жизни в Российской Федерации. – М., 2009. – 53 с.
3. Станкевич, С.С. Микроэлементный состав грудного молока женщин и состояние здоровья их детей, проживающих в условиях современного города / С.С. Станкевич: Автореферат. Диссертация канд. мед. наук. – Томск, 2010 г. – 23 с.
4. Яворская, О.В., Завадская А.Ф., Перфильева Ф.А. Некоторые результаты работы детского центра рационального питания // Вопросы детской диетологии. – 2009. – № 7 (2). – С 58-61.
5. УДК 616.24-007.272:612.21

#### Кандидатные параметры в гомеостатические величины аппарата внешнего дыхания у больных хроническим необструктивным бронхитом в сочетании с пневмофиброзом

*О.В. Якис\*, А.И. Карзилов\*\*, Ф.Ф. Тетенов, О.В. Калинина*

*Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия*

*E-mail: ollgea@mail.ru\*, karzilov@mail.ru\*\**

Анализ гомеостатических показателей биомеханики дыхания выявил, что у лиц с хроническим необструктивным бронхитом и пневмофиброзом была повышена только эластическая фракция работы дыхания на уровне минутного объема дыхания.

Введение. С позиции механизмов обеспечения биомеханического гомеостаза аппарата внешнего дыхания важным вопросом физиологии дыхания является изучение устойчивости регуляции дыхания у здоровых людей и при патологии [1]. Карзиловым А.И. была предложена методология исследования гомеостатических показателей биомеханики дыхания у здоровых людей, больных бронхиальной астмой и хроническим обструктивным бронхитом [1,2]. Автор выявил параметры с жесткой и пластичной регуляцией и рассчитал индекс гомеостатичности этих показателей [1,2]. Чем выше балл (индекс гомеостатичности), тем жестче регуляция у данного гомеостатического параметра. Хронический бронхит (ХБ) является наиболее распространенным заболеванием из группы хронических неспецифических заболеваний легких, где составляет почти 90%. Закономерным исходом хронической патологии органов дыхания является развитие пневмофиброза [3]. Кандидатные же параметры в гомеостатические величины аппарата внешнего дыхания у больных хроническим необструктивным бронхитом в сочетании с пневмофиброзом раньше не изучались. Исследование состояния вентиляционной функции аппарата внешнего дыхания у данной категории лиц весьма важно как для формирования представления о

биомеханических процессах дыхания, так и для изучения патогенеза заболеваний респираторной системы [4,5].

Цель работы. Оценить кандидатные параметры в гомеостатические величины аппарата внешнего дыхания у больных хроническим необструктивным бронхитом в сочетании с пневмофиброзом.

Материалы и методы исследования. Исследуемые лица – здоровые (20 муж., сред. возраст – 20, 2 года), больные ХБ (40 муж., сред. возраст – 49,0 лет). Диагноз ХБ устанавливался на основании общепринятой классификации и критериев [4]. Индекс курения составил 19,0 сигарет/день, стаж курения – 27,0 лет. Средняя продолжительность заболеваний бронхолегочной системы составила 7,2 года. Частота обострений ХБ в год в среднем была 1 – 3 раза. Рентгенологически выраженный пневмофиброз диагностировали у 34 человек, у остальных 6 – умеренный.

Функцию внешнего дыхания исследовали при помощи плетизмопрессографа постоянного объема (Erich Jaeger, Германия); биомеханические свойства легких – при помощи пневмотахографа («Медфизприбор», г. Казань) по кривым объема и транспульмонального давления на уровне спонтанного и форсированного дыхания, при дыхательных маневрах. Были проанализированы несколько десятков параметров вентиляции легких, разделенных на группы, характеризующие интегральную оценку вентиляционной и биомеханической функции аппарата внешнего дыхания; эластические и неэластические свойства легких; внутрилегочный гистерезис; давление, воздействующее на поверхность легких. Проводили сравнительный непараметрический дисперсионный анализ Крускала-Уоллиса с уровнем значимости параметров –  $p < 0,05$ . Исходя из полученных результатов была проведена итоговая оценка кандидатных гомеостатических параметров биомеханики аппарата внешнего дыхания (АВД).

Результаты и обсуждение. Анализ вышеуказанных параметров вентиляции легких показал снижение адаптационных резервов дыхательной мускулатуры на уровне максимальной вентиляции легких (МВЛ) у больных хроническим бронхитом в сочетании с пневмофиброзом, о чем мы излагали ранее [6,7,8]. Выявленное напряжение функционирования механизмов гомеостатического обеспечения биомеханических свойств легких в группе с ХБ потребовало изучения всех показателей – кандидатов в гомеостатические величины у данной категории больных (таблица 1).

Таблица 1. Данные сравнительного анализа значений показателей – кандидатов в гомеостатические величины между группами здоровых лиц (1-ая группа) и больных ХБ (2-ая группа),  $M \pm m$

	Показатели	Здоровые лица (1) n= 20	Больные ХБ (2) n=40	p 1 - 2
10б	IPС, л·кПа-1	1,40 ± 0,12	1,48 ± 0,27	---
10б	Pv/Pvm	0,29 ± 0,02	0,45 ± 0,03	---
9б	Tca/Tcp	1,31 ± 0,04	1,50 ± 0,04	---
9б	IA/IAm	0,85 ± 0,06	0,84 ± 0,07	---
8б	IPVE, кгм·л-1	0,26 ± 0,4	0,21 ± 0,3	---
8б	Аес, кгм	0,01 ± 0,005	0,03 ± 0,006	p<0,05
8б	Cd/Cs	1,09 ± 0,11	0,72 ± 0,10	---
8б	V, л·мин-1	10,3 ± 1,7	11,4 ± 1,8	---
8б	Аpm, кгм·л-1	0,26 ± 0,06	0,24 ± 0,06	---
8б	ITm, кгм·л-1	0,13 ± 0,04	0,11 ± 0,03	---
7б	IT/ITm	0,09 ± 0,02	0,18 ± 0,04	---
7б	Pvm, кПа	0,96 ± 0,11	0,97 ± 0,10	---
6б	IA	0,42 ± 0,04	0,39 ± 0,03	---
6б	Ht, кгм	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	---
5б	L, (л2+кПа2)0,5	0,84 ± 0,03	0,96 ± 0,04	---

IPС, л·кПа-1 – оригинальный интегральный показатель растяжимости легких; Pv/Pvm – отношение значений транспульмонального давления, определенных на высоте вдоха при спокойном дыхании (Pv) и максимальной вентиляции легких (Pvm); Tca/Tcp – отношение фактической постоянной времени (Tca) к должной (Tcp); IA/IAm – отношение значений

инспираторной активности вдоха при спокойном и форсированном дыхании;  $IPVE$ ,  $\text{кгм}\cdot\text{л}^{-1}$  – оригинальный интегральный показатель эффективности вентиляции легких;  $Cd/Cs$  – отношение динамической растяжимости легких к статической;  $V$ ,  $\text{л}\cdot\text{мин}^{-1}$  – минутный объем дыхания (МОД);  $Arm$ ,  $\text{кгм}\cdot\text{л}^{-1}$  – величина удельной работы дыхания на уровне МВЛ;  $ITm$ ,  $\text{кгм}\cdot\text{л}^{-1}$  – оригинальный индекс напряжения дыхательной мускулатуры на уровне МВЛ;  $IT/ITm$  – отношение значений напряжения дыхательной мускулатуры при спокойном и форсированном дыхании;  $Pvm$ ,  $\text{кПа}$  – величина транспульмонального давления (ТПД) на уровне МВЛ;  $IA$  – индекс инспираторной активности;  $Ht$ ,  $\text{кгм}$  – величина внутрилегочного гистерезиса на уровне МОД;  $L$ ,  $(\text{л}^2+\text{кПа}^2)^{0,5}$  – эластическая ось дыхательной петли на уровне МОД – оставались в пределах нормальных величин.

Как мы видим, из всех показателей у лиц с ХБ была повышена только эластическая фракция работы дыхания на уровне МОД Аес ( $0,03\pm 0,006$   $\text{кгм}$ ;  $0,01\pm 0,005$   $\text{кгм}$ ;  $p<0,05$ ). По общепринятому представлению о значении изменения показателей эластического напряжения легких при обструктивных и рестриктивных заболеваниях легких, это может быть объяснено наличием пневмофиброза [5,7].

Выводы. Малая изменчивость гомеостатических показателей биомеханики дыхания у больных хроническим необструктивным бронхитом в сочетании с пневмофиброзом соответствует основной концепции биомеханического гомеостаза аппарата внешнего дыхания [1,2].

#### Список литературы:

1. Карзилов А.И. Биомеханический гомеостазис аппарата внешнего дыхания и механизмы его обеспечения/ А.И. Карзилов// Бюллетень сибирской медицины. – 2007. – №1. – С.13-38.
2. Карзилов А.И. Регуляторное обеспечение устойчивости биомеханики дыхания при обструктивных заболеваниях легких: Автореф. дисс...д-ра мед. наук. – Барнаул, 2009. – 39с.
3. Пульмонология: руководство (клинические рекомендации) / Под ред. А.Г. Чучалина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 240 с.
4. Тетенов Ф.Ф. Биомеханика дыхания/ Ф.Ф. Тетенов.- Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981.- 145с.
5. Тетенов Ф.Ф., Бодрова Т.Н., Тетенов К.Ф., Карзилов А.И., Левченко А.В., Калинина О.В. Исследование функции аппарата внешнего дыхания. – Томск, 2008. – 164с.
6. Якис О.В., Карзилов А.И., Тетенов Ф.Ф. Биомеханические аспекты обеспечения вентиляционной функции аппарата внешнего дыхания у больных хроническим бронхитом в сочетании с пневмофиброзом. - XVI Всероссийская научно-техническая конференция «Энергетика: эффективность, надежность, безопасность», Томск, Россия, 8-10 декабря, 2010г., С. 269-270.
7. Якис О.В., Карзилов А.И., Тетенов Ф.Ф. Биомеханические аспекты гомеостатического обеспечения неэластических свойств аппарата внешнего дыхания у больных хроническим бронхитом в сочетании с пневмофиброзом. – XVII Всероссийская научно-техническая конференция «Энергетика: эффективность, надежность, безопасность», Томск, Россия, 7-9 декабря, 2011г., С. 397-398.
8. Якис О.В., Карзилов А.И., Тетенов Ф.Ф. Показатели внутрилегочного гистерезиса и транспульмонального давления у больных хроническим необструктивным бронхитом в сочетании с пневмофиброзом. – XVIII Всероссийская научно-техническая конференция «Энергетика: эффективность, надежность, безопасность», Томск, Россия, 5-7 декабря, 2012г., С. 393-395.

#### Сопоставительный анализ методов термического воздействия на бетонную смесь

**Голдаев С.В., Шерина А.Е.**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет ЭНИИ, Россия г. Томск*

E-mail: [SVGoldaev.tpu@ru](mailto:SVGoldaev.tpu@ru)

В связи с увеличением объема промышленного и гражданского строительства продолжает оставаться актуальной экономия ресурсов в технологии бетонирования конструкций. При среднесуточной температуре воздуха  $+5^{\circ}\text{C}$  и минимальной  $0^{\circ}\text{C}$  не допускается укладка бетона с температурой ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ . Одно из перспективных направлений в сокращения времени твердения бетона, достигающего при нормальных условиях 28 суток, является использование эффективных устройств для термического воздействия на бетон.

Цель доклада – сравнение вариантов термического воздействия.

Для ускоренного процесса твердения бетона в производственных условиях применяют обработку паровоздушной смесью [1]. При этом воздействие может осуществляться за счет непосредственного контакта теплоносителя с поверхностями изделий, или через стенку. По графику потребления пара они делятся на установки непрерывного и периодического действия. На большинстве заводов железобетонных конструкций применяются в основном установки периодического действия с контактным способом передачи теплоты: различные камеры: пропарочные, тупиковые и проходные туннельные и др. Пар подается от местных отопительно-производственных котельных, что свидетельствует об энергоемкости процесса, затем осуществляется его смешение с образованием паровоздушной смеси с температурой менее 373 К. Причем от содержания воздуха в паровоздушной смеси зависят ее температура и теплоотдача к поверхности конструкции, а, следовательно, равномерность и степень ее нагрева. Для решения подобной задачи разработана парозежекционная система, с помощью которой отработавший теплоноситель удаляется из нижней части камеры и подается в верхнюю с добавлением свежего пара. Многолетняя эксплуатация показала, что удается снизить удельный расход пара на 15...35%. При этом обеспечивается равномерный прогрев изделий по всему объему камеры, сокращается на 2...4 часа время термообработки [1].

В работе [2] отмечено, что процесс твердения бетона в рамках данного способа термического воздействия обусловлен экзотермической реакцией гидратации цемента за счет связанной воды. Тепловыделение этой реакции экспоненциально зависит от температуры бетона. В результате упрощения трехмерной постановки задачи создана инженерная методика ее решения. Рассмотрен нагрев изделия в камере, с одного конца которой подается пар под давлением, а в другом торце камеры стоит вентилятор. На основе теплового расчета подобран диаметр труб для подвода пара к камере, дроссельные диафрагмы, регуляторы давления и температуры и т.д. Анализ результатов расчетов показал, что для уменьшения расхода теплоты при паровой обработке бетона в камере необходимо увеличение толщины стен и коэффициента заполнения камеры. Предложено для завершения полной гидратации цемента бетонного изделия при паровой обработке в качестве подложки использовать теплоизоляционный материал.

Как отмечено в монографии [3], технология изготовления бетона дорога и несовершенна. Слишком велики затраты энергии, труда, цемента и металла. А главное, пропаривание изделий не столько ускоряет твердение, сколько нарушает структуру бетона и конструкций.

Бетонирование с энергообработкой смеси лишено этих недостатков. В [3] описано четыре разработанных технологии, три из которых доведены до массового практического применения. Основное достоинство бетонирования с электроразогревом смеси – укладка бетона при температуре воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Электротермосное бетонирование основано на простом подогреве смеси в обычных строительных бункерах с термосным выдерживанием бетона с целью сохранения теплоты. Своевременный термоимпульс (до схватывания смеси) резко повышает температуру и парообразование. Пар, глубже проникая в зерна цемента, интенсифицирует реакции, в сотни раз сокращая время термообработки бетона.

В настоящее время этот метод используется для массивных конструкций и на слабом морозе.

Электроимпульсное бетонирование заключается во внесении мощного электротеплового импульса в бетонную смесь, который на три порядка выше мощности традиционного электропрогрева бетона, преодолевает энергетический барьер, вызывая элетрогидравлические удары и самопроизвольные реакции с ионизацией и магнетизацией смеси. Внесение теплоты в цемент приближает коэффициент использования энергии к единице. Такой импульс создается установками с электродами, погружаемыми непосредственно в кузов автосамосвала. Благодаря такой технологии стало возможным выдерживать бетон в неутепленной стальной или деревянной опалубке и зимой.

Расходы энергии при электроимпульсном бетонировании по сравнению с традиционными методами термообработки снизились в 1,5...3 раза, а по сравнению с паропрогревом бетона – в 6 раз. КПД с 0,27...0,45 достиг 0,69. Недостатком его является потребность в значительной трансформаторной мощности, порядка 300...400 кВт, циклический разогрев смеси [3].

При виброэлектробетонировании смесь подвергается виброразогреву в трубе без последующих вибрации, прогрева и перегрузок [3]. Такая технология заключается в следующем. Бетонная смесь из автобетоновозов поступает непосредственно в горловину виброэлектрореактора. В нем используются трубчатые электроды, обжимающие коаксиально электросердечник, внутри которого проходит кабель. На заводах и полигонах

виброэлектрореактор подвешивался к бетоноукладчику или каркасу, движущемуся по рельсам, между которыми располагались формы.

Благодаря кинетическому внесению энергии в процессе непрерывного движения совмещается большинство операций и устраняются простои, что приводит к сокращению трудозатрат, а также деаэрирует и гомогенизирует бетонную смесь.

По сравнению с традиционным электропрогревом трудозатраты сократились в 2...3 раза за счет исключения пропаривания и вибрирования на виброплощадках [3].

Синэргобетонирование отличается тем, что смесь дополнительно барботируется в магнитной пароионной среде, что дает возможность обойтись без бетономешалок. В настоящее время такая технология отрабатывается в лабораторных условиях [3].

Рациональная область бетонирования – среднемаассивные конструкции и изделия, особенно продуктивна энергообработка в экстремальных условиях: на сильном морозе, при укладке на мерзлое основание, в насыщенные грунты.

Использование транспортирующих труб, представляющих собой динамические системы для непрерывной электрообработки бетонных смесей перед укладкой их в опалубку или форму, является одним из перспективных направлений в технологии бетонирования конструкций различного назначения [4,5]. Разработан комплекс мероприятий по управлению параметрами электроудара, который был рекомендован в инженерную практику создания и внедрения в производство динамических систем непрерывной электрообработки бетонных смесей – транспортирующих труб [4,5]. Как отмечено в диссертации [6], предыдущие исследования по непрерывной электрообработке не отвечали требованиям надежности. В частности, имели место локальные перегревы смеси и электродов в устройствах непрерывного действия. Для отсутствия зон локального перегрева бетонной смеси в коаксиальном устройстве непрерывного электроразогрева подачу бетонной смеси в межэлектродное пространство и выпуск предложено осуществлять под прямым углом к продольной оси устройства, а торцы внутреннего и внешнего электродов заглублять в электроизоляционные элементы.

Отличительной особенностью процесса электромагнитной обработки является относительно равномерное выделение теплоты во всем объеме бетона за счет превращения электрической энергии в теплоту в ферромагнитной опалубке и арматуре изделий, т.е. имеет место наличие как внешних, так и внутренних, практически равномерно распределенных, источников теплоты [7]. В реальных условиях теплообмена с окружающей средой образуется поле температур, которое создает поле влагосодержания. Внешнее магнитное поле изменяет структуру и свойства бетонных растворов, перераспределяет плотности электронных облаков, а также поляризует молекулы воды. Однако в практике строительства, использование электромагнитного воздействия сводилось в основном к индукционному нагреву и использованию омагниченной воды затворения, непостоянство химического состава которой приводило к большой нестабильности получаемых результатов. В работе [8] показано, что при электромагнитном способе подвода теплоты осуществляется более равномерное распределение полей температуры, чем при паротепловой термообработке.

Таким образом, можно отметить, что ни один из перечисленных методов термической обработки бетона не является универсальным, в связи с тем, что они требуют различного аппаратного оформления и применимы либо в заводских условиях, либо на строительной площадке. Дальнейшие исследования по каждому из способов позволят выявить наиболее эффективные режимы эксплуатации.

#### Список литературы:

1. Цветков В.В. Повышение эффективности пароснабжения заводов железобетонных конструкций // Промышленная энергетика. – 1989. – №9. – С. 18–21.
2. Численное решение задачи теплообмена при тепловой обработке бетона // А.М. Гришин, В.В. Трофимов, Н.С. Шулев, А.С. Якимов. // Инженерно-физический журнал. – 1992. – Т. 62, №4. – С. 608–616.
3. Арсеньев А.С. От электротермоса к синэргобетонированию – Владимир: Изд-во ГТУ – 1996. – 272 с.
4. Пшонкин Н.Г. Технология бетонирования с комплексной обработкой смесей в динамических системах // Автореф. дисс. д-ра. техн. наук. – 2006. – 38 с.
5. Пшонкин Н.Г. Электротермообработка бетонных смесей в транспортирующих трубах: Монография. – Новокузнецк: СибГГМА. – 1997. – 160 с.
6. Южаков И.В. Совершенствование технологии непрерывного электроразогрева бетонной смеси – Автореф. дисс. к.т.н. – Томск, 2009. – 30 с.

7. Волосян Л.Я., Чернышев И.В. Аналитическое исследование процесса тепло- и массопереноса в кинетике твердения бетона при тепловой обработке в электромагнитном поле// Инженерно-физический журнал. –1970. –Т. 18, №2. –С. 286-292.
8. Параметры внутреннего переноса в процессе твердения при различных способах тепловлажностной обработки мелкозернистого бетона// А. Г. Темкин, Л. Я. Волосян, В. П. Журавлева, Е. Е. Элимелах. // Инженерно-физический журнал.–1971.–Т.20, № 1.–С. 140–147.

#### **Оптимизация энергопотребления обогатительными процессами горно-металлургической промышленности**

**Камалов Т.С., Ишназаров О.Х.**

*Институт энергетики и автоматики АН РУз., Узбекистан, г. Ташкент*

Одним из основных составляющих технологии переработки полезных ископаемых – обогатительный процесс, который является самым энергоемким и трудоемким процессом. Расход энергоресурсов на обогатительный процесс полезных ископаемых составляет более 2/3 от общих энергозатрат горно-металлургических предприятий, что определяет необходимость ее экономии.

В связи с этим приобретает особое значение комплекс вопросов, связанных с разработкой моделей оптимального энерго- и ресурсосберегающего управления, которые предполагают решения комплекса взаимосвязанных вопросов.

Важнейшим направлением в решении этих вопросов является оптимизация и прогноз потребления энергоресурсов отдельными технологическими механизмами, группами механизмов на основе совершенствования технологических процессов и операций, а также определении оптимальных режимов работы технологического оборудования.

Для выполнения поставленной задачи оптимизации режима работы процесса обогащения руды используем генетический алгоритм (ГА).

Генетический алгоритм представляет собой метод, отражающий естественную эволюцию методов решения проблем и, в первую очередь, задач оптимизации. Генетические алгоритмы — это процедуры поиска, основанные на механизмах естественного отбора и наследования. В них используется эволюционный принцип выживания наиболее приспособленных особей. Они отличаются от традиционных методов оптимизации несколькими базовыми элементами.

В частности, генетические алгоритмы: обрабатывают не значения параметров самой задачи, а их закодированную форму; осуществляют поиск решения исходя не из единственной точки, а из их некоторой популяции; используют только целевую функцию, а не ее производные либо иную дополнительную информацию; применяют вероятностные, а не детерминированные правила выбора [1].

Обладая значениями номинальной и фактической производительности ( $Q$ , тонн) за время ( $t$ , час), установленной и фактической мощности ( $P$ , кВт), плотности пульпы ( $p$ , кг/м<sup>3</sup>) можно определить расход электроэнергии за время промежутков времени.

Фактическая производительность ( $Q$ , тонн) и расход электроэнергии ищутся генетическим алгоритмом, используя паспортные значения как начальную точку отсчета. Предлагается использовать канонический ГА. В качестве генов хромосом ГА следует использовать значения потребляемой мощности.

Показывается целесообразность применения ГА при оптимизации обогатительного процесса горно-металлургического процесса. Предлагаемый метод оптимизации позволяет во многом упростить процесс моделирования, а варьирование внешними воздействиями обеспечивает получение энергосберегающих режимов работы обогатительными процессами.

#### **Список литературы:**

1. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. - М.: Горячая линия -Телеком, 2006. - 452 с.

**Об использовании силикагелей для повышения долговечности котельного оборудования***Голдаев С.В., Хушвактов А.А.\***Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск**\*Таджикский технический университет, г. Душанбе, Таджикистан.**SVGoldaev@tpu.ru*

Котельные агрегаты (КА) могут находиться в одном из четырех оперативных состояний: работе, резерве, ремонте или консервации [1]. Как отмечено в ряде исследований, коррозия теплоэнергетического оборудования (ТЭО) возникает из-за использования воды, не отвечающей нормативным требованиям [2 – 4].

В монографии [2] описано использование жаростойких покрытий в КА для защиты их элементов от коррозии и интенсивного окисления.

Опыт эксплуатации ТЭО показывает, что при отсутствии консервации или некачественном её проведении, конденсация влаги во время останова со снижением давления среды до атмосферного и попадании во внутренний объем кислорода воздуха вызывает атмосферную коррозию углеродистой стали (САК). При этом на внутренней поверхности металла образуются язвы и накапливаются продукты коррозии, что в период продолжающейся эксплуатации оборудования может привести к отказу. Кроме снижения долговечности, возрастают материальные потери, и повышается уровень загрязнения окружающей среды [4].

В отсутствии консервации при простое коррозии могут подвергаться участки барабанных котлов. При последующих пусках окислы железа концентрируются в питательной воде, откладываются в теплонапряженных зонах испарительной системы, являясь очагами подшламовой, щелочной и пароводяной коррозии [5].

Согласно оценкам в результате коррозии теряется в виде продуктов окисления 2–3% годового производства стали, около 15% этих потерь можно исключить, регулярно применяя современные технологии противокоррозионной защиты [4].

Для предотвращения контакта внутренних металлических поверхностей КА с кислородом воздуха возможно применение различных ингибиторов (гидразин, гидразинноаммиачные и нитритноаммиачные растворы и др.), создающих защитные пленки, равномерно покрывающие все участки поверхностей оборудования [5,6].

Однако, из-за высокой стоимости, применение, например, октадециламина целесообразно только при выводе КА в длительную консервацию. Для исключения попадания ингибиторов в машинный зал требуется герметизация консервируемого оборудования [7]. Консервация КА с помощью различных растворов химических реагентов широко применяется в мировой и отечественной практике. Однако такие методы предусматривают и дополнительные затраты на нейтрализацию растворов после их использования [7]. Использование деаэрированной воды возможно только при выводе КА в резерв или ремонт на срок до 10 суток. Консервация нейтральным газом с последующим поддержанием избыточного давления (5...10 кПа) предотвращает доступ наружного воздуха, но она является дорогостоящей из-за наличия большого числа мест возможных утечек газа и сложности их уплотнения [7].

В период простоя оборудования наиболее подвержены коррозии места, где на поверхности деталей и узлов, изготовленных из углеродистой стали, накапливались соли, представляющие повышенную коррозионную опасность из-за высокой электролитической проводимости. Понижение относительной влажности воздуха ( $\varphi$ ) во внутреннем объеме консервируемого оборудования и поддержание ее ниже 40% на весь период простоя достигается путем постоянной или периодической продувки внутренних каналов и полостей воздухом, имеющим пониженную влажность [7].

Снижение относительной влажности воздуха может быть достигнуто: 1) нагреванием и 2) осушением. Принимая во внимание, что масса одного КА может составлять десятки тонн, то для повышения температуры его корпуса на несколько градусов потребуются большие затраты тепловой энергии, поставляемой подогретым воздухом [7]. В ходе экономического обоснования разрабатываемых схем воздушной консервации ТЭО диссертантом [4] не приведены затраты на предварительный подогрев воздуха и полученная экономия от реализации этих установок требует корректировки.

В нормативных документах предписывается консервация оборудования подогретым воздухом при простоях до полугода, а осушенным – более полугода. Возможно, такие рекомендации не учитывают возрастающую цену на электроэнергию, и поэтому упомянутый метод до сих пор применяется на практике. По мнению авторов работы [7], использование

подогретого воздуха для консервации ТЭО является неоправданным как с технической, так и с экономической точек зрения. Исключением могут быть случаи, когда оборудование начинает консервироваться сразу после выведения из эксплуатации в горячем состоянии.

Аналогичный вывод был сделан в работе [8] при анализе способов поддержания в складских помещениях относительной влажности воздуха на заданном уровне. Отмечено, что для ее снижения использование предварительного нагрева воздуха связано с неоправданно большим расходом энергии.

Эффективным является снижение влажности воздуха путем его осушения. Элементы ТЭО предварительно дренируются, с помощью трубопроводов подключаются к воздухоосушительной установке консервации. Осушенный воздух подается по воздуховодам во внутренние полости объекта консервации, ассимилирует водяные пары и вытесняется вместе с ними наружу через дренажи. Снижение  $\varphi < 40\%$  гарантирует практически нулевую скорость электрохимической коррозии металла [7].

На практике для осушения воздуха применяются: 1) холодильный контур в конденсационном осушителе [7], и 2) сорбционный осушитель, где  $\varphi < 15\%$ . При абсорбции водяные пары из воздуха поглощаются растворами солей благодаря растворимости воды в абсорбентах. Недостатком таких установок является опасность уноса солевого раствора потоком осушаемого воздуха и его последующего оседания на металлических поверхностях, что может привести к дополнительной коррозии металла.

Наиболее подходящим методом осушения воздуха для консервации ТЭО является его адсорбционное осушение с помощью твердых сорбентов, поглощающих водяные пары развитой пористой поверхностью.

В адсорбционном осушителе, глубина осушения воздуха определяется степенью насыщенности сорбента влагой, толщиной его слоя, параметрами воздуха перед осушителем и др., и в зависимости от этих условий может приближаться к нулевой влажности. При повышении температуры равновесное парциальное давление водяного пара над адсорбентом падает, происходит десорбция влаги и ее вынос регенерирующим потоком. Недостатки двухадсорберных установок: необходимость переключения адсорберов и соответственно наличие для этой цели автоматических устройств, а также превышение продолжительности процессов адсорбции над десорбцией [7].

Аналогичный принцип осушения воздуха в роторных осушителях, однако, его конструкция позволила: 1) разместить на одном роторе осушающую и регенерирующую части; 2) исключить переключающую арматуру и автоматические устройства, из-за чего осушитель стал и компактнее и дешевле.

В короткоцикловых безнагревных двухадсорберных установках осушение воздуха происходит при высоком давлении в одном адсорбере, а десорбция влаги осуществляется при низком давлении в другом. Однако в таких установках требуется сжатие воздуха компрессором, поэтому: 1) удельные энергозатраты на  $1 \text{ м}^3$  осушенного воздуха примерно втрое выше, чем в традиционных адсорбционных установках; 2) при сжатии в компрессоре воздух нагревается, что приводит к повышению температуры сорбента и к снижению его влагопоглощающих свойств; 3) возрастает вероятность выхода из строя переключающих клапанов. При сопоставимой стоимости и затратах на обслуживание, установки на базе компрессора имеют низкие производительности по осушенному воздуху, следовательно, требуется привлекать несколько установок [7].

Консервация ТЭО осушенным воздухом будет успешной в тех случаях, когда производительность соответствующих установок обеспечивает необходимую кратность воздухообмена. Например, для эффективной консервации: емкостей (деаэраторы, баки питательной воды, бойлеры и пр.) достаточно иметь 2,5–3-кратный воздухообмен в час, турбин – 5...10, пароводяной стороны котлов – 6...15 [7].

Вне зависимости от типа ТЭО осушенный воздух позволяет производить консервацию оборудования на срок – от одной недели до полугода и более.

В адсорбционных осушителях сжатого воздуха активно применяются: силикагель, алюмогель и цеолит, с помощью которых осуществляется поглощение влаги [9].

Процесс насыщения силикагелей влагой в статических условиях характеризуется малой скоростью. Длительность полного насыщения при комнатной температуре мелкопористых силикагелей составляет 40 ч, среднепористых – 50 ч и крупнопористых – 75 ч, а отработка адсорбционной емкости на 50% достигается за 8, 10 и 22 ч, соответственно [10].

При  $\varphi < 55...60\%$ , максимальной адсорбционной способностью по парам воды обладает мелкопористый силикагель. В интервале  $\varphi$  от 60 до 90% преимущество перед силикагелями

других типов имеет среднепористый силикагель [10]. У крупнопористого силикагеля влагоемкость при  $\varphi = 100\%$  и температуре  $20^\circ\text{C}$  равна  $70\%$  [9].

В работе [11] приведены результаты экспериментального определения остаточного содержания влаги в осушенном атмосферном воздухе, сжатым до избыточного давления  $0,6$  МПа. Линия нагнетания компрессора была снабжена отделителем капельной влаги. Использовался силикагель марки «АСМК». Опыт продолжался  $70$  часов, при этом показания гигрометров достигли фоновых значений.

Таким образом, с помощью силикагеля может быть осуществлена полная осушка влажного воздуха.

Приближенный расчет массы среднепористого силикагеля  $M_c$  для консервации КА, имеющего вместимость  $V_b$ , выполнялся на основе практики проведения осушки в статических условиях [9, 10]. Воздух имеет параметры:  $\varphi_1$  и  $T_{b1}$ . По техническим условиям консервации, для предотвращения образования налета ржавчины КА должен находиться при влажности  $\varphi_2 \approx 30\%$  и температуре  $T_{b2}$ . Принимаем поглощающую способность  $1$  кг силикагеля, равной  $M_{ps}$  воды.

Удельное влагосодержание при  $\varphi_1$  находится по формуле [12]

$$d_1 = 0,622 p_{v1} / (p_b - p_{v1}), \quad (1)$$

где  $p_{v1} = \varphi_1 p_s$  – парциальное давление пара при относительной влажности  $\varphi_1$ .

Давление насыщения является функцией температуры и может быть найдено с помощью таблиц свойств воды и водяного пара. Для автоматизации методики расчета удобнее использовать аппроксимационную зависимость, имеющую вид [12]

$$p_s = 10^{10,95 - 2224/T_b}. \quad (2)$$

Аналогично вычисляется удельное влагосодержание при  $\varphi_2$  –

$$d_2 = 0,622 p_{v2} / (p_b - p_{v2}).$$

Здесь  $p_{v2} = \varphi_2 p_s$  – парциальное давление пара при относительной влажности  $\varphi_2$

Количество воды, удаляемое из  $1$  кг воздуха

$$\Delta d = d_1 - d_2. \quad (3)$$

Масса воздуха, заполняющего свободное пространство в КА, находится из уравнения состояния идеального газа

$$M_b = p_b V_b / R_b T_{b1}.$$

Масса воды, которую требуется поглотить

$$\Delta M_w = M_b \Delta d. \quad (4)$$

Тогда необходимая масса адсорбента

$$M_c = \Delta M_w / M_{ps}. \quad (5)$$

Результаты расчетов показали, что для осушения  $10 \text{ м}^3$  воздуха, имеющего  $80\%$  относительной влажности до  $\varphi_2 = 30\%$ , требуется примерно  $0,7$  кг силикагеля при влагоемкости  $20\%$ . Если необходимо осушить воздух, занимающей свободное пространство большей вместимости, например,  $50 \text{ м}^3$ , достаточно в  $5$  раз увеличить  $M_c$ .

Такого типа силикагели выпускаются промышленностью в крупнотоннажном масштабе. Для поддержания влажности в частично герметичном объеме сухой силикагель в мешочках из ткани распределяется по контролируемому объему [9,10]. Поскольку он имеет низкую цену [4], то можно его не подвергать десорбции, а заменять новой порцией.

Несмотря на то, что в последние годы развивается направление с использованием адсорбционных процессов в кристаллических сорбентах-цеолитах, силикагель не потерял своего промышленного значения, о чем свидетельствует рост спроса на него.

#### Список литературы:

1. Акользин, А. П. Контроль коррозии металла котлов / А. П. Акользин. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 240 с.
2. Троянский, Е. А. Повышение долговечности элементов котельного оборудования / Е. А. Троянский, В. Н. Чоловский. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 80 с.
3. Сутоцкий, Г.П. Повреждение энергетического оборудования, связанного с водно-химическим режимом – С-Петербург.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1992. – 256 с.
4. Полевич А. Н. Разработка, исследование и внедрение процессов и схем воздушной консервации теплоэнергетического оборудования: Дис... канд. тех. наук – Москва, 2001. – 137 с.

5. Шатова, И. А. Совершенствование защиты от стояночной коррозии углеродистой стали котлов на основе применения ингибиторов октадециламина и М-1: дис. ... канд. техн. наук: – Иваново, 2005. – 148 с.
6. Верховский, А. Е. Исследование процессов коррозии энергетического оборудования электростанций, изготовленного из нержавеющей стали: дис. ... канд. тех. наук: – Москва, 2006. – 116 с.
7. Вишневский Е.П., Чепурин Г.В. Консервация осушенным воздухом //Сантехника. Отопление. Кондиционирование – 2010 – №5 – С. 8–12.
8. Лепявко А. П. Разработка осушителя воздуха //Холодильная техника – 2000. –№12. – С.14–15.
9. Серпионова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров /2-ое изд., пер. и доп. – М.: Высш. школа, 1969 – 416 с.
10. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники. /2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
11. Остаточное содержание влаги в воздухе, осушенным силикагелем/В.С. Морозов, Е.В. Морозов, С.В. Вихрова и др. //Технические газы – 2005 – №6 – С. 34–36.
12. Теплотехника: учеб. для вузов/В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В.Н. Луканина – М.: ИВысш. шк., 2009 – 671 с.

**Использование в промышленности золошлаковых отходов теплоэлектростанций,  
работающих на углях**

**Крушенко Г.Г.**

*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Россия, г. Красноярск*

Начиная с 20-х годов прошлого столетия, когда на теплоэлектростанциях (ТЭС) для получения электроэнергии началось широкое использование углей, в мире скопились миллионы тонн продуктов их сжигания в виде золошлаковых отходов (ЗШО), которые представляют собой высокодисперсный песчано-пылевой материал с большой удельной поверхностью, состоящий из частиц золы-уноса, находящихся в дымовых газах, и шлаков, образовавшихся в топочной камере [1]. В настоящее время ежегодный прирост ЗШО составляет около 600 млн. тонн, что является серьезной проблемой, как в технологическом, так и в экологическом аспектах. Причем утилизация ЗШО с целью получения из них какой-либо продукции в мире в среднем от накопленного объема составляет всего около 16 %. [2]

Проблема утилизации ЗШО актуальна и для России – в настоящее время в России действует 179 ТЭС, что составляет около 30% всех мощностей ТЭС, на которых ежегодно сжигается 1,5 млрд. т. угля, образуя при этом до 25...30 млн. т. ЗШО [1]. При этом ЗШО на многих электростанциях переполнены, и их расширение либо территориально невозможно, либо требует значительных затрат. Если ничего не предпринимать, эти электростанции нужно будет останавливать и выводить из энергосистемы в ближайшие годы

По данным Агентства по прогнозированию балансов в электроэнергетике, в России утилизируется и используется только 10% ЗШО, или порядка 2,5 млн. тонн в год. Еще 22,5 млн. тонн ЗШО ежегодно размещается в золоотвалах ТЭС в дополнение к 1,5 млрд. тонн накопленных ранее. Для сравнения: в Германии и Дании применение ЗШО в производстве строительных материалов достигло практически 100% их годового выхода, при этом в Германии вообще запрещено иметь ЗШО. До 50-70% годового выхода ЗШО используют в США, Великобритании, Польше, Китае и в Индии

Между тем и в России существуют технологии по использованию ЗШО в качестве исходного минерального сырья при производстве цемента, бетонов, растворов, строительных блоков, кирпича, тротуарной плитки, а также в земляном полотне автомобильных дорог и др., что снижает себестоимость продукции на 15-20% [3]. Экономически эффективно из ЗШО производить также ферросплавы, сульфат алюминия, глинозем, жидкое стекло, вяжущие материалы. При суммарном капиталовложении в их производство 42 млн. долларов, окупаемость составляет 4,7 лет [4].

В настоящей работе показана возможность широкомасштабного использования ЗШО в литейном производстве, одной из крупных отраслей промышленного производства.

В России по данным [5] самым распространенным литейным сплавом является чугун, доля которого в общем выпуске литья составляет 5,15 млн. т. в год (67,8%). Для сравнения – производство стального литья составляет 1,3 млн. т. (17,1%) и цветного – 1,15 млн.т. (15,1%)

Отливки из чугуна получают в основном литьем в песчано-глинистые формы [6]. В зависимости от массы отливок расход формовочных смесей колеблется от 0,5 т. до 1,3 т. на 0,1 т. годных отливок [7]. При этом одним из компонентов формовочной смеси (до 15,0%) является бентонитовая глина, выполняющая роль связующего. Благодаря тому, что при набухании бентонитовой глины при взаимодействии с другим компонентом формочной смеси – с водой – в бентонитах возникают свойства пластичности и связующей способности, что и обуславливают их широкое применение в качестве связующего компонента при изготовлении литейных форм [7].

Работа проведена в литейном цехе Черногорского ремонтно-механического завода г. Абакана (Республика Хакасия), поэтому при этом формовочную смесь готовили с использованием бентонитовой глины местного месторождения «Десятый Хутор» [8].

Бентонитовые глины этого месторождения по составу ионообменного комплекса являются щелочноземельными ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \gg \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ ). Поэтому бентонит, добываемый на месторождении, проходит процедуру активации кальцинированной содой с целью приближения его свойств к свойствам природно-натриевого бентонита [9].

В то же время применение активированного бентонита в литейном производстве Хакасии вызывает брак чугунных отливок в виде «ужимин» – дефект в виде утолщения поверхности отливки, заполненный формовочным материалом и прикрытый слоем металла. Причиной возникновения дефекта могут быть повышенная газотворность формовочной смеси [10], связанная с повышенной ее влажностью и недостаточная ее газопроницаемость, что приводит к образованию конденсата под поверхностью литейной формы, и последующее его испарение при заливке, в результате чего и происходит отслоение металла [11].

Исходя из имеющихся данных о близости концентраций одних и тех же микроэлементов в природных бентонитовых глинах и в ЗШО теплоэнергетических станций [12], было проведено исследование по возможности использования этого материала, накопленного в отвалах Абаканской ТЭЦ, в составе формовочной смеси с целью блокирования возникновения дефекта «ужимины».

В состав ЗШО, образующихся при сжигании углей Канско-Ачинского бассейна входит большое количество оксидов с преобладанием  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [13]. В данной работе использовали ЗШО Абаканской ТЭЦ, в состав которых входили, масс. %:  $\text{SiO}_2$  – 39,45;  $\text{CaO}$  – 34,20;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 9,92;  $\text{MgO}$  – 6,31;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 7,11; на долю других соединений ( $\text{MnO}$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $\text{SO}_3$ ;  $\text{TiO}_2$ ;  $\text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{K}_2\text{O}$  + потери при прокаливании – 1,85 масс. %) приходится 2,01 масс. %.

В результате проведенных экспериментов был установлен оптимальный состав [14] (Таблица 1) формовочной смеси, свойства которой удовлетворяли требованиям изготовления качественных литейных форм. Ее применение было отработано при литье детали автосцепки вагонов (клин тягового хомута размером 32x92x879 мм) из чугуна с глобулярным графитом ВЧ45. [12]. Применение предложенного формовочного материала позволило получить годовой экономический эффект только на этом наименовании отливки в размере 72 тыс. руб. за счет сокращения расхода бентонитовой глины, снижения брака отливок по дефекту «ужимины» и повышения чистоты поверхности отливок. При этом механические свойства, испытанные на вырезанных из отливок образцах, составляли: временное сопротивление разрушению  $\sigma_b = 460$  МПа; предел текучести  $\sigma_{0,2} = 320$  МПа, что соответствовало требованиям ГОСТ 7293-85 ( $\sigma_b = 450$  МПа;  $\sigma_{0,2} = 310$  МПа).

В работе показан один из возможных путей решения проблемы утилизации золошлаковых отходов. И, зная проблемы дефицита бентонитовой глины и большие объемы накопленных и постоянно пополняющихся ЗШО (только на теплоэнергетических предприятиях юга Красноярского края ежегодно образуется более 1,2 млн. т. ЗШО [15]), можно ожидать широкого внедрения предложенного решения.

Таблица 1. Влияние золошлаковых отходов на свойства формовочной смеси

Вид формовочной смеси	Состав формовочной смеси, масс. %			Прочность формовочной смеси при сжатии при 20 <sup>0</sup> С, МПа	Среднее арифметическое отклонение профиля поверхности формы, мкм
	формовочная смесь отработанная	глина бентонитовая	ЗШО		
стандартный	90	10	–	0,18	34
опытный	85	5	10	0,44	26

**Список литературы:**

1. Делицын Л.М., Ежова Н.Н., Власов А.С., Сударева С.В. Золоотвалы твердотопливных электростанций как угроза экологической безопасности // Экология промышленного производства. – 2012. – Вып. 4. – С. 15–26.
2. Ahmaruzzaman A. Review on the utilization of fly ash // Progress in Energy and Combustion Science. – 2010. – V. 36. – Issue 3. – P. 327–363.
3. Кожуховский И. Использование золошлаковых отходов нужно расширять // Российская Бизнес-газета. – 08.11.2011. – № 822.
4. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях. – Новосибирск: изд-во НГТУ. – 2006. – 853 с.
5. Дибров И.А. Состояние и перспективы развития литейного производства России // Тр. седьмого съезда литейщиков России. – В 2 т. – Т. I. – Новосибирск: Издательский дом «Историческое наследие России». – 2005. – С. 4–13.
6. Подобед О. Песчано-глинистые смеси. Состояние вопроса и перспективы // Тр. седьмого съезда литейщиков. – Новосибирск: Издательский Дом «Историческое наследие Сибири». – 2005. – в 2 т. – Т. II., С. 5–13.
7. Трофимова Ф.А. Структурное и кристаллохимическое обоснование технологического модифицирования щелочноземельных бентонитов и бентонитоподобных глин: дис. ... канд. геолого-минералогических наук: 25.00.05 Казань. – 2007. – 118 с.
8. Иванова Л.П. Бентониты Хакасского месторождения в литейной промышленности // <http://www.bentonit-khakasia.ru/?main=company&locate=review>
9. Трофимова Ф.А., Лыгина Т.З., Сабитов А.А. и др. Влияние механоактивационных процессов на изменение коллоидных и реологических свойств бентонитовых глин // Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. – 2006. – С. 99–110.
10. Справочник по чугунному литью. – Л.: ЛО. – 1978. – 758 с.
11. Knipp E. Fehlererscheinungen an Gusstücken. - Dusseldorf: Giesserei. – Verlag GmbH. – 1961. – 273 s.
12. Крушенко Г.Г., Воеводина М.А. Использование золошлаковых отходов теплоэлектростанций, работающих на углях, в литейном производстве // Технология металлов. – 2013. – № 8. – С. 28–31.
13. Озерский А.Ю. Минералогический состав теплоэнергетических отходов сжигания ископаемых углей Канско-Ачинского и Минусинского бассейнов // Минералогические перспективы: Материалы Междунар. минералогического семинара. – Сыктывкар. – 2011. – С. 342–345.
14. Патент РФ 2440866 С1 МПК В22С 1/02 Формовочная смесь для отливок из стального и чугунного литья. Заявка № 2010127592/02 от 02.07.2010 / М.А. Воеводина. – Бюл., 2012. – № 3.
15. Озерский Д.А. Складирование золошлаковых отходов ТЭС в карьерах: – дис...канд. техн. наук. – 05.14.01. – Красноярск. – 2007. – 129 с.

**Формирование экокультуры казахстанского общества как решающего фактора реализации концепции по переходу республики Казахстан к зеленой экономике**

*Хамзина Ш.Ш., Кадырова М.С.*

*Инновационный Евразийский университет, Республика Казахстан, г. Павлодар  
khamzina\_64@mail.ru*

Одной из основных причин ухудшения экологической ситуации в Республике Казахстан и истощения ее природных ресурсов является низкий уровень экологической культуры общества, формирование которой признано приоритетным направлением деятельности государства в экологической сфере, важнейшим фактором обеспечения экологической безопасности, устойчивого развития страны. Низкий уровень экологической культуры объясняет нравственные пороки общества: потребительское отношение Человека к Природе, истощительное природопользование (в том числе распродажа стратегических ресурсов и природных богатств), чрезмерное техногенное воздействие на природу, которые привели к резкому падению ее восстановительного потенциала, в особенности в Казахстане - к росту числа зон экологического

бедствия, реабилитация которых требует постоянно растущих значительных материальных затрат, фактически - половины национального дохода страны.

«Зеленая экономика» определяется как экономика с высоким уровнем качества жизни населения, бережным и рациональным использованием природных ресурсов в интересах нынешнего и будущих поколений и в соответствии с принятыми страной международными экологическими обязательствами, в том числе с Рио-де-Жанейрскими принципами, Повесткой дня на XXI век, Йоханнесбургским планом и Декларацией Тысячелетия.

Одним из основных принципов перехода к «зеленой экономике» является обучение и формирование экологической культуры в бизнесе и среди населения, при этом важным аспектом является совершенствование действующих и разработка новых образовательных программ по рациональному использованию ресурсов и охране окружающей среды в системе образования и подготовки кадров [1].

В соответствии с Концепцией по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» необходимо воспитание среди широкой общественности новой экокультуры по охране окружающей среды. Необходимо формировать среди населения ответственное и экономное отношение к использованию энергии, воды и других природных ресурсов, прививать привычку раздельного сбора бытового мусора для его дальнейшей переработки. Формирование экологической культуры и ответственного отношения к природе через неформальное экологическое образование является главной задачей общественного развития, как составной части образования в интересах устойчивого развития Республики Казахстан и ее перехода к «зеленому росту». Кроме того, необходимо проведение широкой коммуникационной кампании и образовательных программ для повышения осведомленности населения в вопросах использования ресурсов и экологических проблем.

Актуальность исследования обусловлена нарастанием локальных экологических проблем, затрагивающих население и требующих для своего решения значительных экономических и социальных усилий, а также необходимостью оценки экологической ситуации и выявления уровня информированности населения о прямом и косвенном воздействии на окружающую среду. Целью исследования является анализ проблем формирования экологической культуры казахстанского общества как решающего фактора в реализации Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике» и выявление значимости неформального экологического образования. Предметом исследования является экологическая культура общества и проблемы формирования экологической культуры на базе экологического образования и воспитания в свете Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Объектом исследования является экологическая культура взаимоотношений общества и природы, проблемы ее формирования и проявления в казахстанском обществе в связи со сложившейся экологической обстановкой. В соответствии с проблемой, необходимо поставлены задачи: раскрыть и проанализировать проблемы и роль неформального экологического образования и воспитания в формировании экологического сознания общества; провести социологическое исследование и мониторинг экологических проблем Павлодарской области и выявить наиболее актуальные экологические проблемы, которые волнуют жителей региона; разработать рекомендации для формирования общественного мнения в защиту окружающей среды и обеспечения оперативного информирования об экологическом состоянии региона; разработать предложения по формированию экологической культуры общества как решающего фактора в реализации стратегии Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике»; выработать стратегию по формированию экологической культуры и активного отношения к сохранению окружающей среды.

Одним из основных принципов Орхусской Конвенции, ратифицированной РК [2] является вовлечение общественности в процесс принятия экологически значимых решений и учет мнения общественности при разработке экологической политики. Целью Социологического исследования экологической ситуации стал мониторинг основных экологических проблем в исследуемых населенных пунктах для принятия управленческих решений по устранению выявленных проблем.

Отбор респондентов для опроса был осуществлен на основе квотной выборки, которая репрезентирует взрослое население (18 лет и старше) области по полу, возрасту и типу населенного пункта (город/район). Всего было опрошено 396 респондентов. Исследование было проведено в городах Павлодар, Экибастуз и Майском районе.

Оценка экологической ситуации. По результатам исследования 71% опрошенных (г. Павлодар, г. Экибастуз, Майский район) выразили неудовлетворенность экологической ситуацией города и района. Число, оценивающих экологическую ситуацию как «удовлетворительную» составляет 25%. В возрастном разрезе неблагоприятной экологической обстановкой обеспокоены

респонденты в возрасте от 45-54 лет (86%) и 55-64 лет (87%). В зависимости от места проживания следует отметить, что среди жителей г. Экибастуза сравнительно высок показатель тех, кто не удовлетворен экологической ситуацией в городе (79%). Процентные показатели отметивших экологическую ситуацию как «удовлетворительную» и «не удовлетворительную» сравнительно одинаковы среди жителей г. Павлодар и Майского района.

В целом, среди населения преобладает пессимистический прогноз развития экологической ситуации в обследованных точках. Так, если 39% считают, что экологическая ситуация ни изменится и сохранится нынешний неблагоприятный фон, то в тоже время 28% опрошенных респондентов не исключают возможности ухудшения экологической ситуации. Если ухудшение экологической ситуации чаще всего прогнозируют г. Павлодара (33%), то сохранение неблагоприятного экологического фона отмечают в основном жители г.Экибастуза (44%) и Майского района (48%).

В число первой «тройки» наиболее актуальных экологических проблем вошли: загрязнение воды, воздуха (53%), ухудшение качества питьевой воды (40%), увеличение заболеваемости населения (36%). По принципу места жительства рейтинг экологических проблем заметно разнится. Так, жители г. Павлодара больше всего обеспокоены загрязнением воды, воздуха (48%) и реки Иртыш (40%), а также увеличением выброса выхлопных газов автотранспортом (32%).

В возрастном разрезе среди молодой группы от 18-24 лет особо отмечены проблемы увеличение уровня заболеваемости (35%) и наличие в окружающей среде токсичных веществ (35%).

Последовательность экологических проблем г.Экибастуза немного отличается от г. Павлодара. В зависимости от пола, женщины в большей степени обеспокоены ухудшением качества питьевой воды (56%) и загрязнением окружающей среды (воздуха, воды, почвы). Тогда как, мужчин: волнуют увеличение среди населения уровня заболеваемости (45%) и наличие золоотвалов, содержащих токсичные промышленные вещества (36%).

В возрастном разрезе загрязнение воздуха и воды чаще всего отмечали респонденты в возрасте от 25-44 лет. На отсутствие очистительных сооружений на промышленных предприятиях указали опрошенные в возрасте 55-64 лет (42%).

Как показывают результаты исследования, население Майского района в большей степени волнует ухудшение качества питьевой воды (83%), загрязнение воды, воздуха (63%), повышенный радиационный фон (53%), и как следствие, увеличение заболеваемости среди населения. В возрастном разрезе ухудшением качества питьевой воды и загрязнением воздуха в наибольшей степени обеспокоены опрошенные в возрасте от 25-34 лет.

Как выяснилось, в число промышленных предприятий, деятельность которых негативно влияет на экологическую ситуацию в обследованных точках, вошли следующие заводы: АО «Алюминий Казахстана» (57%), АО «Казахстанский электролизный завод» (45%) и ЗАО «Павлодарский нефтехимический завод» (36%).

Негативное экологическое воздействие вышеназванных предприятий особо отметили респонденты в возрасте от 18-24 лет и 45-54 лет. В целом, в антирейтинге промышленных предприятий, деятельность которых отрицательно влияет на экологическую ситуацию в г.Павлодаре, лидируют АО «Алюминий Казахстан» (78%) и АО «Казахстанский электролизный завод» (65%).

Когда как, все три градообразующие крупные организации г.Экибастуза (ЗАО «Экибастузский энергоцентр», ТОО «AES Экибастуз» и ТОО «БАК») население внесло в «черный» список предприятий, деятельность которых не соответствует экологическим нормам безопасности.

В ходе социологического исследования была попытка выявить промышленные предприятия, которые в той или иной степени соблюдают установленные экологические требования, но половина опрошенных (53%) затруднились ответить на данный вопрос. Тем не менее, были определены несколько предприятий, которые оказывают минимальное негативное воздействие на окружающую среду - это Павлодарский молочный завод, Павлодар-Водоканал, Павлодарсоль и т.д. В целом в рейтинге известности лидируют экологические организации ОО «Антиядерное движение Невада - Семей - Павлодар» - 72% и ОО «Павлодар - наш общий дом» - 39%.

Уровень известности других общественных организаций, занимающихся экологическими вопросами очень низкий и составляет от 2 до 9%. Наибольший показатель известности общественной организации «Антиядерное движение» «Невада - Семей - Павлодар» зафиксирован в

Майском районе (95%), ОО «Павлодар - наш общий дом» - в г. Павлодаре (49%) и г.Экибастузе (33%).

В целом, в качестве основных мер по улучшению экологической ситуации были названы - активная деятельность депутатов Маслихата (42%), усиление контроля со стороны органов власти (37%) и соблюдение промышленными предприятиями норм экологической безопасности (30%).

По признаку места жительства имеются существенные различия. Так, например, население г. Павлодара улучшение экологической ситуации в городе связывает в первую очередь с активной деятельностью экологических организаций (36%) и контролирующими местными органами власти (35%). Тогда как, по мнению жителей г.Экибастуза, экологическая ситуация в городе улучшится при усилении контроля со стороны органов местной власти (56%) и соблюдении предприятиями предписанных экологических требований (47%). По сравнению с жителями городов Павлодара и Экибастуза, население Майского района в решении экологических вопросов особо отмечает роль представительного органа власти (Маслихата - 73%) и государства (70%). Но стоит обратить внимание, что жители Майского района менее всего отмечают роль экологических организаций (3%) в решение экологических проблем.

Как уже было отмечено, несмотря на высокий уровень известности экологических организаций в Майском районе, их роль с точки зрения населения минимальна. Так как, экологические пособия и льготы со стороны государства для большинства жителей района, которые живут за гранью бедности, являются единственным материальным источником дохода, но не решением экологических проблем. Об этом свидетельствуют данные материального положения жителей Майского района, где 57% опрошенных определили свое благосостояние как «денег хватает только на питание, но покупка одежды затруднительна».

В целом, по результатам опроса, только 28% опрошенных удовлетворены системой управления твердо-бытовых отходов, в основном это указали жители Майского района (58%). Но преобладающее большинство респондентов (60%) выразили не удовлетворенность системой управления ТБО, чаще всего это отмечали жители города Павлодара (63%) и, в особенности, Экибастуза (74%).

На вопрос, что Вам известно о «зеленой» экономике - никто не смог ответить.

Подводя итоги проведенного социологического исследования необходимо отметить, что для формирования общественного мнения в защиту окружающей среды и обеспечения оперативного информирования об экологическом состоянии региона необходимо:

- расширить сеть экологизированных средств массовой информации, сделать их более доступными широкому кругу общественности, повысить их роль в экологизации общественного сознания;

- усилить контроль со стороны органов власти за деятельностью промышленных предприятий; за соблюдением промышленными предприятиями норм экологической безопасности;

- проведение информационной и обучающей кампании общественно-значимых людей (журналисты, депутаты, работники исполнительных органов власти); ключевым механизмом реализации национальной и региональной экологической политики должны стать общественные экологические движения;

- депутатам маслихатов необходимо активизировать деятельность по решению острых социально-экологических проблем жителей Майского района, выявленных в результате проведенного социологического исследования. В частности проблем, связанных с ухудшением качества питьевой воды, повышенным радиационным фоном и как следствие увеличением уровня заболеваемости населения.

#### Список литературы:

1. Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». Утверждена Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 г. №577.
2. Закон Республики Казахстан от 23 октября 2000г. N 92-III О ратификации Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды.

### Применение перспективных потребителей электроэнергии в качестве потребителей-регуляторов

**Ханаев В.В.**

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Россия, г. Иркутск*

[venven@list.ru](mailto:venven@list.ru)

Участившиеся в разных частях мира экологические, социальные и экономические кризисы, а также всё яснее определяющаяся перспектива истощения природных месторождений жидких и газообразных углеводородов провоцируют дефицит топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Электромобили наиболее перспективны для решения этой проблемы и сегодня уже не являются экзотическим транспортным средством. Они универсальны в плане использования энергетических ресурсов, их применение улучшает экологическую обстановку, снижает уровень шума, а также позволяет высвободить значительное пространство, занимаемое автозаправочными станциями, топливными хранилищами и прочей сопутствующей традиционным видам транспорта инфраструктурой. По своим техническим характеристикам серийный электромобиль ближайшего будущего является аналогом современного автомобиля – массовым комфортным транспортным средством.

При всём этом упускается из вида, что электроэнергия, необходимая для привода электромобилей, вырабатывается, а в перспективе – и будет вырабатываться, на обычных электростанциях, имеющих жесткие технические ограничения по режимам работы, топливу и располагаемой мощности. Увеличение электропотребления за счет массового применения электромобилей способно оказать неожиданно мощное воздействие на электроэнергетическую отрасль и потребовать существенного изменения структуры и технических характеристик генерирующих мощностей. Суммарная эквивалентная мощность мирового парка автомобильного транспорта давно превысила суммарную мощность эксплуатирующихся электростанций, массовый же переход на электромобили вызовет дефицит электроэнергии. Это определяет необходимость исследования развития электроэнергетики с учетом становления электромобилей как нового класса потребителей электроэнергии и разработки концепции его эффективного и заблаговременного интегрирования в существующую структуру электропотребления.

Перспективный рост электропотребления требует заблаговременного поиска путей своего покрытия, главным из которых является ввод новой генерации. В то же время необходимо найти возможность этот рост упорядочить, сделать его управляемым. Суммарное электропотребление подвержено влиянию различных социальных и экономических факторов, поэтому его изменения имеют высокую степень неопределенности. Помимо вероятности дефицита генерации всегда имеется вероятность того, что энергетические мощности окажутся недогруженными или будут иметь неэффективный режим эксплуатации. Планирование роста генерирующих мощностей с учетом управления электрической нагрузкой (управления спросом на электроэнергию) может стать буфером, позволяющим смягчать последствия резких колебаний электропотребления. При определении степени эффективности управления спросом следует избегать его прямого противопоставления с наращиванием генерирующих мощностей, т.е. рассматривать оба этих мероприятия как разумное и сбалансированное дополнение друг другу

млн. единиц

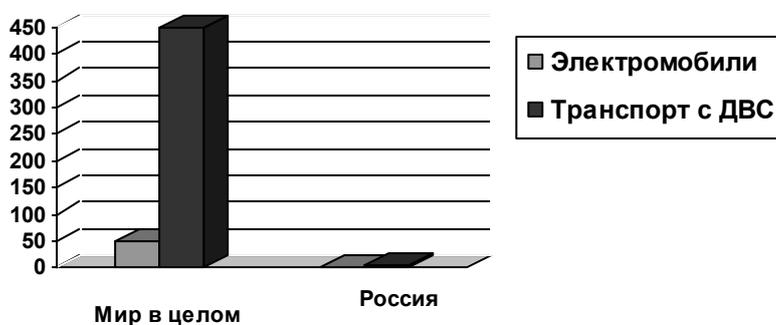


Рис. 1. Перспективное соотношение электромобилей и «классических» видов транспорта в Мире и России, 2030 г.

Упорядочение режимов электропотребления может сделать электромобили эффективными потребителями-регуляторами. Заряд аккумуляторов в ночные часы способен заполнить ночные провалы электрической нагрузки и предотвратить увеличение её пиковых значений днем. На примере России было проведено исследование влияния таких потребителей-регуляторов на развитие электроэнергетики.

Обзор производственных планов ведущих автопроизводителей показывает, что в мире к 2030 г. может быть произведено около 50 млн. электромобилей, что составит около 10 % от общего числа вводимых в эксплуатацию транспортных средств (рис. 1). Суммарная мощность такого парка электромобилей составит порядка 2500 млн. кВт. На долю России может прийти около 0,5 млн. единиц при установленной мощности (потенциале регулирования электрической нагрузки) 25 млн. кВт.

Исследование возможного влияния электромобилей на развитие электроэнергетики России производилось с помощью математической модели «СОЮЗ». Для адаптации исходной модели к задачам исследования потребителей электроэнергии при управлении развитием электроэнергетических систем произведено ее дополнение блоками математических моделей потребителей электроэнергии. В результате модель может быть представлена в следующем обобщенном виде:

$$\min \sum_{jis\tau} C_{jis\tau} X_{jis\tau} + \sum_{ji} C_{ji}^{\Sigma} X_{ji}^{\Sigma} + \sum_{ji} C_{ji}^n X_{ji}^n + \sum_{ii'} C_{ii'}^{\Sigma} X_{ii'}^{\Sigma} + \sum_{ii'} C_{ii'}^n X_{ii'}^n \quad (1)$$

$$\text{при } F(X_{jis\tau}, X_{ji}^{\Sigma}, X_{ji}^n, X_{ii'}^{\Sigma}, X_{ii'}^n) = 0 \quad (2)$$

Выражение (1) является минимизируемым при ограничениях (2) функционалом, в общем случае представленным суммарными приведенными затратами на развитие и функционирование энергетической системы и исследуемых потребителей-регуляторов, а также энергосберегающих технологий.

Здесь  $j$  – номер группы однотипного генерирующего оборудования или потребителя электроэнергии;  $i$  – номер энергоузла;  $s$  – номер характерного суточного графика нагрузки;  $\tau$  – индекс (продолжительность) зоны нагрузки в суточном графике;

$X_{jis\tau}$  – нагрузка  $j$ -го типа оборудования в узле  $i$  в суточном режиме  $s$  в зоне продолжительностью  $\tau$  часов либо мощность (снижение нагрузки) потребителей-регуляторов или электросберегающих технологий,  $C_{jis\tau}$  – соответствующие удельные переменные затраты;

$X_{ji}^{\Sigma}, X_{ji}^n$  – выбираемые установленная мощность и новая (вводимая) мощность  $j$ -го оборудования (потребителя) в узле  $i$ ;

$C_{ij}^{\Sigma}, C_{ij}^n$  – удельные постоянные ежегодные издержки и приведенные капиталовложения в это оборудование;

$X_{ii'}^{\Sigma}$  – пропускная способность электрической связи между узлами  $i$  и  $i'$ ;

$C_{ii'}^{\Sigma}$  – удельные ежегодные затраты на эту связь;

$X_{ii'}^n$  – пропускная способность новой межсистемной связи  $i$  и  $i'$ ;

$C_{ii'}^n$  – соответствующие удельные приведенные капиталовложения.

Первые две суммы в целевой функции определяют годовые переменные и постоянные издержки на электростанциях и моделируемых потребителях, третья сумма соответствует приведенным капиталовложениям в их реализацию, последние две суммы определяют годовые постоянные издержки и приведенные капиталовложения в межсистемные электрические связи.

Ограничения (2) включают в себя балансы мощности энергоузлов, технические ограничения на режимы работы генерирующего оборудования и потребителей электроэнергии, ограничения по топливу и др.

Годовой баланс энергии энергоузлов в модели описывается совокупностью балансов зон представительных суточных графиков электрической нагрузки с переходом к годовым показателям в функционале модели через коэффициенты «эквивалентного числа суток в году».

При моделировании суточного режима используется принцип «позонной оптимизации» в соответствии с разбиением суточного графика нагрузки на горизонтальные зоны продолжительностью  $\tau$  часов, соответствующие приростам нагрузок в разные часы суток:

$$\sum_j X_{ji\tau} + \sum_{i'} X_{ii'\tau} - \sum_i X_{i'i\tau} = P_{i\tau} \quad (3)$$

В выражении (3) первая сумма – участие всех электростанций узла, потребителей-регуляторов и мероприятий по электросбережению в покрытии зоны отдельного суточного графика, вторая и третья суммы – междузловые «входящие» и «выходящие» перетоки, а правая часть – мощности зон суточного графика.

При описании в модели потребителя-регулятора следует учесть ряд следующих моментов:

- перевод в режим потребителя-регулятора обычных потребителей электроэнергии и создание новых потребителей-регуляторов требуют некоторых капиталовложений;
- составляющая затрат на используемую в режиме потребления электроэнергию может быть учтена не в текущих затратах потребителя, а на электростанциях, обеспечивающих в результате оптимизации режим энергосистемы;
- при сдвиге мощности потребителя-регулятора из пиковой зоны графика нагрузки в зону провала высвобождается часть генерирующих мощностей электростанций, этот режим может быть представлен как «генерация» потребителем-регулятором;
- работа потребителя-регулятора в зоне провала будет рассматриваться как режим «потребления».

С учетом этого математическую модель потребителя-регулятора применительно к задаче оптимизации развития ЭЭС можно записать в следующем виде:

$$\sum_{\tau} N_{kS\tau} \leq \beta_{kS} N_k \quad (4)$$

$$N_{kSt} \leq \gamma_k \beta_{kS} N_k \quad (5)$$

$$\beta_{kS} = (1 - g_{kS} - \beta_{kS}^{pem}) \quad (6)$$

$$\sum_{\tau} \tau N_{kS\tau} \leq \eta_k \left( \sum_t N_{kSt} \right) \tau_S^{\max} \quad (7)$$

$$\tau_S^{\max} \sum_t N_{kSt} \leq h_k \beta_{kS} N_k \quad (8)$$

Уравнения (4) и (5) определяют доленое участие электрической мощности  $k$ -го потребителя-регулятора в «генерирующем» и «потребляющем» режимах соответственно. Здесь  $N_k$  – суммарная мощность электроприемников потребителя-регулятора;  $N_{kS\tau}$  – мощность «генерирующего» режима работы, продолжительностью  $\tau$  часов в  $S$ -ые сутки;  $N_{kSt}$  – мощность «потребляющего» режима в час  $t$  в  $S$ -ые сутки;  $\beta_{kS}$  – коэффициент готовности мощности потребителя (доля мощности задействованных в работе электроприемников в их суммарной установленной мощности), определяется согласно (6). В выражении (5)  $\gamma_k$  – коэффициент соотношения мощностей «генерирующего» и «потребляющего» режимов.

Уравнение (4) является ограничением использования мощности потребителя-регулятора в режиме «генерации» и определяет, что она физически не может превышать суммарную мощность всех электроприемников с учетом коэффициента готовности. В свою очередь зависимость (5) показывает, что мощность «потребляющего» режима также не может превышать суммарную мощность всех электроприемников в режиме «потребления» с учетом коэффициента готовности.

Выражения (4) и (5) для потребителей-регуляторов дополнены уравнением связи по энергии «генерирующего» и «потребляющего» режимов (7) и ограничением среднесуточного

числа часов использования  $h_k$  (8). Смысл уравнения (7) заключается в том, что физически энергия «генерирующего» режима не может превышать энергию «потребляющего» режима. Здесь  $\tau_S^{\max}$  – длительность одного интервала;  $\eta_k$  – коэффициент полезного действия, который меньше единицы если работа потребителя-регулятора связана с промежуточным накоплением или преобразованием электроэнергии, например – батареи у электромобиля. Ограничение на

потребляемую энергию (8) определяется объемами производства продукции, продолжительностью рабочей смены и т.д.

Эффективность потребителей-регуляторов оценивалась в период до 2030 г. Полученные результаты сопоставлялись с исходным вариантом оптимизации развития электроэнергетики России, не предусматривающим использования потребителей-регуляторов. Установлено, что оптимальные для развития электроэнергетики России объемы использования электромобилей в качестве потребителей-регуляторов составляют 3,9 млн. кВт. Оптимизация развития электроэнергетики России с учетом перспективных видов электропотребляющего транспорта позволяет снизить капитальные вложения на свое развитие на 2,5 млрд. долл. и эксплуатационные затраты на 0,3 млрд. долл. в год. За счет потерь в аккумуляторах электромобилей на 83 тыс. тунн условного топлива) или 0,1 млрд. долл. в год возрастает расход топлива. Экологический эффект использование электромобилей в качестве потребителей-регуляторов заключается в снижении на 1010 млн. кВт объемов вводов пиковых угольных тепловых электростанций, на величину около 300 тыс. тунн в год происходит замещение моторного топлива. Очевидно, что основные результаты исследования, достигнутые на примере России, могут быть справедливы и для других стран мирового сообщества.

Относительно небольшие оптимальные объемы использования электромобилей в качестве потребителей-регуляторов обусловлены их пока еще высокой стоимостью, в частности – дороговизной аккумуляторов. Их привлекательность будет повышаться по мере совершенствования и удешевления производственных технологий.

Неупорядоченные режимы зарядки аккумуляторов электромобилей способны вызвать рост электропотребления и разрежение графиков суммарной электрической нагрузки. Это в свою очередь потребует строительства дополнительных генерирующих мощностей электрических станций с неэффективным режимом эксплуатации. В то же время грамотное использование электромобилей в качестве потребителей-регуляторов с упорядоченными режимами электропотребления позволяет снизить разрежение графиков электрической нагрузки, улучшить структуру генерирующих мощностей при долгосрочной оптимизации развития и повысить их эксплуатационные показатели, а также имеет ярко выраженный экологический эффект.

#### **Сопоставительный анализ методов термического воздействия на бетонную смесь**

*Голдаев С.В., Шерина А.Е.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет ЭНИИ Россия г. Томск*

*E-mail: [SVGoldaev.tpu@ru](mailto:SVGoldaev.tpu@ru)*

В связи с увеличением объема промышленного и гражданского строительства продолжает оставаться актуальной экономия ресурсов в технологии бетонирования конструкций. При среднесуточной температуре воздуха +5оС и минимальной 0оС не допускается укладка бетона с температурой ниже +5оС. Одно из перспективных направлений в сокращения времени твердения бетона, достигающего при нормальных условиях 28 суток, является использование эффективных устройств для термического воздействия на бетон.

Цель доклада – сравнение вариантов термического воздействия.

Для ускоренного процесса твердения бетона в производственных условиях применяют обработку паровоздушной смесью [1]. При этом воздействие может осуществляться за счет непосредственного контакта теплоносителя с поверхностями изделий, или через стенку. По графику потребления пара они делятся на установки непрерывного и периодического действия. На большинстве заводов железобетонных конструкций применяются в основном установки периодического действия с контактным способом передачи теплоты: различные камеры: пропарочные, тупиковые и проходные туннельные и др. Пар подается от местных отопительно-производственных котельных, что свидетельствует об энергоемкости процесса, затем осуществляется его смешение с образованием паровоздушной смеси с температурой менее 373 К. Причем от содержания воздуха в паровоздушной смеси зависят ее температура и теплоотдача к поверхности конструкции, а, следовательно, равномерность и степень ее нагрева. Для решения подобной задач разработана парозежкционная система, с помощью которой отработавший теплоноситель удаляется из нижней части камеры и подается в верхнюю с добавлением свежего пара. Многолетняя эксплуатация показала, что удается снизить удельный расход пара на 15...35%. При этом обеспечивается равномерный прогрев изделий по всему объему камеры, сокращается на 2...4 часа время термообработки [1].

В работе [2] отмечено, что процесс твердения бетона в рамках данного способа термического воздействия обусловлен экзотермической реакцией гидратации цемента за счет связанной воды. Тепловыделение этой реакции экспоненциально зависит от температуры бетона. В результате упрощения трехмерной постановки задачи создана инженерная методика ее решения. Рассмотрен нагрев изделия в камере, с одного конца которой подается пар под давлением, а в другом торце камеры стоит вентилятор. На основе теплового расчета подобран диаметр труб для подвода пара к камере, дроссельные диафрагмы, регуляторы давления и температуры и т.д. Анализ результатов расчетов показал, что для уменьшения расхода теплоты при паровой обработке бетона в камере необходимо увеличение толщины стен и коэффициента заполнения камеры. Предложено для завершения полной гидратации цемента бетонного изделия при паровой обработке в качестве подложки использовать теплоизоляционный материал.

Как отмечено в монографии [3], технология изготовления бетона дорога и несовершенна. Слишком велики затраты энергии, труда, цемента и металла. А главное, пропаривание изделий не столько ускоряет твердение, сколько нарушает структуру бетона и конструкций.

Бетонирование с энергообработкой смеси лишено этих недостатков. В [3] описано четыре разработанных технологии, три из которых доведены до массового практического применения. Основное достоинство бетонирования с электроразогревом смеси – укладка бетона при температуре воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Электротермическое бетонирование основано на простом подогреве смеси в обычных строительных бункерах с термосным выдерживанием бетона с целью сохранения теплоты. Своевременный термоимпульс (до схватывания смеси) резко повышает температуру и парообразование. Пар, глубже проникая в зерна цемента, интенсифицирует реакции, в сотни раз сокращая время термообработки бетона.

В настоящее время этот метод используется для массивных конструкций и на слабом морозе.

Электроимпульсное бетонирование заключается во внесении мощного электротеплового импульса в бетонную смесь, который на три порядка выше мощности традиционного электропрогрева бетона, преодолевает энергетический барьер, вызывая элетрогидравлические удары и самопроизвольные реакции с ионизацией и магнетизацией смеси. Внесение теплоты в цемент приближает коэффициент использования энергии к единице. Такой импульс создается установками с электродами, погружаемыми непосредственно в кузов автосамосвала. Благодаря такой технологии стало возможным выдерживать бетон в неутепленной стальной или деревянной опалубке и зимой.

Расходы энергии при электроимпульсном бетонировании по сравнению с традиционными методами термообработки снизились в 1,5...3 раза, а по сравнению с паропрогревом бетона – в 6 раз. КПД с 0,27...0,45 достиг 0,69. Недостатком его является потребность в значительной трансформаторной мощности, порядка 300...400 кВт, циклический разогрев смеси [3].

При виброэлектробетонировании смесь подвергается виброразогреву в трубе без последующих вибрации, прогрева и перегрузок [3]. Такая технология заключается в следующем. Бетонная смесь из автобетоновозов поступает непосредственно в горловину виброэлектрореактора. В нем используются трубчатые электроды, обжимающие коаксиально электросердечник, внутри которого проходит кабель. На заводах и полигонах виброэлектрореактор подвешивался к бетоноукладчику или каркасу, движущемуся по рельсам, между которыми располагались формы.

Благодаря кинетическому внесению энергии в процессе непрерывного движения совмещается большинство операций и устраняются простои, что приводит к сокращению трудозатрат, а также деаэрирует и гомогенизирует бетонную смесь.

По сравнению с традиционным электропрогревом трудозатраты сократились в 2...3 раза за счет исключения пропаривания и вибрирования на виброплощадках [3].

Синэнергобетонирование отличается тем, что смесь дополнительно барботируется в магнитной пароионной среде, что дает возможность обойтись без бетономешалок. В настоящее время такая технология отработывается в лабораторных условиях [3].

Рациональная область бетонирования – среднemasивные конструкции и изделия, особенно продуктивна энергообработка в экстремальных условиях: на сильном морозе, при укладке на мерзлое основание, в насыщенные грунты.

Использование транспортирующих труб, представляющих собой динамические системы для непрерывной электрообработки бетонных смесей перед укладкой их в опалубку или форму, является одним из перспективных направлений в технологии бетонирования конструкций

различного назначения [4,5]. Разработан комплекс мероприятий по управлению параметрами электродов, который был рекомендован в инженерную практику создания и внедрения в производство динамических систем непрерывной электрообработки бетонных смесей – транспортирующих труб [4,5]. Как отмечено в диссертации [6], предыдущие исследования по непрерывной электрообработке не отвечали требованиям надежности. В частности, имели место локальные перегревы смеси и электродов в устройствах непрерывного действия. Для отсутствия зон локального перегрева бетонной смеси в коаксиальном устройстве непрерывного электроразогрева подачу бетонной смеси в межэлектродное пространство и выпуск предложено осуществлять под прямым углом к продольной оси устройства, а торцы внутреннего и внешнего электродов заглублять в электроизоляционные элементы.

Отличительной особенностью процесса электромагнитной обработки является относительно равномерное выделение теплоты во всем объеме бетона за счет превращения электрической энергии в теплоту в ферромагнитной опалубке и арматуре изделий, т.е. имеет место наличие как внешних, так и внутренних, практически равномерно распределенных, источников теплоты [7]. В реальных условиях теплообмена с окружающей средой образуется поле температур, которое создает поле влагосодержания. Внешнее магнитное поле изменяет структуру и свойства бетонных растворов, перераспределяет плотности электронных облаков, а также поляризует молекулы воды. Однако в практике строительства, использованию электромагнитного воздействия сводилось в основном к индукционному нагреву и использованию омнигенной воды затворения, непостоянство химического состава которой приводило к большой нестабильности получаемых результатов. В работе [8] показано, что при электромагнитном способе подвода теплоты осуществляется более равномерное распределение полей температуры, чем при паротепловой термообработке.

Таким образом, можно отметить, что ни один из перечисленных методов термической обработки бетона не является универсальным, в связи с тем, что они требуют различное аппаратное оформление и применимы либо в заводских условиях, либо на строительной площадке. Дальнейшие исследования по каждому из способов позволят выявить наиболее эффективные режимы эксплуатации.

#### Список литературы:

1. Цветков В.В. Повышение эффективности пароснабжения заводов железобетонных конструкций//Промышленная энергетика.–1989.– №9.–С. 18–21.
2. Численное решение задачи теплообмена при тепловой обработке бетона// А.М. Гришин, В.В. Трофимов, Н.С. Шулев, А.С. Якимов. // Инженерно-физический журнал. –1992. – Т. 62, №4.–С. 608–616.
3. Арсеньев А.С. От электротермоса к синэргобетонированию –Владимир: Изд-во ГТУ – 1996. – 272 с.
4. Пшонкин Н.Г. Технология бетонирования с комплексной обработкой смесей в динамических системах //Автореф. дисс. д-ра.техн. наук. –2006. – 38 с.
5. Пшонкин Н.Г. Электротермообработка бетонных смесей в транспортирующих трубах: Монография. – Новокузнецк: СибГГМА. – 1997. – 160 с.
6. Южаков И.В. Совершенствование технологии непрерывного электроразогрева бетонной смеси – Автореф. дисс. к.т.н. – Томск, 2009. – 30 с.
7. Волосян Л.Я., Чернышев И.В. Аналитическое исследование процесса тепло- и массопереноса в кинетике твердения бетона при тепловой обработке в электромагнитном поле// Инженерно-физический журнал. –1970. –Т. 18, №2. –С. 286-292.
8. Параметры внутреннего переноса в процессе твердения при различных способах тепловлажностной обработки мелкозернистого бетона// А. Г. Темкин, Л. Я. Волосян, В. П. Журавлева, Е. Е. Элимелах. // Инженерно-физический журнал.–1971.–Т.20, № 1.–С. 140–147.

#### Анализ и разработка мероприятий по обеспечению безопасности работ при зачистке технологических резервуаров от остатков нефтепродуктов

*А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.И. Осипенко*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
olia\_917@mail.ru*

Статистика аварий с 1960 по 2011 год показывает, что за данный промежуток времени на технологических резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов произошло 57 инцидентов, в которых погиб 61 человек и 27 человек получили травмы различной степени тяжести [1-5]. Анализ

причин аварий, произошедших в резервуарных парках для хранения нефти и нефтепродуктов, позволил выделить их основные группы: неполадки оборудования, ошибочные действия персонала, внешнее воздействие природного и техногенного характера. Следует отметить, что порядка 40 % аварий произошли во время проведения зачистки и ремонта резервуаров, которые относятся к особо опасным работам, что и обуславливает актуальность рассматриваемого вопроса и необходимость более подробного рассмотрения.

Таким образом, цель исследования: разработка мер по обеспечению безопасности работ при зачистке технологических резервуаров от остатков нефтепродуктов.

В любом резервуаре, эксплуатируемом для добычи, переработки и хранения нефтепродуктов со временем накапливаются отложения (нефтяной шлам), и требуется очистка резервуара от них [4-8].

При ведении работ в установленную последовательность вносятся определенные коррективы, характеризующие особенности строения технологического резервуара, вещества обращающегося в нем, климатические условия его месторасположения. Организация работ по зачистке определяется в строгом соответствии с Нормативно-Технической документацией.

Для обеспечения технологических резервуаров, как наиболее уязвимых элементов производства работ, достаточными мерами по предупреждению и предотвращению возникновения ЧС(Н), необходимо представлять причинно-следственную связь элементов, инициирующих аварийную ситуацию. Для чего и был использован такой логико – графический метод анализа, как дерево отказов.

Применив данный метод анализа на конкретном событии, а именно для аварии на ООО «Н-КОЕ», при ведении работ по капитальному строительству: на промышленной площадке проводились сварочные работы на незаполненном нефтью технологическом резервуаре, находящемся на расстоянии не более 1,5 м и связанным технологическим объемом от места огневых работ, произошло воспламенение образовавшейся смеси, в результате которого погиб человек, так же поврежден отстойник для нефти ООО «Н-КОЕ».

На рисунке 1 приведена технологическая схема отстойника после аварии.

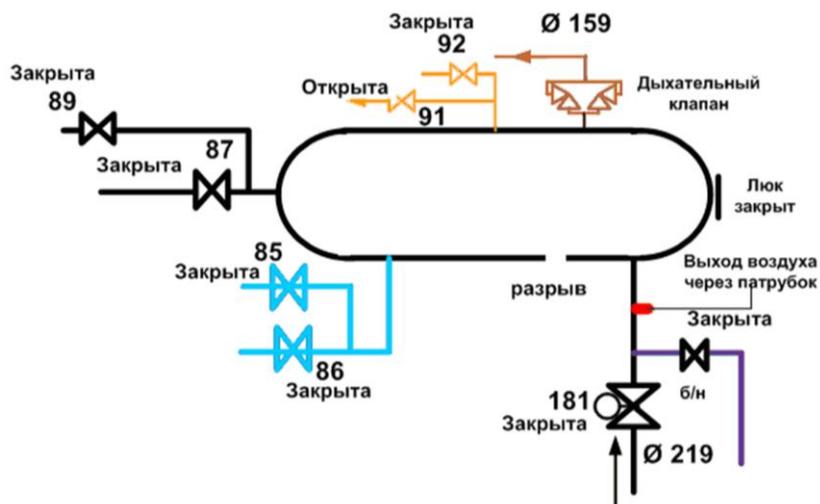


Рис.1. Технологическая схема отстойника после аварии

Дерево отказов для рассматриваемого случая представлено на рисунке 2.

Была проведена качественная оценка дерева отказов при помощи метода минимальных сечений.

Сечение определяется как множество элементарных событий, приводящих к нежелательному исходу. Если из множества событий, принадлежащих некоторому сечению, нельзя исключить не одного и в то же время это множество событий приводит к нежелательному исходу, то в этом случае говорят о наличии минимального сечения.

Для дерева отказов в резервуарах (рис .2) качественный анализ показал, что для того, чтобы произошел разрыв емкости и взрыв (Т) необходимо, чтобы был реализован или внутренний взрыв (М1), или пожар на соседних емкостях (М2), или катастрофический разрыв емкости (М3), или имелись какие-либо внешние причин (М4), индуцирующих головное событие Т.

Внутренний взрыв (M1), в свою очередь, происходит при наличии парогазовой фазы (B1) и явления самовоспламенения (M5), которые характеризуются наличием или системы из горючей смеси (B3) и источника тепла (B4), или системы из горючей компоненты (B6), окислителя воздуха (B7) и пирофорных отложений (B8).

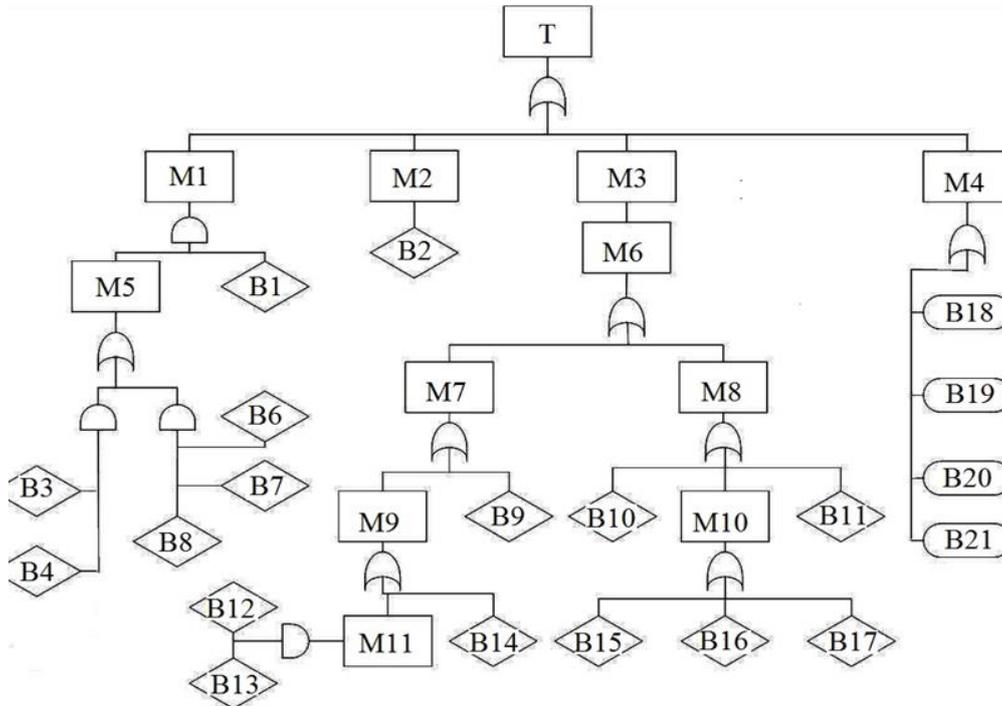


Рис.2. Дерево отказов для рассматриваемого технологического инцидента

Пожар на соседних емкостях (M2) является причиной возникновения события T при образовании горячей гидродинамической волны (B2).

Катастрофический разрыв емкости (M3) является результатом создания избыточного давления (M6), которое инициируется повышением температуры емкости (M7) или избыточным заполнением емкости (M8). Повышение же температуры емкости (M7) может возникнуть из-за воздействия внешнего источника нагрева (M9) или перегрузки емкости (B9). Избыточное заполнение емкости (M8) возможно или при отказе аварийного вентиля (B10), или при отказе предохранительных клапанов (B11), или же при повышении контрольного уровня (M10). Внешний же источник нагрева (M9) является итогом или разряда статического потенциала (M11), образующегося при проведении сварных работ в резервуарах (B12) с наличием горючей смеси (B13), или искры удара (B14), возможно при ведении каких-либо ремонтных работ.

Превышение контрольного уровня (M10) имеет место быть или при отказе запорной арматуры (B15), или ошибки оператора (B16), или отказа контрольной аппаратуры (B17)

Внешние причины (M4) могут быть проявлением либо удара молнии (B18), либо падения метеорита (B19), либо землетрясения (B20), либо авиакатастрофы.

Таким образом, можно сделать вывод, что последовательность событий на основании условия минимального сечения будет следующая: M2->T, M4->T, M1->M1, M3->T, то есть наиболее соответствовать данному условию будет разрыв емкости и взрыв при внутреннем взрыве, наименее – катастрофический разрыв емкости.

Количественный анализ дерева отказов (рис. 2) был проведен аналитическим методом.

Для данного исследования использовались численные значения частот для каждого базового события.

Расчет начинается с подножия дерева отказов – промежуточных событий и продолжается в направлении вершины – головного события.

Для исследуемого случая аварий технологических резервуаров, расчет начинается слева направо, то есть первой исследуемой частью будет левая ветвь дерева отказов.

Таблица 1. Характерные инициирующие события и вероятности (частоты) их возникновения

Обозначение	Характеристика события	Вероятность (частота) события (год <sup>-1</sup> )
T	Разрыв емкости и взрыв	$5,9 \cdot 10^{-4}$
M1	Внутренний взрыв	$3,7 \cdot 10^{-6}$
M2	Пожар на соседних емкостях	$5,2 \cdot 10^{-4}$
M3	Катастрофический разрыв емкости	$7,1 \cdot 10^{-5}$
M4	Внешние причины	$4 \cdot 10^{-8}$
M5	Самовоспламенение	$4,2 \cdot 10^{-6}$
M6	Создание избыточного давления	$7,1 \cdot 10^{-5}$
M7	Повышение температуры емкости	$4 \cdot 10^{-5}$
M8	Избыточное заполнение емкости	$3,1 \cdot 10^{-5}$
M9	Внешний источник нагрева	$9 \cdot 10^{-6}$
M10	Повышение контрольного уровня	$1,1 \cdot 10^{-5}$
M11	Разряд статического потенциала	$8,3 \cdot 10^{-6}$
V1	Наличие парогазовой фазы	$9 \cdot 10^{-1}$
V2	Образование горячей гидродинамической волны	$5,2 \cdot 10^{-4}$
V3	Горючая смесь	$8,3 \cdot 10^{-3}$
V4	Источник тепла	$3 \cdot 10^{-4}$
V6	Горючая компонента	$8 \cdot 10^{-3}$
V7	Окислитель воздуха	$7 \cdot 10^{-4}$
V8	Пирофорные отложения	$3 \cdot 10^{-1}$
V9	Перегрузка емкости	$3,1 \cdot 10^{-5}$
V10	Отказ аварийного вентиля	$1 \cdot 10^{-5}$
V11	Отказ предохранительных клапанов	$1 \cdot 10^{-5}$
V12	Проведение сварных работ	$1,8 \cdot 10^{-3}$
V13	Наличие горючей смеси	$4,6 \cdot 10^{-3}$
V14	Искра удара	$7 \cdot 10^{-7}$
V15	Отказ запорной арматуры	$2 \cdot 10^{-6}$
V16	Ошибка оператора	$7 \cdot 10^{-6}$
V17	Отказ контрольной аппаратуры	$2 \cdot 10^{-6}$
V18	Удар молнии	$1 \cdot 10^{-8}$
V19	Падение метеорита	$1 \cdot 10^{-8}$
V20	Землетрясение	$1 \cdot 10^{-8}$
V21	Авиакатастрофа	$1 \cdot 10^{-8}$

Событие M5 «Самовоспламенение» наступает при альтернативном наступлении или одного блока событий, или другого, но наступление этих блоков будет при одновременном наступлении нескольких базовых событий, следовательно, там где одновременная реализация перемножим соответствующие им вероятности, а альтернативная – применим операцию сложения:

$$P(M5) = P(V3) \cdot P(V4) + P(V6) \cdot P(V7) \cdot P(V8) = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

К M1 ведет одновременное исполнение события M5 и V1, таким образом выражение будет иметь вид:

$$P(M1) = P(M5) \cdot P(V1) = 3,7 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

Очевидно, что P(M1) можно записать в общем виде, подставив P(M5):

$$P(M1) = P(M5) \cdot P(V1) = P(V3) \cdot P(V4) + P(V6) \cdot P(V7) \cdot P(V8) \cdot P(V1) = 3,7 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

К M2 (следующая ветвь) ведет реализация V2, так

$$P(M2) = P(V2) = 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Перейдем правее - к третьей ветви:

$$P(M3) = P(M6) = P(M7) + P(M8) = P(M9) + P(V9) + P(V10) + P(V11) + P(M10) = \\ P(M11) + P(V14) + P(V10) + P(V11) + P(V15) + P(V16) + P(V17) = P(V12) \cdot P(V13) + \\ + P(V14) + P(V10) + P(V11) + P(V15) + P(V15) + P(V16) + P(V17) = 7,1 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Далее, расчет вероятности для самой крайней ветви будет иметь вид:

$$P(M4)=P(B18)+P(B19)+P(B20)+P(B21)= 4 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}$$

По тем же правилам рассчитывается событие Т:

$$P(T)=P(M1)+P(M2)+P(M3)+P(M4)= 5,9 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$$

В результате проведенного качественного и количественного анализов дерева выяснили, что наиболее вероятное событие – разрыв емкости при внутреннем взрыве, наименее – катастрофический разрыв емкости.

Вероятность головного события – «Разрыв емкости и взрыв» в численном выражении равна:  $P(T)= 5,9 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

Так представляется возможность численного выражения риска возникновения какого-либо вида аварии на технологических резервуарах.

Таким образом, наличие горючей парогазовой смеси, наличие окислителя, содержащегося в воздухе и наличие пирофорных отложений, все это могло явиться возникновением нештатной ситуации на рассматриваемом объекте, отсюда предлагаемые дополнительные мероприятия будут следующие:

пропарка при работе с аналогичной технологической схемой должна проводиться путем завода через технологическую емкость парового потока;

следует более полно проводить очистку отложений образующихся в емкости.

Таким образом, в результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

Изучены возможные опасности, возникающие в связи с проведением работ по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов.

Построено дерево событий для конкретного технологического объекта, показывающего, что вероятность головного события – «Разрыв емкости и взрыв» в численном выражении равна:  $P(T)= 5,9 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

Проведен анализ выполняемых мероприятий при проведении работ по зачистке технологических резервуаров от остатков нефтепродуктов выполняемых на основе «Инструкции по зачистке резервуаров от остатков нефтепродуктов», определены типовые ошибки при организации и ведении работ.

Разработаны мероприятия снижающие риск возникновения аварийных ситуаций, которые заключаются в следующем:

- пропарку при работе с аналогичной технологической схемой необходимо проводить путем завода через технологическую емкость парового потока;
- следует более полно проводить очистку отложений образующихся в емкости.

#### Список литературы:

1. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание. - М., Химия, 1990;
2. Монахов В.Т. Показатели пожарной опасности веществ и материалов. Анализ и предсказание. Газы и жидкости. (с приложениями). – М., 2007;
3. Сучков В.П., Безродный И.Ф., Вязниковцев А.В. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1992.
4. Зачистка резервуаров. – режим доступа: <http://legion-oil.com>;
5. Зачистка хранилищ, шламонакопителей, отстойников, очистных сооружений, гидронаторов и т.д. Очистка резервуаров, зачистка резервуаров, очистка резервуаров от нефтепродукта, зачистка резервуаров от нефтешлама. – режим доступа: <http://www.ecor-ltd.ru>;
6. Методы экспертных оценок. - режим доступа: <http://emm.ostu.ru>;
7. Очистка (зачистка) топливных резервуаров от нефтешламов и других наслоений. - <http://www.neftesk.ru>;
8. Предупреждение и ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов. - режим доступа: <http://www.ecoguild.ru>;

#### Построение прогнозно-экстраполяционной зависимости времени индукции воспламенения по характеристикам пожаровзрывоопасности вещества

*А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.И. Осипенко*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
olia\_917@mail.ru*

Большое внимание в настоящее время уделяется вопросам определения времени индукции процесса самовозгорания.

Известно, что показатели пожаровзрывоопасности веществ и материалов определяются для получения исходных данных для разработки систем, направленных на обеспечение пожарной безопасности и взрывобезопасности [1, 2].

Задача, которая решалась в данной работе, состояла в определении методического подхода в определении времени индукции процесса самовозгорания веществ и материалов.

В основу алгоритма исследования был положен процесс самовозгорания угля и нефтяных отложений. Эксперименты проводились с образцами угля марки СС Кузбасского бассейна. Схема прибора для проведения исследований температуры самовозгорания представлена на рисунке 1.

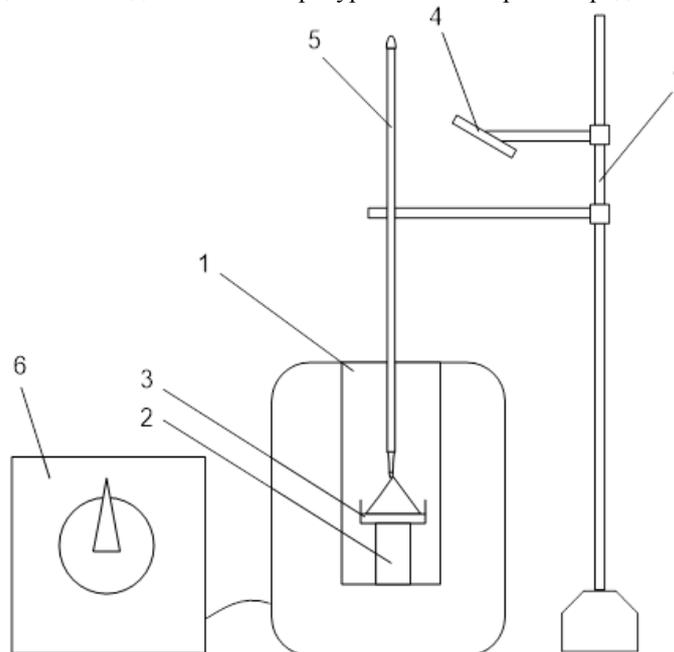


Рис. 1. Схема прибора для определения параметров самовозгорания угля марки СС Кузбасского бассейна: 1 – электрическая печь ( $V=1000$ мл), 2 – кварцевая подставка, 3 – фарфоровая подставка для вещества, 4 – смотровое зеркало; 5 – ртутный термометр, 6 – лабораторный автотрансформатор, 7 – штатив.

Проведя анализ определения пожаровзрывоопасных характеристик для рассматриваемого горючего твердого вещества – угля Кузбасского бассейна марки СС, по известным в литературе характеристикам построена кривая, выражающая аналитико – прогнозную зависимость «Время - Температура» (рис. 2).

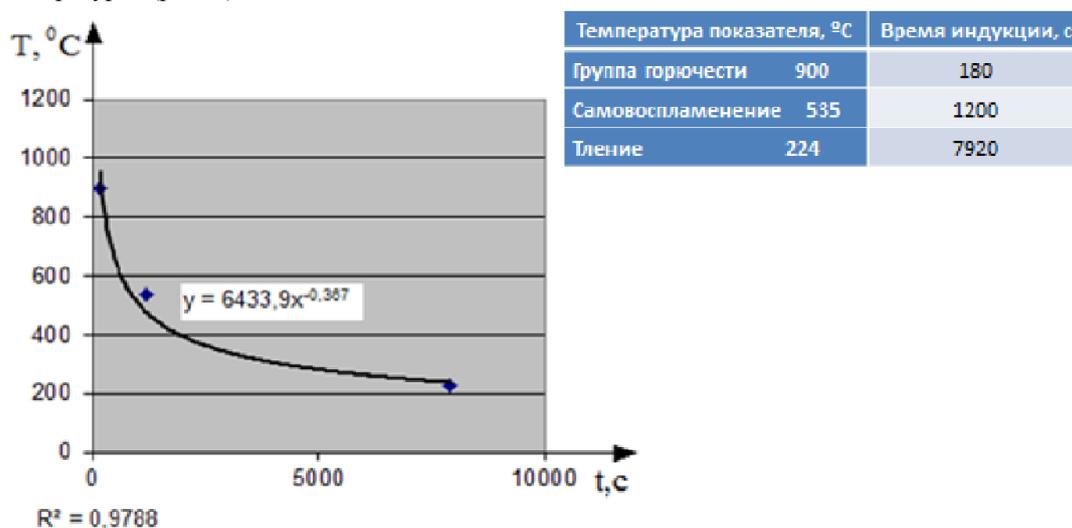


Рис. 2. Прогнозно-экстраполяционная кривая по характеристикам пожаровзрывоопасности угля марки СС

Для получения зависимости в виде степенной кривой был применен метод прогнозной экстраполяции – операция экстраполяции тренда с использованием программы Microsoft Excel.

Величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) по имеющимся исходным температурным показателям составляет 0.9788, что считается допустимым.

Функция, описывающая полученную прогнозно-экстраполяционную кривую имеет вид степенной зависимости:

$$y = kx^n,$$

где  $k$ ,  $n$  – экспериментально определяемые константы.

Для случая Кузбасского угля марки СС были определены следующие константы:  $k=6433,9$ ,  $n=-0,3674$ .

Таким образом, выражение  $y=6433,9x^{-0,3674}$  является экспериментальной зависимостью, позволяющей определить время индукции до возникновения горения при определенной температуре. Данное выражение может представлять большое практическое значение для отраслей угледобычи, потребления и переработки.

Кроме того, исследование такого вида зависимости и алгоритм проведенных изысканий представляют собой методику нахождения времени индукции исследуемых веществ в зависимости от соответствующих температурных показателей.

Используя полученный алгоритм исследования, было проведено изучение самовозгорания осадка нефти, как проведением комплекса исследований на самовозгорание, так и посредством построения прогнозно – экстраполяционной кривой по характеристикам пожаровзрывоопасности (таблица 1) [3, 4].

Таблица 1. Характеристики пожаровзрывоопасности отложений нефти

Температура показателя, °С	Время индукции, с
Группа горючести 900	180
Самовоспламенение 535	1200
Вспышка 150	4500

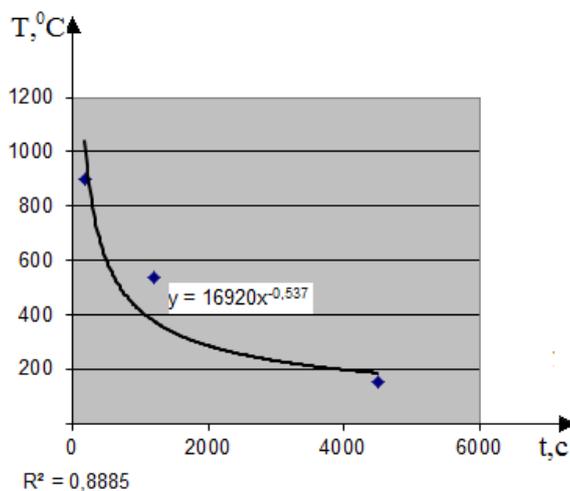


Рисунок 3. Прогнозно-экстраполяционная кривая по характеристикам пожаровзрывоопасности отложений нефти

Полученная прогнозно-экстраполяционная кривая имеет степенную зависимость:

$$y=16920x^{-0,537}$$

Располагая алгоритмом расчета времени индукции для таких веществ, как битум нефтяной окисленный (горючее твердое вещество, получаемое окислением остаточного продукта нефтеперегонки) и гудрон нефтяной (горючее твердое вещество, являющееся остаточным продуктом нефтеперегонки), провели проверку достоверности полученной зависимости и методики определения времени индукции самовоспламенения отложений нефти в целом.

Для битума нефтяного окисленного формула для расчета условий самовозгорания:

$$\lg t = 2,2912 - 0,122 \cdot \lg \tau [5],$$

где  $t$  – температура равная  $204^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau$  – время индукции вещества.

Вычислено значение второго параметра:

$$\lg \tau = (\lg t - 2,2912) / (-0,122) = (\lg 204 - 2,2912) / (-0,122) = -0,151$$

$$\tau = 10^{-0,151} = 2542 \text{ с.}$$

Для гудрона нефтяного:

$$\lg t = 2,3106 - 0,122 \cdot \lg \tau [5],$$

где  $t$  – температура равная  $204^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau$  – время индукции вещества.

Рассчитано значение времени индукции:

$$\lg \tau = (\lg t - 2,3106) / (-0,122) = (\lg 204 - 2,3106) / (-0,122) = -0,0079$$

$$\tau = 10^{0,0079} = 3665 \text{ с.}$$

Затем поставили использованный температурный показатель в полученную нами степенную зависимость прогнозно-экстраполяционной кривой характеристик пожаровзрывоопасности нефти.

$$y = 16920x^{-0,537},$$

где  $y$  – температурный показатель,  $x$  – время индукции.

Соответственно, время индукции составило 3742 с. Ориентируясь на  $R^2 = 0,8885$  – величину достоверности аппроксимации, было получено, что

$$x = \tau \cdot R^2 = 3742 \cdot 0,8885 = 3325 \text{ с.}$$

Сравнение полученных результатов с расчетными данными для битума и гудрона, показало, что временные показатели индукции образуют диапазон  $2542 < \tau(\text{с}) < 3665$ .

Очевидно, что полученная по разработанной методике величина  $\tau = 3325 \text{ с.}$ , с учетом поправки, является допустимой.

Таким образом, получены достоверные и применимые в практике нефтегазовой отрасли степенная зависимость времени индукции от температурного показателя:  $y = 16920x^{-0,537}$  и методика ее получения.

Практическая же значимость полученных результатов заключается в возможности понимания, представления и прогноза вероятных аварийных ситуаций и принятия соответствующих мер, направленных на предотвращение их возникновения, что устраняет или существенно снижает ущерб, наносимый ЧС(Н), выражающийся, как в нарушении технологического процесса на предприятии, финансовых затратах, так и в гибели людей и во вредном влиянии на экологию территории.

Таким образом, в результате проведенного исследования:

- изучены возможные опасности, возникающие в связи с проведением работ по зачистке резервуаров и технологических объемов от остатков нефтепродуктов;
- разработан алгоритм проведения исследований по определению времени индукции появления взрывоопасных концентраций внутри технологического оборудования, результат которой представлен в виде степенной функции  $y = 16920x^{-0,537}$ , и позволяющий прогнозировать развитие определенных событий, процессов, происходящих при ведении работ в нефтегазовой отрасли, что дает нам основания для принятия каких-либо предупредительных мероприятий.

#### Список литературы:

1. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ (ред. от 25.06.2012 г.);
2. «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 г. №69-ФЗ (ред. от 30.12.2012 г.);
3. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание. - М., Химия, 1990;
4. Методы экспертных оценок. - режим доступа: <http://emm.ostu.ru>;
5. Сучков В.П., Безродный И.Ф., Вязниковцев А.В. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1992.

#### Построение математической модели определения закономерности нарастания концентраций горючих паров и газов в производственном помещении

*А.И. Сечин, И.Н. Долдин, И.Н. Курка*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Проблема обращения с отходами является наиболее актуальной стоящей перед человечеством в настоящее время. Образование огромного количества отходов может серьезно подорвать природное равновесие регионов, здоровье и риск безопасности жизнедеятельности населения.

Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена и тем, что в последнее время участились случаи регистрации несоответствия атмосферного воздуха производственных

помещений для хранения токсичных отходов установленным требованиям. Данное обстоятельство срывает нормальное функционирование объекта и подвергает производственный персонал и окружающую среду опасности поражения.

Целью работы является разработка метода управления риском при обеспечении безопасности технологических процессов утилизации, складирования и регенерации отходов на основе математической модели определения закономерности нарастания концентраций горючих паров и газов в производственном помещении.

При расчётной температуре давление насыщенных паров в некотором объеме определяется по формуле:

$$\lg P_n = A - \frac{B}{C + t}$$

где  $A, B, C$  - константы Антуана рассматриваемого вещества;

$$P_n = V^{\lg P_n}$$

где  $V$  – общий объём вещества, пролившегося в результате аварийной ситуации.

Интенсивность испарения  $W$ , кг/(с·м<sup>2</sup>), определяют по справочным и экспериментальным данным. Для не нагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ, как в рассматриваемом случае и при отсутствии данных допускается рассчитывать  $W$  по формуле:

$$W = 10^{-6} h \sqrt{M p_n}$$

где  $h$  – коэффициент, принимаемый по таблице в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;  $M$  – молярная масса, г/моль;  $p_n$  – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости  $t_p$ , определяемое по справочным данным, кПа.

Данное выражение применимо при температуре подстилающей поверхности от -50 до +40 °С.

Массу паров вещества поступивших в помещение определяли по выражению:

$$m = WFT$$

Плотность паров вещества при расчётной температуре находим по формуле:

$$P_n = \frac{M}{V_0 (1 + 0,00367t)}$$

где  $M$  – молярная масса, кг/кмоль;  $V_0$  – мольный объём;  $t_p$  – расчетная температура, °С.

В качестве расчетной температуры принимали максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Величина этой расчетной температуры  $t_p$  оказалась близкой к допускаемой, что позволило принять ее равной 61 °С.

Далее определяли среднюю концентрацию паров вещества в помещении по выражению:

$$C_{cp} = \frac{100 \cdot m}{p_n \cdot V_{св}}$$

где  $V_{св}$  – свободный объём помещения. Опираясь на практику анализа подобных случаев, принимаем  $V_{св} = 0,8 \cdot V$ .

Стехиометрическая концентрация паров вещества, для наиболее неблагоприятного случая принимаемой в расчетной аварии, определялась по выражению:

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}$$

где  $C_{cm}$  – стехиометрическая концентрация паров ацетона, % (об.),  $\beta$  – коэффициент кислорода в реакции сгорания, вычисляется по формуле:

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_O}{2}$$

$n_c, n_H, n_O, n_x$  – число атомов  $C, H, O$  и галоидов в молекуле горючего.

Избыточное давление  $\Delta p$ , кПа, для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов  $C, H, O, N, Cl, Br, I, F$ , рассчитывают по формуле:

$$\Delta p = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{св} \cdot p_n} \cdot \frac{100}{C_{cm}} \cdot \frac{1}{K_n}$$

Где  $p_{max}$  – максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической паровоздушной смеси в замкнутом объеме, кПа;  $p_0$  – атмосферное давление, кПа;  $m$  – масса паров ацетона, кг, вышедших в результате расчетной аварии в помещение;  $Z$  – коэффициент участия горючего при сгорании газопаровоздушной смеси;  $V_{св}$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>.

По результатам нахождения избыточного давления взрыва выбираем категорию помещения

Для построения математической модели времени индукции поступления паров в рабочее помещение необходимо провести расчеты объемов поступления паров вещества.

Известно, что при эксплуатации закрытых аппаратов и емкостей, находящихся под давлением, даже при их исправном состоянии всегда происходят небольшие утечки горючих веществ через прокладки, швы, разъемные соединения и другие места. Это объясняется тем, что даже при самой тщательной обработке прилегающих друг к другу поверхностей нельзя создать абсолютную непроницаемость. При соприкосновении двух поверхностей из-за наличия незначительных неровностей образуется большое количество капиллярных каналов, по которым будет происходить истечение газов и жидкостей.

Количество веществ  $G$ , выходящих через капиллярные каналы, определяется по уравнению Пуазейля–Гагена:

$$G = \frac{\pi}{128} \gamma \frac{\Delta P}{\mu l} d^2$$

где  $\Delta P$  – разность давлений, обуславливающая истечение веществ;  $\mu$  – вязкость веществ;  $l$  – длина капилляра;  $d$  – диаметр канала капилляра;  $\gamma$  – удельный вес вещества.

Из приведенной формулы видно, что величина утечки будет зависеть главным образом от режима работы оборудования и состояния его уплотнений. Естественно, что подсчет таких потерь весьма затруднителен, так как установить количество капилляров и их размеры почти невозможно.

Для ориентировочного определения утечки паров и газов из работающих под давлением герметичных аппаратов воспользуемся формулой Н.Н. Репина. Принимая, что просачивание паров и газов через не плотности подчиняется законам истечения через небольшие отверстия и что истечение происходит адиабатически:

$$G = KCV \sqrt{\frac{M}{T_{раб}}}$$

где  $G$  – количество паров и газов, выходящих из аппарата кг/ч;  $K$  – коэффициент, учитывающий степень износа производственного оборудования, принимается в пределах от 1 до 2;  $C$  – коэффициент, зависящий от давления паров или газов в аппарате (значения коэффициента даны в таблице 1);  $V$  – внутренний (свободный) объем аппаратов и коммуникаций, находящихся под давлением, м<sup>3</sup>;  $M$  – молекулярный вес газов или паров, находящихся под давлением в аппаратах;  $T_{раб}$  – температура паров или газов, находящихся в аппаратах, °К.

Таблица 1. Значение коэффициента  $C$ .

Рабочее $P$ , давление, ати	Менее 1	1	6	16	40	160	400	1000
Величина $C$	0,121	0,166	0,182	0,189	0,152	0,298	0,297	0,370

Утечки из нормально герметизированных резервуаров, работающих под давлением, происходят хотя и непрерывно, но обычно не вызывают реальной пожарной опасности, так как выходящие наружу маленькие струйки газа или пара чаще всего рассредоточены по поверхности резервуара и при наличии воздухообмена сразу же рассеиваются и отводятся от места их выделения.

Известно, что величину таких потерь учитывают при расчётах приточно-вытяжной вентиляции по предельно допустимой концентрации вредных веществ.

Нормальная герметичность неразъемных соединений достигается путем сварки, пайки, развальцовки, а также при помощи склеивающих и цементирующих составов. Герметичность разъемных соединений чаще всего достигается путем использования легкодеформируемых прокладочных материалов: (поливинилхлорид, фторопласты и др.), меди и др. Выбор прокладочных материалов производится с учётом величины рабочей температуры, давления, свойств веществ, устойчивости при воздействии температуры пожара.

Таким образом, в результате проведенного исследования определена методология проведения анализа скорости нарастания концентрации горючих паров или газов в производственном помещении. Данный порядок исследования позволяет получать исходные данные для управления риском при обеспечении безопасности технологических процессов утилизации, складирования и регенерации отходов.

#### Список литературы:

1. Монахов В.Т. Показатели пожарной опасности веществ и материалов. Анализ и предсказание. Газы и жидкости. (с приложениями). – М., 2007;
2. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание. - М., Химия, 1990;
3. Сучков В.П., Безродный И.Ф., Вязниковцев А.В. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами. - М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1992.
4. Зачистка хранилищ, шламонакопителей, отстойников, очистных сооружений, гидронаторов и т.д. Очистка резервуаров, зачистка резервуаров, очистка резервуаров от нефтепродукта. зачистка резервуаров от нефтешлама. – режим доступа: <http://www.ecor-ltd.ru>;

#### Построение математической модели для определения времени нарастания концентраций горючих паров и газов в некотором объеме

*А.И. Сечин, И.Н. Долдин, И.Н. Курка*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Обращение с отходами является наиболее актуальной в настоящее время. Огромное их количество может серьезно подорвать как природное равновесие регионов, так и здоровье населения [1, 2].

Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена и тем, что нередко регистрируются несоответствия атмосферного воздуха производственных помещений для хранения токсичных отходов установленным требованиям. Данное обстоятельство ставит под угрозу нормальное функционирование объекта и подвергает производственный персонал и окружающую среду опасности поражения [3-5].

Целью работы является построение математической модели для определения закономерности нарастания концентраций горючих паров и газов в производственном помещении.

В общем виде длительность нарастания взрывоопасной концентрации в помещении будет зависеть, кроме СНПВ, от объема помещения  $V$ , воздухообмена  $n$  и интенсивности поступления газа  $f$ ,  $w$ , т. е.

$$\tau = F(C_{\text{ПДК}}, V, n, f, w)$$

где СПДК – предельно допустимая концентрация вещества, г/м<sup>3</sup>, % об;  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;  $n$  – кратность воздухообмена;  $w$  – скорость поступления горючего вещества, м<sup>3</sup>/с;  $f$  – площадь аварийного повреждения, м<sup>2</sup>;

Рассмотрим более подробно эту функциональную зависимость.

Для случая отсутствия воздухообмена в помещении.

Когда производственное помещение не имеет принудительной вентиляции или вентиляция не надежна (отсутствует резервный вентилятор, не осуществлено питание электродвигателей от двух независимых фидеров), создаются наиболее благоприятные условия для образования взрывоопасных концентраций при повреждениях и авариях производственного оборудования или трубопроводов.

В этом случае количество горючего вещества, выходящего наружу из оборудования за промежуток времени  $d\tau$ , должно быть равно приращению количества горючего вещества в воздухе помещения за тот же промежуток времени  $d\tau$ , или

$$qd\tau = VdC$$

где  $q$  — количество вещества, выходящего наружу в единицу времени;  $V$  — объем помещения;  $dC$  ~ приращение концентрации горючего вещества за время  $d\tau$ .

Проинтегрировав уравнение получим:

$$q \int_0^{\tau} d\tau = V \int_0^{C_{\text{ПДК}}} dC$$

$$q\tau = VC_{\text{ПДК}}$$

Выражаем время, тогда окончательно будем иметь

$$\tau = \frac{C_{\text{ПДК}}V}{q}$$

Для случая наличия воздухообмена в помещении.

При гарантированном воздухообмене часть выходящих при аварии паров или газов будут непрерывно отводиться из производственного помещения наружу, в результате чего нарастание концентрации до опасных пределов несколько замедлится. Если обозначить через  $n$  кратность воздухообмена в помещении в 1/ч, то количество воздуха, поступающего в помещение или выбрасываемого из него, будет равно:

$$a = \frac{nV}{3600}, \quad \text{м}^3/\text{с}.$$

Уравнение материального баланса за промежуток времени  $d\tau$  для данного случая, может быть записано в следующем виде: приращение количества горючего вещества в воздухе помещения будет равно количеству горючих веществ, поступающих из поврежденного аппарата за вычетом количества горючих веществ, выбрасываемых из помещения, или

$$VdC = qd\tau - aCd\tau,$$

$$VdC = (q - aC)d\tau$$

$$\frac{dC}{q - aC} = \frac{d\tau}{V}$$

Интегрируя дифференциальное уравнение получим:

$$-\frac{1}{a} \ln(q - aC) = \frac{\tau}{V} + A,$$

где  $A$  – постоянная интегрирования, определяемая по начальным условиям.

В момент времени  $\tau = 0$  концентрация  $C$  тоже равна нулю.

Следовательно,

$$A = -\frac{1}{a} \ln q$$

$$\text{Тогда} \quad -\frac{1}{a} \ln(q - aC) = \frac{\tau}{V} - \frac{1}{a} \ln q,$$

$$\tau = \frac{V}{a} [\ln q - \ln(q - aC)] = \frac{V}{a} \ln \left( \frac{q}{q - aC} \right)$$

откуда

При значительных повреждениях и авариях аппаратов или трубопроводов с горючими парами и газами в помещениях может образоваться взрывоопасная концентрация даже при работающей вентиляции (в том числе и аварийной) и так быстро, что вручную будет невозможно осуществить необходимые противоаварийные действия.

Чтобы обеспечить реальную возможность предотвращения взрыва и пожара, нужно уменьшить количество огнеопасных веществ, выходящих наружу при аварии аппаратов и трубопроводов.

Таким образом, в результате проведенного исследования составлена математическая модель определения закономерности нарастания концентраций горючих паров и газов в производственном помещении позволяющая наблюдать их динамику роста.

#### Список литературы:

1. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 10.07.2012) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. И. Л. Кнуныц. Краткая химическая энциклопедия, М.: Химия, 1969г.
3. Аванесов В.С., Александров А.Б., Александров А.И. и др. Анализ аварий и несчастных случаев в нефтегазовом комплексе России М.: ООО "Анализ опасностей", 2002. -309 с
4. Мартынюк В.Ф., Суворова В.В. Основные виды аварий газораспределительных системах. Управление качеством в нефтегазовом комплексе, 2006. - №2 – с.37-40

5. Красных Б.А., Мартынюк В.Ф., Сергиенко Т.С., Сорокин А.А., Феоктистов А.А., Нечаев А.С. Анализ аварий и несчастных случаев на объектах газового надзора. – М.: ООО “Анализ опасностей”, 2003.-320с

**Технико-экономическая оценка энергоэффективности применения традиционных и современных теплоизоляционных материалов для нужд централизованного теплоснабжения**  
**Танковская Л.В., Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Юрчик М.С.**

*Вологодский государственный технический университет, Россия, г. Вологда*

При транспортировании теплоносителя от источника до потребителей теплоты в системах централизованного теплоснабжения наблюдаются неорганизованные потери тепловой энергии, связанные со способом прокладки трубопроводов, утечками сетевой воды, подтоплением теплотрасс с некачественной гидроизоляцией и т. п. В случае большой протяженности тепловых сетей определяющее значение оказывает вид, толщина и текущее эксплуатационное состояние тепловой изоляции трубопроводов.

В настоящее время фактические потери тепловой энергии от некачественно изолированных трубопроводов могут достигать 25 % от величины суммарной тепловой нагрузки [1]. Уменьшение тепловых потерь в окружающую среду благодаря применению энергосберегающих теплоизоляционных покрытий, а также системный контроль их теплозащитных качеств в течение всего эксплуатационного периода позволят сократить до минимума затраты невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов на производство тепловой энергии. В любом случае снижение удельного потребления топлива на генерацию теплоты для нужд централизованного теплоснабжения создаст положительный экономический эффект, который частично решит экологическую проблему в отдельно взятом регионе, связанную с выбросами токсичных ( $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и др.) и парниковых ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и др.) газов в атмосферу [2].

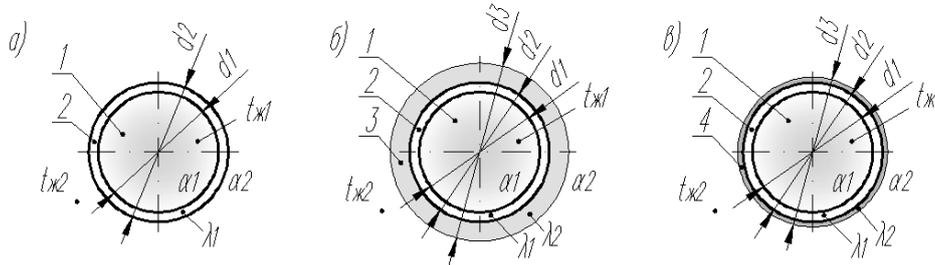
В соответствии с действующими нормативными требованиями (СНиП 41-03-2003) в качестве тепловой изоляции для трубопроводов с температурой содержащихся в них веществ в диапазоне от 20 до 300 °С для всех способов прокладки, кроме бесканальной, следует применять теплоизоляционные материалы и изделия с плотностью не более 200 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии не более 0,06 Вт/(м·К) при средней температуре 25 °С. Таким требованиям соответствует более 30 видов теплоизоляционных материалов, к которым можно отнести [2]: минеральную вату, армопенобетон, пенополиуретан и др.

Современные теплоизоляционные материалы в виду широкого рынка предложений и высокой конкуренции должны обладать не только хорошими теплоизоляционными свойствами, но и такими качествами как негорючесть, гидрофобизированность, звукоизоляция, большой срок эксплуатации, удобство в монтаже, гигиеничность, защита от коррозии, широкий температурный диапазон применения и т. п.

Основным видом применяемых в России утеплителей являются минераловатные изделия, доля которых в общем объеме производства и потребления составляет более 65 %, около 8 % приходится на стекловатные материалы, 20 % – на пенополистирол и другие пенопласты [3]. Благодаря минимальной теплопроводности, высокой адгезии с металлом, простоте нанесения на поверхность трубопровода с каждым годом все активней в строительстве и производстве применяется жидкая тепловая изоляция, толщина которой на поверхности теплопроводного материала может составлять от 1 до 3,5 мм. Низкие теплопроводные показатели сверхтонкой жидкой тепловой изоляции основаны на свойствах разряженного газа, заключенного в различного вида микросферах вещества (силикатных, керамических, силиконовых и др.) диаметром до 100 мкм, которые не только имеют низкий коэффициент теплопроводности, но и обладают высокими теплоотражающими характеристиками.

В настоящей работе приведено технико-экономическое сравнение трех вариантов конструктивного исполнения магистрального трубопровода тепловой сети (рис. 1): а) без тепловой

изоляции; б) с использованием традиционного утеплителя на примере минераловатного цилиндра Rockwool 100 [4]; в) с использованием инновационного утеплителя на примере теплоизоляционной краски Теплометт Стандарт [5].



**Рис. 1.** Конструктивное исполнение магистрального трубопровода: а) без тепловой изоляции; б) с тепловой изоляцией (минеральная вата); в) с тепловой изоляцией (теплоизоляционная краска): 1 – теплоноситель (вода); 2 – трубопровод; 3 – цилиндр из минеральной ваты; 4 – теплоизоляционная краска

Для сопоставления вариантов тепловой изоляции (рис. 1) выполним расчет тепловых потерь через погонный метр трубопровода. В качестве примера рассмотрим подающий магистральный трубопровод системы централизованного теплоснабжения типоразмером 76×3 (ГОСТ 10704-91), изготовленный из стали марки Ст3. Линейные потери теплоты в окружающую среду от цилиндрической стенки можно найти по уравнению теплопередачи при стационарном тепловом режиме [6]:

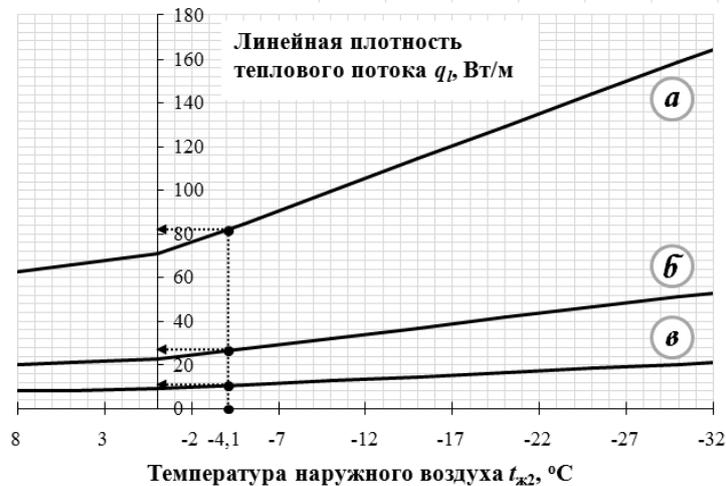
$$q_l = \frac{\pi(t_{ж1} - t_{ж2})}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_{n+1}}}, \text{ Вт/м}, \quad (1)$$

где  $t_{ж1}$  и  $t_{ж2}$  – температура греющей и нагреваемой среды, °С;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности  $i$ -го слоя, Вт/(м·К);  $d_i$  и  $d_{i+1}$  – соответственно внутренний и наружный диаметры  $i$ -го слоя, м;  $d_{n+1}$  – наружный диаметр  $n$ -слойной конструкции, м;  $n$  – количество слоев.

На рис. 2 изображен график изменения тепловых потерь с единицы длины трубопровода, определенных аналитическим способом по выражению (1), согласно предложенным вариантам (рис. 1). При расчете тепловых потерь учтены изменения температуры сетевой воды  $t_{ж1}$  из уравнения (1) в подающем трубопроводе тепловой сети в соответствии с отопительно-бытовым температурным графиком качественного регулирования отпуска теплоты районной отопительной котельной. Расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе  $t_{ж1} = 130$  °С (при  $t_{ж2} = -32$  °С), температура сетевой воды в точке излома графика  $t'_{ж1} = 70$  °С при  $t'_{ж2} = -0,925$  °С. По оси абсцисс приведен диапазон температур  $t_{ж2}$  отопительного периода для климатических условий г. Вологды (СНиП 23-01-99). Коэффициенты теплопроводности материалов: стали марки Ст3  $\lambda_1 = 50,2$  Вт/(м·К); минераловатного цилиндра Rockwool 100  $\lambda_2 = 0,037$  Вт/(м·К) (при толщине слоя тепловой изоляции 30 мм) [4]; теплоизоляционной краски Теплометт Стандарт  $\lambda_2 = 0,0012$  Вт/(м·К) (при толщине слоя тепловой изоляции 2 мм) [5].

Значения средних коэффициентов конвективного теплообмена для участка трубопровода  $\alpha_1 = 5377$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) и  $\alpha_2 = 4,25$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) получены по результатам

автоматизированного расчета с применением теории подобия [7]. Лучистый теплообмен на данном этапе работы не учитывался.



**Рис. 2.** Линейные потери теплоты через магистральный трубопровод: а) без тепловой изоляции; б) с тепловой изоляцией (минеральная вата); в) с тепловой изоляцией (теплоизоляционная краска)

В соответствии с рис. 2 максимальные тепловые потери через трубопровод наблюдаются в случае отсутствия тепловой изоляции (вариант «а»), что является вполне очевидным. При использовании минераловатного утеплителя (вариант «б») тепловые потери в окружающую среду сократятся на 68 %. Применение жидкой тепловой изоляции (вариант «в») даст максимальный положительный эффект, так как тепловые потери от первоначального значения (без утеплителя, вариант «а») уменьшаться на 87 %. В целом динамика изменения тепловых потерь от температуры наружного воздуха  $q_l = q_l(t_{ж2})$  имеет линейный вид, и только при температуре  $t'_{ж2} = -0,925$  °C температурный график меняет свой угол уклона к оси абсцисс (становится более пологим). Это связано с тем, что на участке температур от точки излома температурного графика до окончания отопительного сезона, т. е. на интервале  $t_{ж2} \in [-0,925; 8]$  °C, в результате постоянства температуры теплоносителя  $t_{ж1}$  в трубопроводе температурный напор между теплоносителем и наружным воздухом растет не так интенсивно с уменьшением температуры наружного воздуха, как на участке значений температуры  $t_{ж2} \in [-32; -0,925]$  °C. Если сравнивать между собой теплоизоляционные материалы трубопровода (варианты «б» и «в»), то при использовании теплоизоляционной краски тепловые потери в окружающую среду от теплоносителя сократятся на 61 % относительно минераловатного утеплителя.

В заключении выполним расчет экономического эффекта (за отопительный сезон) от применения традиционного и современного утеплителя для рассматриваемого погонного метра трубопровода, который можно найти по формуле:

$$\Theta = \frac{0,0864(q_{l,ht}^{[a]} - q_{l,ht}^{[б]}(q_{l,ht}^{[в]}))z_{ht} \cdot 10^{-3}}{Q_n^p} \cdot T_r, \text{ руб./}(м \cdot \text{год}), \quad 2)$$

где  $q_{l,ht}^{[a]}$ ,  $q_{l,ht}^{[б]}$  и  $q_{l,ht}^{[в]}$  - тепловые потери через трубопровод (для случаев «а», «б» и «в») соответственно) при средней температуре наружного воздуха за отопительный сезон (рис. 2), для г. Вологды  $t_{ж2}^{ht} = -4,1$  °C (СНиП 23-01-99);  $z_{ht}$  - продолжительность отопительного периода, для г. Вологды 231 сут (СНиП 23-01-99);  $Q_n^p$  - низшая теплота сгорания природного газа, МДж/м<sup>3</sup>;  $T_r$  - тариф на природный газ, руб./1000 м<sup>3</sup>.

Согласно рис. 2 и соотношению (2), при значениях  $q_{l,ht}^{[a]} = 81,6$  Вт/м,  $q_{l,ht}^{[б]} = 26,4$  Вт/м,  $q_{l,ht}^{[в]} = 10,4$  Вт/м экономический эффект от использования минераловатного цилиндра  $\mathcal{E}_1 = 149,5$  руб./((м·год)), для слоя жидкой тепловой изоляции –  $\mathcal{E}_2 = 192,6$  руб./((м·год)). Таким образом, разность экономических эффектов от применения традиционного и современного теплоизоляционного материала составит  $\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 43,1$  руб./((м·год)).

В любом случае при заявленном коэффициенте теплопроводности материала и текущей стоимости жидкой теплоизоляционной краски срок окупаемости энергосберегающего мероприятия по утеплению трубопроводов системы централизованного теплоснабжения не должен превысить полугода, что является вполне рентабельным для условий нашей страны.

#### Список литературы:

1. Комков В.А., Тимахова Н.С. Энергосбережение в жилищно-коммунальном хозяйстве. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 320 с.
2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
3. Бобров Ю.Л., Овчаренко Е.Г., Шойхет Б.М., Петухова Е.Ю. Теплоизоляционные материалы и конструкции. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 268 с.
4. <http://www.rockwool.ru>
5. <http://teplo-effect.ru>
6. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. – М.: МЭИ, 2005. – 550 с.
7. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. – М.: ЛКИ, 2010. – 296 с.

#### Разработка методики расчета нейтрализатора статического электричества для циклонных аппаратов

*А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.А. Королева, М.В. Гуляев*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Электризация сопровождает большинство процессов с участием твердых диэлектрических сред, но обычно не рассматривается. Это связано не только с тем, что механизм электризации малопонятен и в большинстве случаев проявляется слабо, но и тем, что не разработаны достаточно надежные методы исследования. Статическая электризация в промышленности чаще всего происходит в воздушной среде. Опасность воспламенения также наиболее часто создается разрядами в пылеобразующих материалах при транспортировании их по трубам и при перемещении в циклонах с высокой скоростью. Заряды статического электричества, накапливающиеся на различных материалах, частая причина несчастных случаев на производстве. Поэтому при устройстве и эксплуатации средств пневмотранспорта и сепарации пыли в циклонах следует принимать эффективные меры, предупреждающие накопление больших зарядов статического электричества и образование пылевоздушных смесей взрывоопасных концентраций [1, 2].

Цель данной работы - разработка методики расчета нейтрализатора статического электричества для циклонных аппаратов.

Для предотвращения возникновения разрядов, которые могут быть источником аварийной ситуации, предложено установить в циклоне индукционный нейтрализатор статического электричества игольчатого типа, тем самым создать управляемый разряд коронного типа. Схема представлена на рисунке 1.

Нейтрализатор имеет металлические иглы, расположенные на внешней поверхности выхлопной трубы циклона, которая надежно заземлена через корпус циклона. На заостренных концах металлических игл возникает коронный разряд, что приводит к появлению ионов воздуха, имеющих заряд, противоположный по знаку заряду движущихся в циклоне твердых частиц. В результате взаимодействия таких частиц и ионов уровень статической электризации снижается до безопасного значения. Но количество разрядов существенно возрастет, что обеспечит увеличение количества ионов.

Построение методики расчета индукционного нейтрализатора разработано на основе метода расчета молниезащиты, которая является средством защиты от атмосферного статического

электричества, с использованием инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87.

На первом этапе определены параметры соответствия требованиям электростатической искробезопасности циклонного аппарата как технологического оборудования [3].

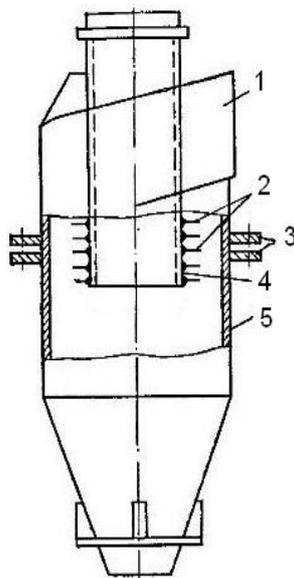


Рисунок 1. Схема нейтрализатора статического электричества, установленного в циклоне: 1 – входная труба; 2 – коронирующие иглы; 3 – фланцы; 4 – выхлопная труба; 5 – корпус циклона.

Исходные данные для анализа представляют собой:

Модель циклона – ЦН15-600.

Диаметр внутренней трубы циклона,  $D_e = 360$  мм.

Диаметр корпуса циклона,  $D_n = 600$  мм.

Высота внутренней трубы циклона,  $H = 1356$  мм.

Минимальная энергия зажигания этанола,  $W = 0,246$  мДж; (при  $25^\circ \text{C}$ )

Считают, что аппарат соответствует требованиям ЭСИБ [1], если радиус  $l$  (м) сферы, вписанной в его полость, соответствует минимальной энергии зажигания находящейся в нём горючей смеси. При значениях минимальной энергии зажигания  $W$  (Дж); смесей, в которых окислителем является воздух, от  $10^{-3}$  до  $10^{-1}$  Дж соответствующий линейный размер может быть определён по таблице 6 «Некоторые критериальные значения параметров разрядов статического электричества в условиях ЭСИБ слабой электризации».

Для значения минимальной энергии зажигания  $W = 0,246$  мДж; (при  $25^\circ \text{C}$ ), определяемая величина радиуса  $l$  (м) вписанной окружности, согласно табличному значению, составит:

$$l = 0,02 \text{ м} = 20 \text{ мм.}$$

Определено расстояние  $L$  между острием иглы и внешней поверхностью циклона по следующему выражению:

$$L = 0,5(D_n - D_e) \quad (1)$$

Величина  $L$  составляет 120 мм. Так как общий диаметр вписанной в полость циклона окружности равен:

$$d = 2l = 40 \text{ мм,} \quad (2)$$

то с учетом коэффициента запаса 30% эта величина составляет:

$$d = 2l \cdot 0,7 = 28 \text{ мм.} \quad (3)$$

Таким образом, высота коронирующих игл  $L_u$  для рассматриваемого циклона определяется из следующего выражения:

$$L_u = L - d, \quad (4)$$

после подстановки:

$$L_u = [0,5(D_n - D_e)] - d, \quad (5)$$

тогда высота коронирующих игл  $L_u = 92$  мм.

Диаметр коронирующих игл, согласно требованиям ЭСИБ [4], составляет  $2,3 \div 2,5$  мм.

Приняли, что металлическая игла на внешней поверхности выхлопной трубы циклона отображается как одиночный стержневой токоприемник. Тогда, зона защиты одиночного стержневого токоприемника высотой  $h$  представляет собой круговой конус (рисунок 2), вершина которого находится на высоте  $h_0 < h$ . На уровне основания зона защиты образует круг радиусом  $r_0$ .

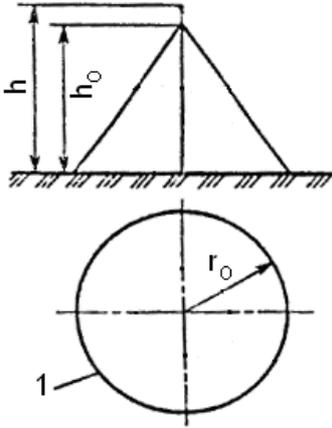


Рисунок 2. Зона защиты одиночного стержневого токоприемника:  
1 – граница зоны защиты на поверхности.

Зоны защиты одиночных стержневых токоприемников описываются следующими выражениями:

Для аппаратов высотой  $h \leq 4,2$  м имеют место следующие габаритные размеры:

Высота зоны защиты иглы:

$$h_0 = 0,85 \cdot h. \quad (6)$$

Радиус зоны защиты иглы:

$$r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot h) \cdot h. \quad (7)$$

Считается что степень надежности зоны защиты 99,5% и выше.

Расчеты показали, что высота зоны защиты иглы:

$$H_0 = 0,85h = 78,2 \text{ мм} \quad (8)$$

А радиус зоны защиты иглы:

$$r_0 = (1,1 - 0,002h) = 84,272 \text{ мм}. \quad (9)$$

Так как выхлопная труба циклона представляет собой цилиндр, то площадь боковой поверхности прямого цилиндра вычисляется по его развёртке. Развёртка цилиндра – это прямоугольник с высотой  $H$  и длиной  $P$ , равной периметру основания. В частности, для прямого кругового цилиндра:

$$S = 2\pi r H, \quad (10)$$

Учитывая, что  $r = 0,5D$ , получаем:

$$S = \pi D H \quad (11)$$

Зона защиты иглы представляет собой окружность радиусом  $r_0$ . Следовательно, во избежание образования зазоров, где защита не будет действовать, необходимо учитывать расположение зон перекрытия. Для этого рассмотрим зону защиты поверхности внутренней трубы циклона как совокупность квадратов, у которых в точке пересечения их диагоналей будут располагаться основания игл, а описанные вокруг этих квадратов окружности будут иметь радиусы  $r_0$ . (рисунок 3)

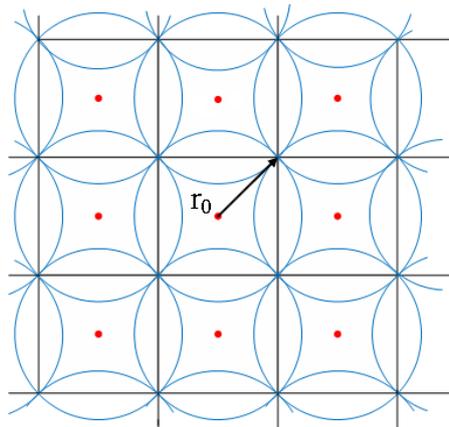


Рисунок 3. Схема зоны защиты поверхности внутренней трубы циклона

По теореме Пифагора находим длину стороны одного квадрата:

$$(2 \cdot r_0)^2 = a^2 + a^2 \quad (12)$$

$$a = \sqrt{2} \cdot r_0 \quad (13)$$

Число игл  $N$ , необходимое для покрытия зонами защиты всей боковой поверхности цилиндра:

$$N = \frac{\pi \cdot D \cdot H}{a^2} = 107,9 \quad (14)$$

Принимаем количество игл в нейтрализаторе  $N = 108$  шт.

Проверка правильности расчета состоит в определении площади зоны защиты, которая приходится на одну иглу:

$$S_1 = \frac{S}{N} = 14192,8 \text{ мм}^2 \quad (15)$$

Таким образом, для предотвращения возникновения разрядов в циклоне ЦН15-600 установили нейтрализатор статического электричества индукционного типа, имеющий 108 металлических игл, расположенные на внешней поверхности выхлопной трубы циклона. В результате взаимодействия частиц и ионов воздуха уровень статической электризации в циклоне снизится до безопасного значения.

Работа проводилась в рамках сотрудничества с Новокузнецким ОАО «Органика», где в технологических процессах производства лекарственных веществ широко проявляется статическая электризация.

#### Список литературы:

1. В.Н. Верёвкин, Г.И. Смелков, В.Н. Черкасов. Электростатическая искробезопасность и молниезащита. - М.: МИЭЭ, 2006. - 170 с.;
2. Попов Б.Г., Веревкин В.Н. Статическое электричество в химической промышленности. Л., Химия, Ленинградское отделение, 1977.- 238 с.;
3. Черкасов В.Н. Защита взрывоопасных сооружений от молнии и статического электричества. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1984. - 1., 81 с.;
4. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.

#### Разработка установки по изучению электростатических полей в модельных полостях циклона

*А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.А. Королева, М.В. Гуляев*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Как известно, статическое электричество возникает при механических взаимодействиях в материальной среде, представленной веществами с высоким удельным объемным электрически сопротивлением ( $\rho$ ). Взаимодействие в основном выражается в виде трения и давления, проявляемые тем заметнее, чем больше взаимодействующие поверхности. При этом возникают неподвижные заряды статического электричества, величина которых зависит от ряда факторов. Исследователи установили, что интенсивная электризация возникает, если  $\rho$  больше и равно  $10^6$  Ом·м [1, 2]. Изложенные положения относятся и к тонкодисперсным воздушно-пылевым потокам. Если эти потоки представлены органическими веществами, то их статическая электризация создает опасность взрыва пожара в условиях, когда энергия разрядов статического электричества превышает минимальную энергию воспламенения пылевоздушной горючей среды. Следовательно, необходимо принятие мер, предотвращающих указанную опасность. В соответствующей литературе освещены способы защиты от опасных проявлений статического электричества. Реализация этих способов основана на использовании двух принципов:

- предотвращение накопления зарядов статического электричества;
- предотвращение опасных проявлений статического электричества.

Одним из известных и перспективных способов является применение нейтрализаторов заряда статического электричества, установленных на технологическом оборудовании в электризирующихся средах.

Целью данной работы ставилась разработка установки по изучению электростатических полей в модельных полостях циклона.

Взяв за основу предположение, что материальный поток, двигаясь через циклон, будет претерпевать импульсное воздействие электростатического поля в виде эффекта коронирующего разряда на расположенных иглах, предложено моделировать электростатическое поле в виде электрических импульсов, характер которого представлен на рисунке 1. была разработана установка по исследованию технологических параметров электростатического нейтрализатора (рис. 2).

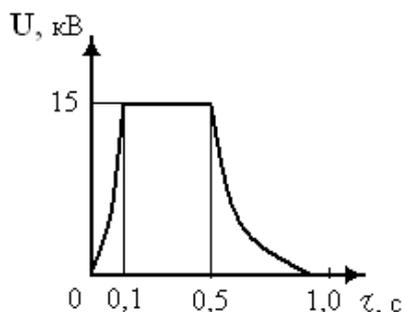


Рисунок 1. - Форма, величина и длительность электростатического импульса

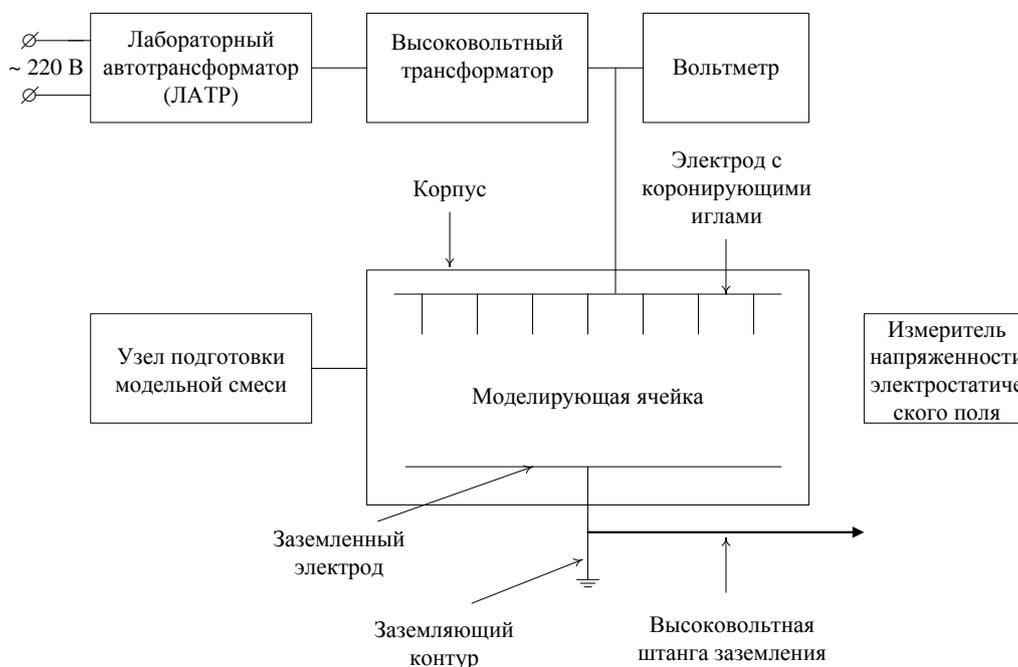


Рисунок 2. - Установка по исследованию технологических параметров электростатического нейтрализатора

*Описание установки.* На лабораторный автотрансформатор марки Э-378 подается напряжение 220 В. На вторичной обмотке происходит регулирование напряжения в диапазоне от 0 до 250 В, которое, в свою очередь, подается на высоковольтный трансформатор марки FA 4720000. Выходное напряжение на вторичной обмотке повышающего трансформатора измеряется с помощью вольтметра типа Ц-96 (0 - 15 кВ). Измеренное напряжение соответствует потенциалу на электроде. В моделирующей ячейке из-за разницы потенциалов между электродами с коронирующими иглами и заземленным электродом возникает электрическое поле. Измеритель напряженности электростатического поля марки ИЭСП-7 измеряет величину возникшего электрического поля.

Узел подготовки модельной смеси состоит из вентилятора, калорифера и спиртового дозатора.

*Методика проведения исследований.* Создавалось импульсное электрическое поле с частотой 1 импульс в секунду и величиной напряжения 15 кВ. Время обработки образца в этом

поле 1 минута, затем напряжение снималось, и после проверки его отсутствия производился отбор газопаровой пробы, после этого на ячейку подавалось импульсное электрическое поле, продолжалась обработка газопарового объема, затем вновь отбор пробы.

Полученные пробы обрабатывались на хроматографе Hewlett-Packard 5898 в лаборатории «Сибтест». Результаты представлены на рисунке 3.

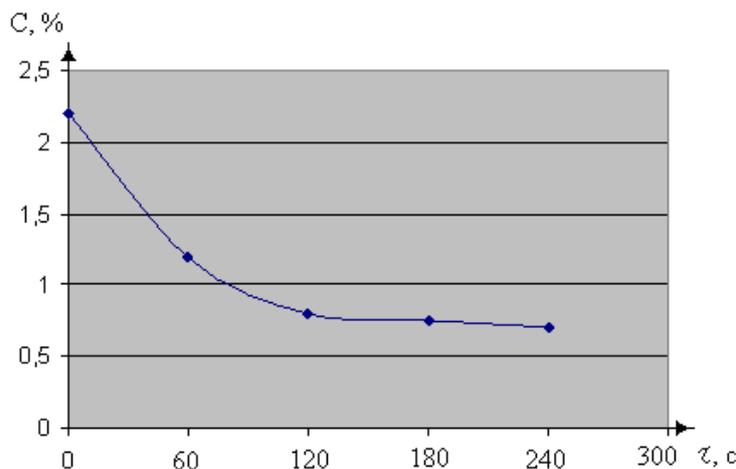


Рисунок 3. Зависимость убыли газосодержания паров этанола в воздухе от времени обработки образца

На графике наглядно продемонстрирована зависимость убыли газосодержания паров этилового спирта в воздухе от времени обработки образца. Следовательно, можно сделать вывод о том, что электрическое поле, создаваемое нейтрализатором, способствует снижению концентрации этанола в модельной смеси, что в свою очередь ведет к снижению пожаровзрывобезопасности циклона.

*Заключение.* В результате проведенного исследования представлены следующие выводы.

Разработана безопасная установка по изучению модельных электростатических полей в модельных полостях циклона.

Исследовано влияние расстояния от нейтрализатора до взаимодействующей поверхности.

Эксперимент на установке по исследованию технологических параметров электростатического нейтрализатора показал, что рассматриваемый индукционный нейтрализатор способствует уменьшению концентрации этилового спирта (этанола) в исследуемом объекте, что в свою очередь приводит к повышению его уровня безопасности.

Полученные в результате могут быть использованы как предварительные для рабочего проектирования на производстве.

### Список литературы:

1. Б.К. Максимов, А.А. Обух. Статическое электричество в промышленности и защита от него. М.: Энергия, 1978.
2. Сечин А.И., Бошнятов Б.В., Косинцев В.И., Сечин А.А., Лаптев Д.А. Разработка комплексных мероприятий по обеспечению взрывопожаробезопасности шахтных технологических процессов / ж. Вестник Алма-атинского института связи. Алматы. №2. 2008. - С. 83-86.

### Нормализация экологической обстановки на субъектах Российской Федерации за счет утилизации золошлаковых отходов

*Волокитин О.Г., Шеховцов В.В.*

*Томский государственно архитектурно-строительный университет, Россия, г. Томск  
shehovcov2010@yandex.ru*

Характерной особенностью нашего времени является интенсификация и глобализация воздействия человека на окружающую его природную среду, что сопровождается небывалыми ранее негативными последствиями этого воздействия. Концепция устойчивого развития нужна как система приоритетов в решении экологических проблем, как «инструкция», принятая

международным сообществом для ответа на вопрос о том, что следует, а чего не следует делать для длительного благополучного существования и развития человечества.

На субъекты в нашей стране существенное негативное влияние оказывает высокая доля энергетических промышленных отходов. Огромные количества золы и шлака скопились в отвалах, занимающих ценные земельные угодья. Содержание золошлаковых отходов требует значительных затрат. В то же время золы и шлаки тепловых электрических станций можно эффективно использовать в производстве различных строительных материалов, что подтверждается многочисленными научными исследованиями и практическим опытом. Актуальность темы определяется особой ролью внедрения энергии низкотемпературной плазмы в энергетические производства в связи с принципиальным изменением условий функционирования предприятий электроэнергетической отрасли, развитием процессов реструктуризации энергетических объектов. Таким образом, применения плазменных технологий целесообразно развивать с учетом общенаучной системной методологии.

Целью настоящей работы является создание электроплазменной установки для утилизации золошлаковых отходов при производстве минеральных волокон.

Процесс подачи сырьевых материалов в существующих электроплазменных установках осуществляется путем засыпания золы сверху, в плавильную печь в область горения плазменной дуги. Эксперименты показали, что в этом случае большое количество мелкодисперсных частиц не участвует в процессе плавления. Для исключения этого недостатка разработана электроплазменная установка, имеющая принципиально новую схему подачи сырья [1]. Принцип действия основан на использовании шнекового дозатора, процесс подачи сырья осуществляется с боковой части плавильной печи в область образованного силикатного расплава.

На (рис. 1) представлена схема экспериментальной установки, предназначенной для получения минерального волокна из расплава тугоплавких силикатсодержащих материалов. Установка состоит из следующих основных элементов: плазмотрона 1; водоохлаждаемой плавильной печи 3; шнекового питателя 6 и устройства волокнообразования 5.

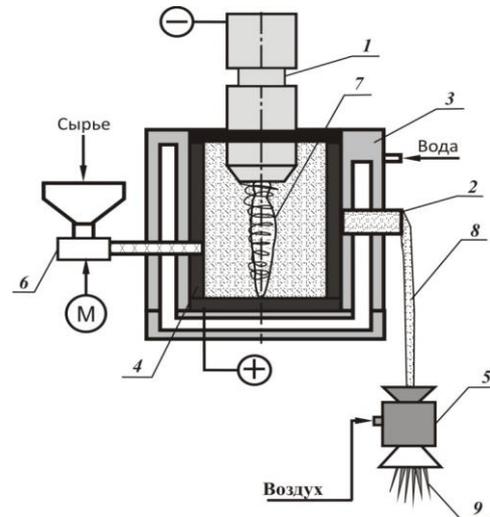


Рис. 1. Схема экспериментальной установки с комбинированным источником тепла для получения минерального волокна:

- 1 – плазмотрон; 2 – сливной желоб; 3 – водоохлаждаемая плавильная печь;  
4 – графитовый тигель; 5 – устройство волокнообразования; 6 – шнековый питатель;  
7 – плазменная дуга; 8 – расплав; 9 – минеральные волокна.

Принцип работы установки основан на взаимодействии высококонцентрированных потоков плазмы с порошкообразным тугоплавким силикатсодержащим материалом в результате, которого осуществляется нагрев дисперсных частиц с последующим образованием расплава 8. Образующийся расплав поступает к устройству волокнообразования 5. Использование конструкции дозирующего устройства со шнековым питателем 6 обеспечивает введение сырья не сверху на поверхность расплава, а с боковой части корпуса плавильной печи и непосредственно в область расплава. Частицы поступившей порции сырья, попадая в высокотемпературный расплав, смешиваются с ним и равномерно расплавляются, исключая выдувание мелкодисперсных частиц

потоком низкотемпературной плазмы. Сырье вводится в толщу уже образованного расплава и, в результате, посредством джоулевого нагрева по всему объему плавильной печи производится расплав введенного порошкообразного сырья. Что в результате позволяет понизить вязкость расплава и обеспечить равномерный его прогрев. После того, как расплав достигает уровня сливного желоба 2, поток силикатного расплава, переливаясь через его край, поступает к устройству 5 раздува в минеральные волокна. Графитовый тигель и устройство его охлаждения позволяет продлить срок службы плавильной печи.

В процессе получения расплава из золошлаковых отходов выделяют несколько стадий фазовых превращений: дегидратация, силикатообразование, гомогенизация и охлаждение со скоростью, предотвращающей процессы кристаллизации. Плазменный нагрев существенно влияет на термические преобразования в материале на всех стадиях обработки. Под действием энергии плазмы на начальной стадии (300-600 К) испаряется свободная вода, дегидратация происходит при резком повышении температуры (термическом ударе). Влага удаляется не только в парообразном, но и в жидком виде. Далее происходит плавление материала (1600-2100 К), при этом растут количество и глубина дефектов кристаллической решетки минералов. В процессе нагрева силикатного расплава его температура увеличивается до 2200-2700 К, при этом расплав под действием высококонцентрированных тепловых потоков гомогенизируется. Газообразование, газовыделение и гомогенизация протекают в интенсивном режиме (расплав кипит). При этом электропроводность расплава способствует увеличению его температуры за счет Джоулевого нагрева (часть тока проходит по расплаву).

После проведения экспериментов по получению высокотемпературных силикатных расплавов с помощью энергии низкотемпературной плазмы был проведен рентгенофазовый анализ золошлаковых отходов.

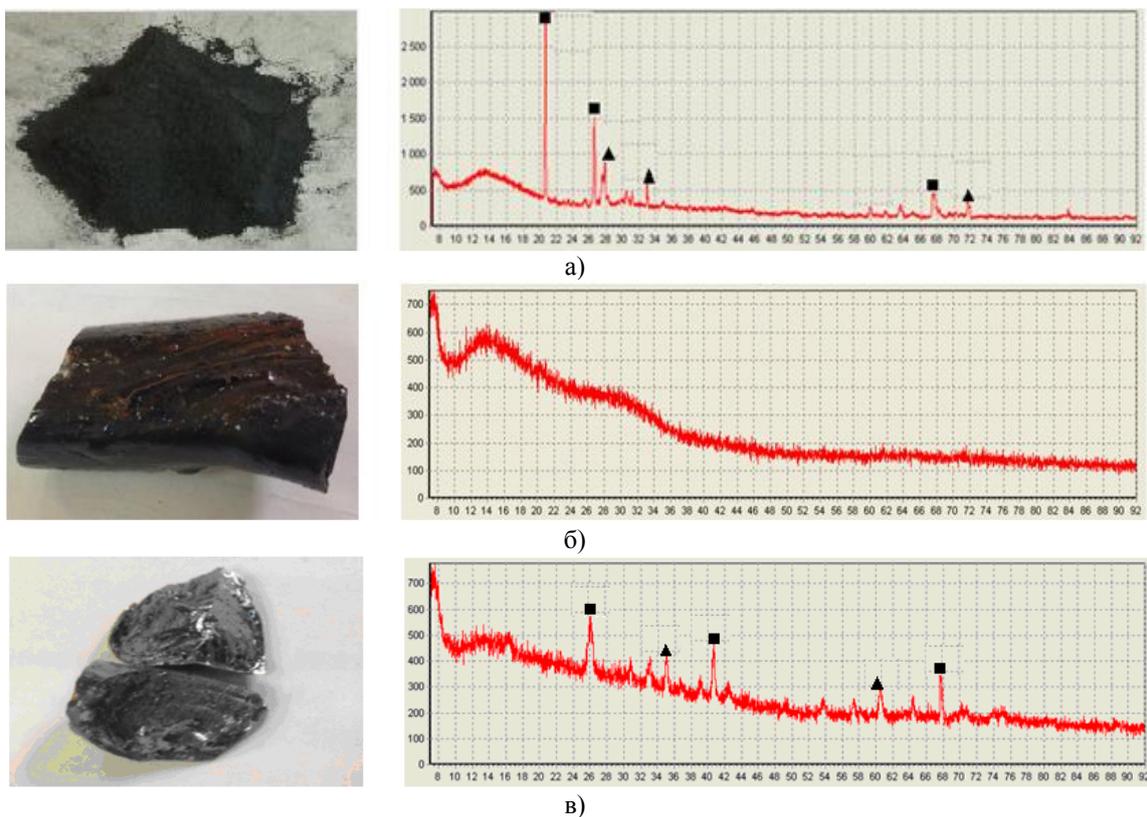


Рис. 2. Рентгенограммы исходного сырья и продуктов плавления  
 а – сырьевой материал; б – продукт плавления;  
 в – продукт плавления после термической выдержки (950 °С, 1 час)  
 (■ - SiO<sub>2</sub>; ▲ - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

На рентгенограмме исследуемого сырьевого материала (рис. 2, а) выраженными являются дифракционные максимумы SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что подтверждается результатами химического анализа.

Исследования продукта плавления отходов энергетических производств (рис. 2, б) показали, что полученный продукт находится в стекловидном состоянии и характеризуется отсутствием кристаллических фаз. Для выяснения наличия фаз в продуктах плавления, была произведена термическая обработка стекловидного продукта охлажденного расплава в течение 1 часа при температуре 950 °С. Данный продукт (стекло) характеризуется низкой кристаллизационной способностью. На рентгенограмме (рис. 2 в) присутствуют незначительные пики  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

По результатам исследований разработана экспериментальная плазменная установка с принципиальной системой подачи сырья. Проведенные эксперименты показали возможность получения высокотемпературного силикатного расплава из отходов энергетических производств. Полученный расплав обладает требуемой для производства минеральных волокон вязкостью. Продукт плавления характеризуется низкой кристаллизационной способностью, что предполагает высокую термическую устойчивость, полученного на его основе минерального волокна. В результате, можно констатировать, что золошлаковые отходы являются весьма перспективной сферой для инноваций и инвестиций, имеющих многоцелевую направленность, и их переработка позволяет оказать существенное влияние на экологическую обстановку в РФ.

Работа частично поддержана грантом Президента РФ МК-2330.2013.8

#### **Список литературы:**

1. Решение о выдаче патента на изобретение. Приоритет Вх. № 040476 от 22.06.2012 № 2012126227. Плазменная установка для получения тугоплавкого силикатного расплава. Волокитин О.Г., Тимонов Е.В., Волокитин Г.Г., Никифоров А.А., Чибирков В.К.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Клиентоориентированный подход к обеспечению надежности электроснабжения</b>	
<i>Васильева М.В.</i> .....	5
<b>Повышение энергоэффективности объектов при реконструкции производств изопрена и ски на ООО "Тольяттикаучук"</b>	
<i>Деев М.А., Глухов Д.М.</i> .....	7
<b>Утилизатор тепла и холода вентиляционного воздуха с целью энергосбережения в жилых зданиях</b>	
<i>Захаров А.А., Низовцев М.И.</i> .....	9
<b>Расчет теплотерь при совместной прокладке трубопроводов тепловых сетей в условиях крайнего севера</b>	
<i>Игнатьев В.С., Иванов В.А.</i> .....	11
<b>О показателях энергетической эффективности</b>	
<i>Литвак В.В., Климова Г.Н.</i> .....	14
<b>Оценка объективно-обусловленного спроса на энергоресурсы с учетом потребительской корзины</b>	
<i>Климова Г.Н.</i> .....	18
<b>Аналитический обзор показателей для прогнозной модели топливно-энергетического баланса СФО</b>	
<i>Леонова В.К., Климова Г.Н.</i> .....	19
<b>О возможных мероприятиях энергосбережения в образовательных учреждениях</b>	
<i>Костоустова Е.В., Матвиевский А.М.</i> .....	22
<b>К вопросу о правовых аспектах применения повышающих коэффициентов к тарифам за потребление реактивной мощности</b>	
<i>Кузнецов А.В., Аргентова И.В.</i> .....	24
<b>Определение параметров энергопотребления и качества электроэнергии предприятия</b>	
<i>Ле Ван Туан</i> .....	26
<b>Оценка состояния производственного комплекса региона с использованием дискриминантного анализа</b>	
<i>Мыльниченко С.М.</i> .....	28
<b>Практическое применение базы энергосберегающих мероприятий</b>	
<i>Бухмиров В.В., Костерин А.Ю., Найденов В.В., Пророкова М.В.</i> .....	32
<b>Роль системы энергосбережения на предприятии</b>	
<i>Несветайло М.В.</i> .....	33
<b>Обоснование концепции образцовой системы теплоснабжения для повышения энергоэффективности действующих систем</b>	
<i>Николаев Ю.Е., Дубинин А.Б., Вдовенко И. А., Зябкин В.И.</i> .....	36
<b>Особенности модели на основе коэффициентов распределения для определения параметров энергосберегающих технологий</b>	
<i>В.С. Павлюков, С.В. Павлюков, С.П. Сусанин</i> .....	39
<b>Алгоритм составления плана мероприятий по снижению потерь электроэнергии</b>	
<i>Пейзель В.М., Бондарева К.В.</i> .....	42

<b>Перспективные направления реализации ресурсосберегающего управления технологическим процессом движения поездов</b> <i>Петуров В.И., Ташлыкова В.И., Шубин Д.А.</i> .....	45
<b>Сравнительный анализ и оценка эффективности электропотребления на технологических участках меднорудного карьера</b> <i>Пичуев А.В., Петров А.А., Овсянников Н.Б.</i> .....	46
<b>Анализ динамики электропотребления на технологических участках меднорудного карьера</b> <i>Пичуев А.В., Петров А.А., Овсянников Н.Б.</i> .....	50
<b>Оптимальная загрузка газотурбинных и газопоршневых агрегатов</b> <i>Обоскалов В.П., Кирпикова И.Л., Померанец Д.И.</i> .....	53
<b>Проблемы обеспечения надёжность электроснабжения города Душанбе и пути его решения</b> <i>Рахимов Ф.М., Касобов Л.С.</i> .....	57
<b>Взаимовлияние режимов электрической сети Таджикистана с введением проекта CASA-1000</b> <i>Худжасаидов Дж.Х., Рахимов Дж.Б., Султонов Ш.М., Ахъёев Дж.С.</i> ..	59
<b>Инновационные возможности энергосбережения промышленных предприятий на примере ООО «Тобольск-нефтехим»</b> <i>Рочев Е.А., Леонов Е.Н., Иванов И.Г.</i> .....	61
<b>Стратегические модели внедрения инновационной энергосберегающей технологии</b> <i>Русин Г.Л., Клавсуц И.Л.</i> .....	64
<b>Распределенная энергетика и энергетическая безопасность</b> <i>Сливной В.Н.</i> .....	68
<b>Выбор состава включенного генерирующего оборудования ТЭС на оптовом рынке электроэнергии</b> <i>Таран А.С.</i> .....	70
<b>Планирование потребления электроэнергии высшими учебными заведениями</b> <i>Ткаченко В.Ф.</i> .....	73
<b>Анализ целесообразности увеличения толщины термооболочки зданий</b> <i>В.Н. Угловский</i> .....	76
<b>Разработка эффективной программы энергосбережения для МУЗ «ШЦРБ»</b> <i>Худжамкулов Искандар Назарбаевич, Климова Галина Николаевна</i> ...	79
<b>Проекты повышения энергоэффективности и энергосбережения: особенности расчета ставки дисконтирования</b> <i>Чернов С.С., Бельчикова Е.С.</i> .....	83
<b>Центр управления и принятия решений для топливно-энергетического комплекса региона</b> <i>Лукьянец А.А., Чернов А.Г., Ротарь В.Г.</i> .....	86
<b>Способы оптимизации квартирного теплоснабжения</b> <i>Янченко А.В.</i> .....	87
<b>Сравнение электроемкости валового регионального продукта субъектов сибирского федерального округа</b> <i>Н.М. Чекмарева, М.В. Волков</i> .....	89

<b>Анализ математических моделей программного отпуска теплоты в помещения</b>	
<i>Казанцев Д.С.</i> .....	92
<b>Пространственное моделирование тепловых режимов хранилищ сжиженного газа с учетом сезонного промерзания грунта</b>	
<i>Н. С. Тетерина, Е.С. Глазырин</i> .....	96
<b>Планирование потребления электроэнергии высшими учебными заведениями</b>	
<i>Ткаченко В.Ф.</i> .....	99
<b>Облачные скопления - как способ защиты от радиации</b>	
<i>Деманова В.В., Орлова К.Н., Градобоев А.В.</i> .....	103
<b>Геология, горное дело и ядерная энергия</b>	
<i>Е.В. Комлева</i> .....	106
<b>Использование выгорающих поглотителей в реакторе ВВЭР – 1000</b>	
<i>Монгуш С.А.</i> .....	112
<b>Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов ФГУП «ГХК»</b>	
<i>П.М. Гаврилов; А.А. Устинов; А.Г. Сиренко; М.В. Антоненко; Д.В. Жирников; А.А. Музыкантов</i> .....	113
<b>Тяжелая авария быстрых энергетических реакторов и способы уменьшения их последствий</b>	
<i>Мухамедов Н.Е., Бакаева Н.М., Степанова О.А.</i> .....	117
<b>Ядерная энергия в процессе индустриализации – модернизации во Вьетнаме</b>	
<i>Нгуен Ван Ву</i> .....	120
<b>Особенности зачистки бассейнов выдержки от радиоактивных иловых отложений при выводе из эксплуатации плутониевых уран-графитовых реакторов ФГУП «ГХК»</b>	
<i>Устинов А.А., Сиренко А.Г., Антоненко М.В., Жирников Д.В., Чернов Б.И., Иванов Е.С., Музыкантов А.А., Чубреев Д.О.</i> .....	121
<b>Проблема полония в свинцовом теплоносителе быстрого реактора</b>	
<i>Чуйкина А.В., Чиков М.С.</i> .....	124
<b>Исследование процесса гетерогенного каталитического разложения комплекса трилона б в азотнокислых растворах</b>	
<i>Г.А. Апальков, И.Г. Ефремов, А.Н. Дьяченко, А.Ю. Жабин, Г.Г. Кокарев</i> .....	126
<b>К расчету возраста нейтронов в графите</b>	
<i>Бас Т.В., Кузьмин А.В.</i> .....	131
<b>Расчет возраста нейтронов деления до индиевого резонанса в графите методом групп</b>	
<i>Бас Т.В., Кузьмин А.В.</i> .....	134
<b>Проектный облик термоэмиссионной электрогенерирующей сборки вынесенного типа с тугоплавкой высокотемпературной тепловой трубой</b>	
<i>Баучкин Ф.А.</i> .....	137
<b>К анализу поведения ТВЭЛА в зависимости от выгорания топлива</b>	
<i>Дашевский Р.В., Кузьмин А.В.</i> .....	141

<b>Перспектива внедрения процесса перколяции в технологии переработки ОЯТ</b>	
<i>Бондин В.В., Смирнов С.И., Коробейников А.И., Даровских П.Н., Дьяченко А.С. ....</i>	<i>144</i>
<b>Определение эффективной температуры топлива реактора на тепловых нейтронах</b>	
<i>Кан А.Ю., Кузьмин А. В. ....</i>	<i>146</i>
<b>Процесс перевода ИРТ-Т на низкообогащенное топливо</b>	
<i>Минин Т.И., Чуйкина А.В. ....</i>	<i>148</i>
<b>Интеллектуальная система комплексного мониторинга использования энергетических ресурсов в условиях территориально-рассредоточенных потребителей минерально-сырьевого комплекса</b>	
<i>Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Федоров А.В., Зимин Р.Ю. ....</i>	<i>151</i>
<b>Акустический расчет трехкамерного глушителя шума со звукопоглощающими элементами методом конечных элементов</b>	
<i>Аграфонова А.А., Смирнов С.Г. ....</i>	<i>152</i>
<b>Эколого-геохимическая характеристика территории г. Павлодара</b>	
<i>Ажаев Г.С., Кадырова М.С. ....</i>	<i>156</i>
<b>Правило десяти моментов холостого хода механической передачи</b>	
<i>И.К. Александров ....</i>	<i>159</i>
<b>Тренды ионосферных параметров над Новосибирском в концепции охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы</b>	
<i>Белинская А.Ю., Грехов О.М. ....</i>	<i>166</i>
<b>К вопросу о параметрах электроаппаратуры судовой телефонной связи</b>	
<i>Бутенко Ю.В., Федюк Р.С., Даниленко В.В., Миронов К.К. ....</i>	<i>169</i>
<b>Анализ работы газоочистки и определение дисперсного состава уноса в зависимости от режима работы печи в производстве керамзита</b>	
<i>Е.Г. Зыков, В.А. Полюшко, А.С. Разва, М.В. Василевский ....</i>	<i>170</i>
<b>Определение напряжения трения поршня дисперсного материала разного грансостава в трубопроводе</b>	
<i>М.В. Василевский, В.И. Романдин, А.С. Разва ....</i>	<i>173</i>
<b>Региональная группировка температурных данных, полученных на метеостанциях Евразии</b>	
<i>Волков Ю.В., Тартаковский В.А. ....</i>	<i>177</i>
<b>Интенсификация процессов биологического окисления углеводов, загрязняющих почвы западно-сибирского региона</b>	
<i>Бочкарева Ю.В., Галанова С.О. ....</i>	<i>178</i>
<b>Защита нефтепроводов на подводных переходах</b>	
<i>Герасимов А.И. ....</i>	<i>181</i>
<b>Определение ширины противопожарного разрыва в зависимости от скорости ветра и свойств лесного массива</b>	
<i>Гербель Д.П., Фрянова К.О. ....</i>	<i>183</i>
<b>Численный анализ влияния инженерных сооружений на тепловые режимы подземных хранилищ сжиженного газа</b>	
<i>Е.С. Глазырин, Н.С. Тетерина. ....</i>	<i>186</i>
<b>Слаботочные корабельные телефонные станции</b>	
<i>Городецкий И.В., Федюк Р.С., Алферьев И.С., Комардин Д.В. ....</i>	<i>189</i>

<b>К вопросу об экологической составляющей при выборе автономного источника теплоснабжения</b> <i>Гринкруг Н.В., Костиков С.А.</i> .....	190
<b>Экологические показатели Улан-Удэнской ТЭЦ-1 на основе энергоаудита</b> <i>Дамбиев Ц.Ц., Ганбаатар Ш., Баранова Е.А., Сафронов Е.В.</i> .....	194
<b>Новые методики определения ионов тяжелых металлов в сточных водах для дальнейшего мониторинга</b> <i>Елина В.В., Садомцева О.С., Шакирова В.В., Бровко Е.В., Кожина А.Д.</i> .....	197
<b>Оценка интенсивности воздействия автотранспорта на окружающую среду</b> <i>С.Н. Ефремова</i> .....	199
<b>Исследование химической кинетики поглощения газового конденсата почвами Омской области</b> <i>Жемчугова Е.Ю.</i> .....	202
<b>Анализ годовой энергетической освещенности на основании метеонаблюдений погоды в Душанбе</b> <i>Иноятов М.Б., Масуми Ф.Н., У.У. Косимов</i> .....	205
<b>Аспекты тонкодисперсного аэродинамического распыления</b> <i>Ишиматов А.Н., Елесин В.В., Трубников А.А., Огородников С.П.</i> .....	208
<b>The improvement of the ecological properties of automobile gasoline by the removal of benzene from reforming units</b> <i>Kamzina M.A., Sidorov G.M.</i> .....	212
<b>Системы дистанционного управления судовым главным двигателем</b> <i>Ким А.Я, Медведев Н.А., Алферьев И.С., Федюк Р.С., Миронов К.К.</i> ...	213
<b>Влияние температурных вариаций на магнитные измерения</b> <i>Ковалев А.А., Белинская А.Ю., Грехов О.М., Федотова О.И.</i> .....	215
<b>Слаботочная судовая сигнализация</b> <i>Комардин Д.В., Федюк Р.С., Будько Р.Н.</i> .....	218
<b>Защита и эффективное использование геологического наследия России</b> <i>Е.Д. Корф</i> .....	220
<b>Перспективы переработки и использования отходов энергетической деятельности</b> <i>Кравченко А.В.</i> .....	222
<b>Методика определения химического состава, массовой доли компонентов и размеров частиц торфяного шлама</b> <i>Кузьмин В.А., Заграй И.А., Рукавишников Р.В.</i> .....	225
<b>Повышение энергоэффективности процесса сушки торфа в паровых трубчатых сушилках с помощью распознавания и классификация производственных ситуаций</b> <i>Кулаковский Л.Я., Розен В.П., Алтухов Е.И.</i> .....	228
<b>Концепция утилизации минеральной части бурых углей Шивэ-Овооского месторождения Монголии</b> <i>Кучерина А. Н., Долгих А. Ю., Николаева В.И., Черкашина Г.А.</i> .....	230
<b>Экстренная психологическая помощь в экстремальных ситуациях</b> <i>Левченко А.А., Сечин А.А.</i> .....	233

<b>Применение импульсного коронного разряда для очистки нефтесодержащих сточных вод</b>	
<i>Маринин С.А., Сапрыкин Ф.Е., Грязнова Е.Н., Хаскельберг М.Б., Корнев Я.И. ....</i>	235
<b>Возможность использования природных цеолитов для очистки сточных вод электростанций от соединений тяжелых металлов</b>	
<i>Мосолков А. Ю., Мартемьянов Д. В., Дозморов П. С., Мухортова Ю. Р. ....</i>	238
<b>Перспективы утилизации твердых бытовых отходов термическим методом</b>	
<i>Мухаметшина Э.И. ....</i>	241
<b>Перспективы применения установок вентиляционных регенеративных компактных (УВРК) в учебных аудиториях</b>	
<i>Назаревич В.В., Новоселов А.С. ....</i>	244
<b>Влияние условий получения и длительности хранения на активность электровзрывных нанопорошков алюминия</b>	
<i>Амелькович Ю.А., Назаренко О.Б., Сечин А.И. ....</i>	247
<b>Использование нанопорошка нитрида алюминия в качестве пламягасящей добавки</b>	
<i>Ильин А.П., Назаренко О.Б., Баталова А.Ю. ....</i>	250
<b>Удаление фосфатов из сточных вод ОАО «Томское пиво»</b>	
<i>Нагорных Е.А., Зарубина Р.Ф., Назаренко О.Б. ....</i>	253
<b>Исследование физико-химических свойств природных цеолитов Монголии</b>	
<i>Батдемберел Г., Назаренко О.Б., Татарина Е.Н. ....</i>	256
<b>Качественный анализ загрязнения воздуха методом лишеноиндикации</b>	
<i>Кондратова А.А, Орлова К.Н. ....</i>	259
<b>Философско-мировоззренческая составляющая при изучении общепрофессиональных дисциплин инженерно-технического направления (на примере электротехники)</b>	
<i>Петуров В.И., Куркин К.О., Пешикова Ю.В. ....</i>	261
<b>Определение коэффициента вертикальной диффузии при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования</b>	
<i>Рыжакова Н.К., Покровская Е.А. ....</i>	264
<b>Определение скорости гравитационного оседания частиц летучей золы при помощи метода мхов-биомониторов и математического моделирования</b>	
<i>Рыжакова Н.К., Покровская Е.А. ....</i>	267
<b>Саманные дома как образец экологичного строительства</b>	
<i>Прунскас В.В., Федюк Р.С. ....</i>	270
<b>Биоиндикация маркеров производства ядерно-топливного цикла, на примере Сибирского химического комбината</b>	
<i>Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. ....</i>	273
<b>Радиоэкологический паспорт промышленных объектов города Юрга</b>	
<i>Семенов А.А., Орлова К.Н. ....</i>	276
<b>Взаимодействие объектов железнодорожного транспорта с окружающей средой</b>	
<i>Серегина С.Ю. ....</i>	278

<b>Мобильное устройство для прогрева грунта и дорожного покрытия при аварийно-ремонтных и восстановительных работах</b> <i>Синицын А.А., Тюкин Н.Н., Ильичев Е.А.</i> . . . . .	280
<b>Основная проблема пожаровзрывобезопасности в шахтных технологических объемах и оценка уровня безопасности рабочего персонала в них</b> <i>К.С. Скорюпина</i> . . . . .	283
<b>О влиянии инфракрасного отопления на организм человека</b> <i>Ю.С. Солнышкова, А.И. Погодин, Н.А. Хан, М.Н. Мечтаева, В.В. Галчинская</i> . . . . .	286
<b>Оценка гидроэнергетических ресурсов Казахстана</b> <i>Сопруненко Э.Е., Назаренко О.Б.</i> . . . . .	288
<b>Реформа в методологии оценки условий труда</b> <i>Э.Е. Сопруненко, Н.А. Чулков</i> . . . . .	290
<b>Повышение экологической и промышленной безопасности предприятий угольной отрасли путем переработки водноугольных отходов</b> <i>А.В. Неведров, А.В. Папин, А.И. Сечин</i> . . . . .	293
<b>Технология переработки отходов коксохимических производств</b> <i>Солодов В.С., Папин А.В., Сечин А.И., Неведров А.В.</i> . . . . .	295
<b>Исследование тепловой эффективности процесса анаэробной ферментации органических ТБО</b> <i>Исламова С.И.</i> . . . . .	296
<b>Проблема сбора бытовых отходов в городе Томск</b> <i>Лаутенилегер Н.Н., Сечин А.А.</i> . . . . .	299
<b>К вопросу обеспечения пожаровзрывобезопасности шахтных технологических объемов.</b> <i>Сечин А.И., Мезенцева И.Л.</i> . . . . .	302
<b>Регионарные функции легких при хронической обструктивной болезни легких</b> <i>Агеева Т.С., Тетенев Ф.Ф., Дубоделова А.В., Левченко А.В., Мишустина Е.Л., Кривоногов Н.Г.</i> . . . . .	306
<b>Влияние хронической патологии ротоглотки у детей на развитие синдрома дефицита внимания/гиперактивности</b> <i>С.В. Самарина, А.П. Помогаева, Т.В. Матковская</i> . . . . .	308
<b>Работа внутрилегочного источника механической энергии у здоровых лиц и при внебольничной пневмонии</b> <i>Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Агеева Т.С., Карзилов А.И.</i> . . . . .	310
<b>Возможности экспираторно-инспираторной компьютерной томографии для характеристики вентиляционной функции легких</b> <i>Якомаскина М.В., Завадовская В.Д., Агеева Т.С., Тетенев Ф.Ф., Мишустина Е.Л.</i> . . . . .	313
<b>Клиническое значение гиперлептинемии при гипертонической болезни с метаболическим синдромом</b> <i>Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцева Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А.</i> . . . . .	314

<b>Роль системного воспаления в механизмах метаболического синдрома и снижении качества жизни больных гипертонической болезнью</b> <i>Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцев Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. ....</i>	318
<b>Противовоспалительный эффект статинов при метаболическом синдроме</b> <i>Беспалова И.Д., Калюжин В.В., Рязанцева Н.В., Медянцев Ю.А., Мурашев Б.Ю., Осихов И.А. ....</i>	321
<b>Инфекционная теория атеросклероза</b> <i>В.Т. Волков, Н.Н. Волкова ....</i>	324
<b>Вирусная или нанобактериальная природа гепатита?</b> <i>В.Т. Волков, Н.Н. Волкова ....</i>	328
<b>Клинические и гематологические проявления Эпштейн-Барр вирусного инфекционного мононуклеоза у детей в остром периоде и в катамнезе</b> <i>Помогаева А.П., Потарская Е.В. ....</i>	332
<b>Анализ показателей дельта-пикфлоу у больных бронхиальной астмы до и после лечения хронического описторхоза</b> <i>Калинина О.В., Месько П.Е., Бодрова Т.Н., Карзилов А.И., Якис О.В. ...</i>	334
<b>Состояние регуляции дыхания у здоровых лиц при электромеханическом воздействии на аппарат внешнего дыхания</b> <i>Карзилов А.И., Тетенев Ф.Ф., Калинина О.В., Якис О.В., Месько П.Е., Карзилова А.А. ....</i>	336
<b>Факторы риска преждевременной смертности в открытой популяции г. Томска</b> <i>Конобеевская И.Н., Ефимова Е.В. ....</i>	337
<b>Характеристика 20-летнего тренда демографической ситуации в Томске</b> <i>Конобеевская И.Н., Ефимова Е.В. ....</i>	340
<b>Лечение рубцовых последствий ожогов</b> <i>Мельник Д.Д., Гюнтер В.Э., Шалыгин В.А., Трохимчук Н.И., Шериф Л.А. ....</i>	344
<b>Роль цитокинов в 2,03 патогенезе воспаления при метаболическом синдроме</b> <i>Мурашев Б.Ю., Беспалова И.Д., Рязанцева Н.В., Новицкий В.В., Калюжин В.В., Медянцев Ю.А., Осихов И.А. ....</i>	347
<b>Терапия острых и хронических ларингитов у пациентов в зависимости от результатов бактериологического исследования микрофлоры гортани</b> <i>Чуйкова К.И., Зарипова Т.Н., Мухина В.И. ....</i>	349
<b>Современный взгляд на использование бактериофагов при воспалительных процессах</b> <i>В.И. Мухина; И.А. Смородина ....</i>	354
<b>Особенности гормонального статуса в патогенезе воспаления жировой ткани при метаболическом синдроме</b> <i>Осихов И.А., Беспалова И.Д., Мурашев Б.Ю., Рязанцева Н.В., Новицкий В.В. ....</i>	357
<b>Оценка факторов риска развития железодефицитной анемии у детей в амбулаторно-поликлинической практике</b> <i>Пономарева Д.А., Ильиных А.А., Нагаева Т. А. ....</i>	360

<b>Виды недостаточности внешнего дыхания у ликвидаторов последствий аварии на чернобыльской АЭС</b>	
<i>Поровский Я.В., Бодрова Т.Н., Кузнецова О.В., Тетенев Ф.Ф. ....</i>	361
<b>Состояние щитовидной железы и коры надпочечников у детей, проживающих на территории, загрязненной радиационно-химическими веществами и микроэлементного состава волос, почв, молока</b>	
<i>Матковская Т. В. , Барановская Н. В, Ямановская Е.А. ....</i>	364
<b>Нанобактериальная этиология узлового зоба</b>	
<i>В.Т. Волков, Н.Н. Волкова ....</i>	366
<b>Отрицательный общий и эластический гистерезис легких у здоровых людей и при пневмонии</b>	
<i>Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Агеева Т.С., Карзилов А.И. ....</i>	370
<b>Роль функционального снижения эластичности легких при гиперинфляции</b>	
<i>Тетенев Ф.Ф., Тетенев К.Ф., Бодрова Т.Н., Агеева Т.С., Карзилов А.И. ....</i>	372
<b>Энергодисперсионный анализ химического состава оксидных нанофазных покрытий, полученных при индукционно-термической обработке титана</b>	
<i>Фомин А.А., Родионов И.В., Пошивалова Е.Ю., Фомина М.А., Штейнгауэр Н.Н., Захаревич А.М., Петрова Н.В. ....</i>	374
<b>Особенности течения острых респираторных заболеваний у часто болеющих детей с хроническими заболеваниями лимфоидной ткани носоглотки</b>	
<i>Фурманова Е.А. ....</i>	377
<b>Вскармливание детей первого года жизни по данным поликлинического отделения №2 МАУЗ «ДГБ №1» г. Томска</b>	
<i>Цыганкова М.П., Шатрова Н.А. ....</i>	378
<b>Кандидатные параметры в гомеостатические величины аппарата внешнего дыхания у больных хроническим необструктивным бронхитом в сочетании с пневмофиброзом</b>	
<i>О.В. Якис, А.И. Карзилов, Ф.Ф. Тетенев, О.В. Калинина ....</i>	380
<b>Сопоставительный анализ методов термического воздействия на бетонную смесь</b>	
<i>Голдаев С.В., Шерина А.Е. ....</i>	382
<b>Оптимизация энергопотребления обоганительными процессами горно-металлургической промышленности</b>	
<i>Камалов Т.С., Ишнараров О.Х. ....</i>	385
<b>Об использовании силикагелей для повышения долговечности котельного оборудования</b>	
<i>Голдаев С.В., Хушвактов А.А. ....</i>	386
<b>Использование в промышленности золошлаковых отходов теплоэлектростанций, работающих на углях</b>	
<i>Крушенко Г.Г. ....</i>	389

<b>Формирование экокультуры казахстанского общества как решающего фактора реализации концепции по переходу республики Казахстан к зеленой экономике</b> <i>Хамзина Ш.Ш., Кадырова М.С.</i> .....	391
<b>Применение перспективных потребителей электроэнергии в качестве потребителей-регуляторов</b> <i>Ханаев В.В.</i> .....	395
<b>Сопоставительный анализ методов термического воздействия на бетонную смесь</b> <i>Голдаев С.В., Шерина А.Е.</i> .....	398
<b>Анализ и разработка мероприятий по обеспечению безопасности работ при зачистке технологических резервуаров от остатков нефтепродуктов</b> <i>А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.И. Осипенко</i> .....	400
<b>Построение прогнозно-экстраполяционной зависимости времени индукции воспламенения по характеристикам пожаровзрывоопасности вещества</b> <i>А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.И. Осипенко</i> .....	404
<b>Построение математической модели определения закономерности нарастания концентраций горючих паров и газов в производственном помещении</b> <i>А.И. Сечин, И.Н. Долдин, И.Н. Курка</i> .....	407
<b>Построение математической модели для определения времени нарастания концентраций горючих паров и газов в некотором объеме</b> <i>А.И. Сечин, И.Н. Долдин, И.Н. Курка</i> .....	410
<b>Технико-экономическая оценка энергоэффективности применения традиционных и современных теплоизоляционных материалов для нужд централизованного теплоснабжения</b> <i>Танковская Л.В., Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Юрчик М.С.</i> .....	412
<b>Разработка методики расчета нейтрализатора статического электричества для циклонных аппаратов</b> <i>А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.А. Королева, М.В. Гуляев</i> .....	415
<b>Разработка установки по изучению электростатических полей в модельных полостях циклона</b> <i>А.И. Сечин, О.С. Кырмакова, С.А. Королева, М.В. Гуляев</i> .....	418
<b>Нормализация экологической обстановки на субъектах Российской Федерации за счет утилизации золошлаковых отходов</b> <i>Волокитин О.Г., Шеховцов В.В.</i> .....	420

Научное издание

**ЭНЕРГЕТИКА:  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ**

Материалы докладов XIX Всероссийской  
научно-технической конференции