

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАДЫРОВА МАЙЯ СЕРИКОВНА

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТЕРРИТОРИИ Г. ПАВЛОДАРА**

6N0731 «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

**Диссертация на соискание академической степени магистра
Безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды**

Научный руководитель:
доцент, к.г.-м.н. Г.С. Ажаев

Павлодар, 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МАГИСТРАТУРА

Кафедра «Химия и экология»

Магистерская диссертация

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТЕРРИТОРИИ Г. ПАВЛОДАРА**

6N0731 «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Исполнитель _____ **М.С. Кадырова**
(подпись, дата)

Научный руководитель
к.г.-м.н., доцент _____ **Г.С. Ажаев**
(подпись, дата)

Допущена к защите:
Зав. кафедрой «Химия и экология»
к.п.н., доцент _____ **Ш.Ш. Хамзина**
(подпись, дата)

Павлодар, 2011

РЕФЕРАТ

Объем диссертации составляет 81 страница.

Структура диссертации включает следующие разделы: нормативные ссылки, определения, обозначения и сокращения, введение, обзор литературы, собственные исследования, материалы и методы исследований, результаты исследований, обсуждение и оценка полученных данных, заключение, список использованных источников.

Количество иллюстраций 14, таблиц 44, использованных литературных источников 101.

Ключевые слова: тяжелые металлы, снеговой покров, почвы, загрязнение, геохимическая характеристика, жидкие атмосферные выпадения, твердые атмосферные выпадения, валовое содержание тяжелых металлов в почвах, карта-схема, отбор проб снега и почв.

Актуальность исследований

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. Практическое отсутствие данных о содержании тяжелых металлов в системе снеговой покров - почва на территории г. Павлодар делает их весьма актуальными. Актуальность данных исследований подтверждена и Декларацией МОП, принятой на 15 Международном конгрессе почвоведов (г. Акапулько, Мексика) в 1994 г., согласно которой к числу приоритетных направлений отнесено изучение экологической обстановки на городских территориях. В связи с этим необходима детальная эколого-геохимическая оценка их состояния на территории города с использованием геохимических методов.

Цель исследований. Целью работы явилась оценка эколого-геохимического состояния территории г. Павлодара по данным изучения снегового покрова и валовых форм соединений тяжелых металлов в почвах на территории г. Павлодар.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие основные задачи исследования:

- определить основные загрязняющие компоненты снегового покрова г. Павлодара;
- исследовать валовое содержание тяжелых металлов в почвах;

- составить карты-схемы валового содержания тяжелых металлов в снеговом и почвенном покровах;
- дать комплексную оценку эколого-геохимической ситуации территории г. Павлодара.

Объект исследований: Снеговой покров и почвы г. Павлодара.

Научная новизна работы.

Впервые оценен уровень накопления химических элементов в снеговом и почвенном покровах на территории г. Павлодара.

Практическая ценность работы.

Изучен геохимический состав пылевых и жидких атмосферных выпадений и почв в различных районах г. Павлодара. Откартированы ареалы загрязнения снегового и почвенного покровов на территории города, а также промышленных предприятий. Карты-схемы содержания химических элементов в снеговом и почвенном покровах найдут применение при эколого-биогеохимической оценке исследуемого региона. Результаты работы использованы в учебном процессе при проведении занятий для студентов специальностей: «Экология», «Биология», «Химия» по дисциплинам «Химическая экология», «Геохимия окружающей среды», «Охрана окружающей среды».

С целью установления степени загрязнения компонентов природной среды, выявления источников поступления, путей миграции загрязняющих веществ, определения влияния на здоровье населения проведено обследование изучаемого района и выполнено эколого-геохимическое опробование снегового покрова, как индикатора загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами. По результатам работ составлены карты-схемы загрязнения снегового покрова, почв г. Павлодара. Эти карты использованы для районирования территории г. Павлодара по степени экологической напряженности, для ранжирования по степени опасности основных источников загрязнения и решения других экологических проблем.

Список опубликованных работ по теме магистерской диссертации:

1. Ажаев Г.С., Масенов К.Б., **Кадырова М.С.** Техногенное загрязнение снежного покрова г. Павлодара ртутью // Вестник Инновационного Евразийского университета. - Павлодар, ИнЕУ, 2010 г. №2 (38) с. 84-85.

2. Ажаев Г.С., **Кадырова М.С.** Эколого-геохимическая оценка снежного покрова города Павлодара медью, цинком, кадмием, свинцом // Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке: Динамика развития в Евразийском пространстве» 19-20 мая 2011 г. - Павлодар, Инновационный Евразийский университет, 2011 г., с. 110-111.

3. Хамзина Ш.Ш., **Кадырова М.С.** Социологическое исследование и мониторинг основных экологических проблем в Павлодарской области. Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке: Динамика развития в Евразийском пространстве» 19-20 мая 2011 г. - Павлодар, Инновационный Евразийский университет, 2011 г., с. 111-113.

АННОТАЦИЯ

В магистерской диссертации на тему «Эколого-геохимическая характеристика территории г. Павлодара» рассмотрены проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, оценен уровень загрязнения снегового покрова и почв г. Павлодара, изучен геохимический состав твердых, жидких атмосферных выпадений и почв в различных районах г. Павлодара, откартированы ареалы загрязнения снегового и почвенного покровов на территории города, а также промышленных предприятий.

ANNOTATION

In the master's theses to subjects «Ekologo-heochemical feature of the territory Pavlodar city» is considered problems of the contamination surrounding ambiances heavy metal, is evaluated level of the soiling the snow cover and ground Pavlodar city, studied heochemical composition dust and fluid atmospheric fallouts and ground in different Pavlodar region mapmaking areas of the contamination snow and topsoil on territory of the city, as well as industrial enterprise.

АНДАТПА

«Павлодар қаласы аймағынның эколого-геохимиялық сипаттама» тақырыбындағы магистрлік диссертацияда қоршаған ортаны ауыр металдармен ластау мәселесі, Павлодар қаласы аймағынның жер бедерімен қар жамылымым ластау деңгейі, Павлодар облысының аудандарындағы атмосфералық жауын-шашын мен жербалшығының геохимиялық құрамы зерттеліп, қала аймағынның, соның ішінде өндірістік мекемелерде де қар жамылымымы мен жербалшығының ластану ареалының сызбанұсқалары жасалды.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В магистерской диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 17.2.4.02-81. Охрана природы. Атмосфера. «Общие требования к методам определения загрязняющих веществ»;
- ГОСТ 17.1.5.05-85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков;
- ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа;
- Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 года от 3.12.2003 года;
- Экологический кодекс РК от 09.01.2007г./Информационно-справочная система «Юрист»;
- Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве / Ревич Б.А., Саэт Ю.Е., Смирнова Р.С. (Утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90) -М.: ИМГРЭ, 1990.
- «Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами», М., 1990 г.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В магистерской диссертации использованы следующие определения, обозначения и сокращения:

Кларк концентрации - отношение содержания элемента в данной системе (горной породе, руде, минерале, почве, растении) к его кларку в земной коре.

Коэффициент концентрации - показатель кратности превышения содержаний химических элементов в точке опробования (C_i) над его средним содержанием в аналогичной природной среде на фоновом участке (C_f).

Суммарный показатель загрязнения (Z_c) - сумма превышений коэффициентов концентраций химических элементов, накапливающихся в аномалиях.

Коэффициент опасности (K_o) – отношение содержания металла в почве к предельно допустимой концентрации металла.

Коэффициент загрязнения овощных культур ($K_{загр}$), который представляет собой отношение концентрации элемента в культуре к ДОК – допустимому остаточному количеству.

Коэффициент накопления (K_n) – отношение концентрации тяжелых металлов в растениях к концентрации тяжелых металлов в почве.

ДОК - допустимое остаточное количество

Z_c - суммарный показатель загрязнения

АК - Алюминий Казахстана

ЗВ - загрязняющие вещества

ПХЗ - Павлодарский химический завод

ПНХЗ - Павлодарский нефтехимический завод

г. - город

ГОСТ - Государственный стандарт

ПДВ - Предельно-допустимый выброс

ПДК - Предельно-допустимая концентрация

СНиП - Санитарные нормы и правила

СЗЗ - Санитарно-защитная зона

ТМ - тяжелые металлы

ТПК - территориально-промышленный комплекс

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1. Тяжелые металлы в почвах и растениях	11
1.1 Тяжелые металлы, их биологическая роль	11
1.2 Техногенные источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду	17
1.3 Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях	19
1.4 Влияние техногенного загрязнения окружающей среды индустриально развитыми городами на уровень накопления тяжелых металлов в почвах и растениях	25
1.5 Формы существования тяжелых металлов в атмосфере	28
1.6 Сток тяжелых металлов из атмосферы	30
1.7 Снежный покров - как индикатор загрязнения атмосферного воздуха	33
2. Объекты и методы исследований	36
3. Характеристика района исследования	38
4. Геохимическая характеристика жидких атмосферных выпадений по данным изучения загрязнения снегового покрова	48
5. Геохимическая характеристика твердых атмосферных выпадений по данным изучения загрязнения снегового покрова	57
6. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах г. Павлодар	62
Заключение	67
Список использованных источников	70
Приложения	77

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение почв, растений и вод тяжелыми металлами в крупных городах и их окрестностях стало одной из наиболее актуальных экологических проблем. Концентрация населения, промышленных производств и транспорта породили ряд типично городских проблем, связанных прежде всего с качеством жизни и экологическим состоянием городов.

Более того, эта проблема в связи с громадным ростом масштабов человеческой деятельности перестала быть только городской, превратившись в проблему общепланетарного масштаба.

С учетом того, что не менее $\frac{3}{4}$ общего объема загрязнений, поступающих в окружающую среду, первоначально «производится» в городах и связанной с ними инфраструктуре, не трудно представить себе, какими мощными центрами загрязнения биосферы они выступают.

Город представляет собой модель крайне неустойчивой и уязвимой системы, утратившей способность к самовосстановлению, т.е. неспособной противостоять негативным экологическим факторам. Глобальные изменения природной среды (аридизация, парниковый эффект, загрязнение, кислотные дожди, деградация почв и растительности) наблюдаются, прежде всего, на урбанизированных территориях. Степень экологического риска возрастает для всех компонентов урбанэкосистем: воздуха, растительности, почвы, воды [3].

По сравнению с зональными почвами урбаноземы характеризуются нарушенностью генетических горизонтов, уплотнением, более щелочной реакцией среды, значительным снижением буферности и гумусированности, обогащены элементами питания [4].

Актуальность работы.

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.

Практическое отсутствие данных о содержании тяжелых металлов в системе снеговой покров - почва на территории г. Павлодар делает их весьма актуальными. Актуальность данных исследований подтверждена и Декларацией МОП, принятой на 15 Международном конгрессе почвоведов (г. Акапулько, Мексика) в 1994 г., согласно которой к числу приоритетных направлений отнесено изучение экологической обстановки на городских территориях. В

связи с этим необходима детальная эколого-геохимическая оценка их состояния на территории города с использованием геохимических методов.

Целью работы явилась оценка эколого-геохимического состояния территории г. Павлодара по данным изучения снегового покрова и валовых форм соединений тяжелых металлов в почвах на территории г. Павлодар.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие основные задачи исследования:

- определить основные загрязняющие компоненты снегового покрова г. Павлодара;
- исследовать валовое содержание тяжелых металлов в почвах;
- составить карты-схемы валового содержания тяжелых металлов в снеговом и почвенном покровах;
- дать комплексную оценку эколого-геохимической ситуации территории г. Павлодара.

Объект исследований

Снеговой покров и почвы г. Павлодара.

Научная новизна работы

Впервые оценен уровень накопления химических элементов в снеговом и почвенном покровах на территории г. Павлодара.

Практическое значение

Изучен геохимический состав пылевых и жидких атмосферных выпадений и почв в различных районах г. Павлодара. Откартированы ареалы загрязнения снегового и почвенного покровов на территории города, а также промышленных предприятий.

Карты-схемы содержания химических элементов в снеговом и почвенном покровах найдут применение при эколого-биогеохимической оценке исследуемого региона.

Результаты работы использованы в учебном процессе при проведении занятий для студентов специальностей: «Экология», «Биология», «Химия» по дисциплинам «Химическая экология», «Геохимия окружающей среды», «Охрана окружающей среды».

1. Тяжелые металлы в окружающей среде

1.1 Тяжелые металлы, их биологическая роль

Химическое воздействие человека на биосферу в настоящее время носит глобальный характер, в связи, с чем весьма актуальным стали вопросы локального, регионального и глобального загрязнения биосферы многими токсичными при высокой концентрации веществами, в том числе тяжелыми металлами. Все возрастающий «металлический пресс» на биосферу становится, таким образом, постоянно действующим экологическим фактором.

Тяжелые металлы – это группа химических элементов с относительной атомной массой более 40. Появление в литературе термина «тяжелые металлы» было связано с проявлением токсичности некоторых металлов и их опасности для живых организмов. В группу «тяжелых» вошли и некоторые микроэлементы, жизненная необходимость и широкий спектр биологического действия некоторых неопровержимо доказаны [5 - 11].

Функции живого организма нераздельно связаны с химизмом земной коры и должны изучаться в тесной связи с последним [12 - 15]. По мнению А.П. Виноградова (1957), количественное содержание того или иного элемента в организме определяется его концентрацией во внешней среде, а также свойствами самого элемента, с учетом его соединений.

В последние годы все сильнее подтверждается важная биологическая роль большинства металлов. Многочисленными исследованиями установлено, что влияние металлов весьма разнообразно и зависит от содержания в окружающей среде и степени нуждаемости в них микроорганизмов, растений, животных и человека.

Фитотоксичное действие тяжелых металлов проявляется при высоком уровне загрязнения ими почв и во многом зависит от свойств и особенностей поведения конкретного металла. Но в природе ионы металлов редко встречаются изолированно друг от друга, поэтому разнообразные комбинативные сочетания и концентрации разных металлов в среде приводят к изменениям свойств отдельных элементов в результате их синергического или антагонистического воздействия на живые организмы. Смесь цинка и меди в пять раз токсичнее, чем арифметически полученная сумма их токсичности, что обусловлено синергизмом при совместном влиянии этих элементов. Хотя существуют наборы металлов, совместное действие которых проявляется аддитивно. Ярким примером являются цинк и кадмий, проявляющие взаимный физиологический антагонизм [16].

Влияние тяжелых металлов на живые организмы весьма разнообразно. Это обусловлено, во-первых, химическими особенностями металлов, во-вторых, отношением к ним организмов и, в-третьих, условиями окружающей среды [9, 16 - 17].

Влияние токсичных концентраций тяжелых металлов на растения приведено в таблице 1, а на здоровье человека и животных – в таблице 2.

Таблица 1 - Влияние токсичных концентраций некоторых тяжелых металлов на растения

Элемент	Концентрация почвы, мг/кг	Реакция растений на повышенные концентрации тяжелых металлов
Pb	100 - 500	Ингибирование дыхания и подавление процесса фотосинтеза, увеличение содержания кадмия и уменьшение поступления цинка, кальция, фосфора, серы, понижение урожайности, ухудшение качества растениеводческой продукции. Внешние симптомы – появление темно-зеленых листьев, скручивание старых листьев, чахлая листва.
Cd	1 - 13	Нарушение активности ферментов, процессов транспирации и фиксации CO ₂ , торможение фотосинтеза, ингибирование биологического восстановления NO ₂ до NO, затруднение поступления и метаболизма в растениях ряда элементов питания. Внешние симптомы – задержка роста, повреждение корневой системы, хлороз листьев.
Zn	140 - 250	Хлороз молодых листьев
Cr	200 - 500	Ухудшение роста и развития растений, увядание надземной части, повреждение корневой системы, хлороз молодых листьев, резкое снижение содержания в растениях большинства незаменимых макро- и микроэлементов (K, P, Fe, Mn, Cu, B и др.)
Ni	30 - 100*	Подавление процессов фотосинтеза и транспирации, появление признаков хлороза
* - подвижная форма, по данным 18 - 20		

Таблица 2 - Влияние загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами на здоровье человека и животных [14, 21 - 24]

Элемент	Характерные заболевания при высоких концентрациях тяжелых металлов в организме
1	2
Pb	Повышение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, рост общей заболеваемости, изменения в легких детей, поражения органов кроветворения, нервной и сердечно-сосудистой системы, печени, почек, нарушения течения беременности, родов, менструального цикла, мертворождаемости, врожденных уродств. Угнетение активности многих ферментов, нарушение процессов метаболизма.
Cd	Нарушения функций почек, ингибирование синтеза ДНК, белков и нуклеиновых кислот, понижение активности ферментов, замедление поступления и обмена других микроэлементов (Zn, Cu, Se, Fe), что может вызвать их дефицит в организме.
Zn	Изменение морфологического состава крови, злокачественные образования, лучевые болезни; у животных – уменьшение прироста живой массы, депрессия в поведении, возможность аборт.

Продолжение таблицы 2

1	2
Cr	Изменение иммунологической реакции организма, снижение репаративных процессов в клетках, ингибирование ферментов, поражение печени.
Cu	Увеличение смертности от рака органов дыхания
Ni	Нарушения синтеза белка, РНК и ДНК, развитие выраженных повреждений во многих органах и тканях.

Биологическая активность металлов связана, с их способностью повреждать клеточные мембраны, повышать проницаемость барьеров, связываться с белками, блокировать многие ферментные системы, что приводит к повреждениям организма. Попад в живую клетку, соединение металла первоначально осуществляет некоторую простейшую химическую реакцию, за которой затем следует каскадный отклик все более сложных взаимодействий биологических молекул и ансамблей [27].

Целый ряд металлов включен в различные процессы метаболизма. Эти металлы являются жизненно важными для живых организмов. Так, например, железо и медь - переносчики кислорода в организме, натрий и калий регулируют клеточное осмотическое давление, магний и кальций (и некоторые другие металлы) активизируют энзимы - биологические катализаторы.

Некоторые металлы оказались крайне нежелательными для живых организмов, и небольшие избыточные дозы их оказывают фатальное воздействие [28].

Выбросы свинца в окружающую среду в результате деятельности человека весьма значительны. Основными источниками загрязнения биосферы этим элементом являются: выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания высокотемпературные технологические процессы. Свинец характеризуется широким спектром вызываемых им токсических эффектов на различных представителей биоты. Механизм его действия обусловлен ингибированием ферментов, детоксикации ксенобиотиков и таким образом воздействие свинца приводит к биохимическим сдвигам.

В картине свинцового отравления можно выделить ряд клинических синдромов: изменения со стороны нервной системы, изменения системы крови, эндокринные и обменные нарушения, изменения со стороны желудочно-кишечного тракта, изменения со стороны сердечнососудистой системы, нарушения функции почек.

Особо следует отметить, что маленькие дети значительно легче, чем взрослые аккумулируют свинец и потому относятся к группе высокого риска в отношении свинцовых интоксикаций.

Опасность свинца для человека определяется его значительной токсичностью и способностью накапливаться в организме. Свинец и его соединения являются политропными ядами и вызывают, в основном, изменения нервной и сердечно-сосудистой систем, а также нарушения ферментативных реакций, витаминного обмена, снижают иммунобиологическую активность человека. У людей имеющих профессиональный контакт с данным металлом, свинец вызывает обширные патологические изменения в нервной системе, крови сосудах, активно влияет на синтез белка, энергетический обмен клетки и ее генетический аппарат.

В соответствии с общей схемой влияния свинец поступает в окружающую среду от автотранспорта, предприятий производящих цветные металлы, аккумуляторы, кабели, краски, от полиграфии, паяльных работ. В организм человека - из атмосферного воздуха, почвы, воды, от различных изделий окрашенных свинец содержащими красками, от посуды.

Проникновение свинца в организм человека происходит преимущественно с продуктами питания – около 40-85%, (незначительно отличающимся по различным возрастным группам), а также при случайном попадании в пищевод кусочков свинецсодержащей краски или загрязненной свинцом почвы.

Проникновение свинца в организм с питьевой водой - 2-3% связано с использованием свинцовых труб в сети водоснабжения, с широким использованием красок на основе свинца.

С атмосферным воздухом поступает незначительное количество свинца - всего 1-2%, но при этом большая часть свинца абсорбируется в организме человека. Источником является автотранспорт, работающий на этилированном бензине.

Прямое поступление свинца в организм с почвой и пылью оценивается 10-12%. При этом загрязнения почвы более опасно, чем загрязнения воздуха, поскольку попадание свинца на руки и затем в пищеварительный тракт причиняет больший вред, чем вдыхание загрязненного им воздуха.

Выбросы ртути в окружающую среду в результате деятельности человека весьма значительны. Общая (природная и антропогенная) эмиссия ртути в атмосферу составляет свыше 6000 тонн ежегодно, причем менее половины - 2500 т составляют поступления от естественных источников.

Ртуть обладает широким спектром токсических эффектов на теплостовых. Механизм ее действия обусловлен блокадой аминных, сульфгидрильных и других активных групп молекул белка. Она способна включаться в транспортную РНК, нарушая тем самым биосинтез белков. Воздействие ртути приводит к биохимическим сдвигам, в частности к нарушению окислительного фосфорилирования в митохондриях почек и печени. Особо чувствительными к действию ртути являются эмбрионы.

Выбросы кадмия в воздушную среду ежегодно составляют около 9000 тонн, причем 7700 тонн (т.е. более 85%) - в результате деятельности человека. Основными источниками загрязнения окружающей среды этим элементом являются: производство цветных металлов, сжигание твердых отходов, угля, производство минеральных удобрений, красителей и т.д.

В организме кадмий может легко взаимодействовать с другими металлами, особенно с кальцием и цинком, что влияет на выраженность его воздействий. Кадмий способен замещать кальций, нарушая тем самым физиологические процессы регуляции поглощения кальция. Установлено, что токсическому действию кадмия наиболее подвержены водные организмы в эмбриональной стадии развития. Исследования на рыбах, показали действие соединений кадмия, выражающееся в разнообразных спинальных уродствах. Эпидемиологические данные указывают на чрезвычайную опасность кадмия для человека. В связи с тем, что этот элемент весьма медленно выводится из человеческого организма (0,1% в сутки), отравление кадмием может принимать хроническую форму. Ее симптомы - поражение почек, нервной системы, легких, нарушение функций половых органов, боли в костях скелета.

Согласно данным Института продуктов питания Австрии не ртуть и не свинец, а именно кадмий является самым опасным тяжелым металлом.

Выбросы хрома в окружающую среду происходит как из естественных источников, так и, в результате антропогенной деятельности. Содержание аэрозолей, в состав которых входит хром, в зоне заводов по выплавке хромистых сталей достигает 1 мг/куб. м (фоновое, содержание мг/куб. м). Частицы этих аэрозолей с ветром разносятся на большие расстояния и выпадают на поверхность Земли с атмосферными осадками.

При воздействии на людей выделяют легочную и желудочную формы интоксикации. Отмечаются различные дерматиты, аллергические реакции, раздражение верхних дыхательных путей. Многочисленными эпидемиологическими исследованиями установлено, что у людей, профессионально контактирующих с хроматами чрезвычайно высока частота бронхогенного рака. Это позволило экспертам отнести хром и его соединения к группе 1 канцерогенного риска для человека.

Выбросы мышьяка в окружающую среду в результате антропогенной деятельности связаны, в основном, с добычей и переработкой мышьяка содержащих руд, пиррометаллургией, сжиганием природных видов топлива - каменного угля, сланцев, нефти, торфа, а также производством и использованием суперфосфатов, содержащих мышьяк ядохимикатов, различных препаратов и антисептиков. В естественных условиях, мышьяк в виде разнообразных соединений поступает в атмосферу с извержением вулканов.

Что касается диоксида серы, то переносу диоксида серы на дальние расстояния способствует строительство высоких дымовых труб. Это возможно и снижает степень локального загрязнения, но увеличивает время пребывания в воздушной среде и степень его превращения в серную кислоту и в сульфаты.

Таким образом, сернистый газ в сочетании с парами воды (туман) является главным компонентом так называемого сернистого смога (смог лондонского типа).

Кислотные дожди. В результате антропогенного загрязнения атмосферы сернистым газом и оксидами азота, происходит образование серной и азотной кислот, выпадающих на Землю вместе с осадками. Кислотность (рН) обычной дождевой воды за счет частичного растворения во влаге углекислого газа равна 5,6. Но известны случаи выпадения кислых дождей с рН = 2,3 (кислотность лимонного сока). Такие осадки наносят существенный ущерб качеству воды в природных водоемах, качеству почвы, приводят к разрушению изделий из металлов, архитектурных сооружений, мрамора и бетона.

Ежегодно с осадками выпадают миллионы тонн кислот, что ведет к радикальному изменению химии природной среды. Частицы сульфатов размером 0,1-1 мкм, присутствующие в атмосфере, рассеивают свет, ухудшая видимость, что отрицательно воздействует на организм человека.

Из атмосферы в почву тяжелые металлы попадают чаще всего в форме оксидов, где постепенно растворяются, переходя в гидроксиды, карбонаты или в форму обменных катионов.

Если почва прочно связывает тяжелые металлы (богатые гумусом тяжелосуглинистые и глинистые почвы), тем самым, предохраняя от загрязнения грунтовые воды и растительную продукцию, она сама постепенно становится все более загрязненной, что может привести к разрушению органического вещества с выбросом тяжелых металлов в почвенный раствор. В итоге такая почва окажется непригодной для сельскохозяйственного использования [35].

Почвы песчаные, малогумусные устойчивы против загрязнения, за счет того, что они слабо связывают тяжелые металлы, легко отдают их растениям или пропускают их с фильтрующимися водами. Таким образом происходит загрязнение растений и подземных вод [37].

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. Почва является основной средой, в которую попадают тяжелые металлы, в том числе из атмосферы и водной среды. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха и вод. Из почвы тяжелые металлы усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу более высокоорганизованным животным.

Необходимо отметить, что гигиеническое состояние почвы ухудшается, хотя способность почвы к самоочищению является основным гигиеническим требованием для сохранения биологического равновесия. Почва уже не в состоянии справиться без помощи человека с загрязнениями [36, 38, 39, 40].

Биологическая активность тяжелых металлов выводит данную группу загрязнителей на приоритетное место в мониторинговых исследованиях окружающей среды. Физиологическое действие тяжелых металлов на организм человека и животных различно и зависит от природы металла, типа соединения,

в котором он существует в природной среде, а также интервалом концентраций, при которых возможна нормальная реакция обменных процессов.

1.2 Техногенные источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду

В последние десятилетия в процессы миграции тяжелых металлов в природной среде интенсивно включилась антропогенная деятельность человечества. Количества химических элементов, поступающих в окружающую среду в результате техногенеза, в ряде случаев значительно превосходят уровень их естественного поступления. Глобальные выделения свинца из природных источников в год составляет 12 тыс. т., а антропогенная эмиссия – 332 тыс. т. [25]. Включаясь в природные циклы миграции, антропогенные потоки приводят к быстрому распространению загрязняющих веществ в природных компонентах городского ландшафта, где неизбежно их взаимодействие с человеком. Объемы поллютантов, содержащих тяжелые металлы, ежегодно возрастают и наносят ущерб природной среде, подрывают существующее экологическое равновесие и негативно сказываются на здоровье людей.

Ведущим путем антропогенного поступления тяжелых металлов в окружающую среду является атмосферный. Дальность распространения и уровни загрязнения атмосферы зависят от мощности источника, условий выбросов и метеорологических параметров. С удалением от источников загрязнения происходит рассеивание примесей, вследствие чего зона их интенсивного воздействия, в которой имеет место превышение ПДК, сравнительно невелика. Тем не менее, заметные содержания тяжелых металлов фиксируются в снежном покрове всех регионов Земли.

Основными источниками антропогенного поступления тяжелых металлов на земную поверхность являются: сжигание жидкого и твердого топлива; промышленное производство; сбрасывание сточных вод, содержащих металлы; внесение в почву средств химизации. Наиболее мощные ореолы тяжелых металлов возникают вокруг предприятий черной и особенно цветной металлургии в результате атмосферных выбросов [20, 26 - 31]. В результате работы металлургических предприятий на поверхность земли ежегодно поступает не менее 121500 т. цинка, 89000 т. свинца, 1860 т. кадмия, 154858 т. меди, 12090 т. никеля [6].

Фазовый состав элементов в газопылевых выбросах предприятий цветной металлургии довольно однотипен: он представлен преимущественно оксидами. Количество сульфидов и водорастворимых фракций сравнительно невелико. Данные приведены далее в таблице 3.

Таблица 3 - Фазовый состав соединений тяжелых металлов в пыли, взятой с фильтров тонкой очистки свинцового завода [32]

Форма соединений	Цинк		Свинец		Кадмий	
	мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
Общее содержание ТМ	232	100	335	100	21,6	100
Оксидов	200	86,2	295	88	15,4	71,3
Сульфидов	18	7,8	29	8,7	0,4	1,8
Водорастворимой фракции	3	1,3	0	0	5,8	26,9
Остаток	11	4,7	11	3,3	0	0

Вследствие сжигания угля и нефти поступает ежегодно 3600 т свинца, 7000 т цинка, 87 т кадмия, 1600 т ртути [33].

Летучая зола всех видов топлива обогащена ТМ. Особенно высокие их концентрации (мг/кг) характерны для золы мазута (свинца – до 12697, никеля – до 2356, цинка – до 2930).

С выхлопными газами автотранспорта на поверхность Земли попадает по разным оценкам от 180 тыс. т до 260 тыс. т свинца, что почти в три раза превосходит количество этого элемента, поступающего в почву за счет выбросов металлургических предприятий [34]. Так, добавление свинца в бензин в качестве антидетонационных добавок приводит к тому, что при сгорании 1 л бензина в воздух попадает 200-300 мг свинца [35].

В таблице 4 представлены данные по выбросам свинца в атмосферу автотранспортом различных стран мира.

Таблица 4 - Выбросы свинца автотранспортом в атмосферу [17]

Страна	Выбросы свинца автотранспортом		Страна	Выбросы свинца автотранспортом	
	т в год	на 1 жителя		т в год	на 1 жителя
Армения		<1	Узбекистан	481	21,4
Болгария	160	16,2	Грузия	19	25,0
Румыния	375	16,6	Эстония	40	26,7
Турция		16,9	Литва	10	2,7
Хорватия	258	53,9	Беларусь	9,3	0,9
Греция	307	29,8	Нидерланды		3,2
Польша	400	10,4	Украина	85	16,6
Россия	4000	27,0	Казахстан		23,0

Среди наиболее активных источников поступления тяжелых металлов – крупные индустриально развитые города. Металлы сравнительно быстро накапливаются в почвах городов и крайне медленно из них выводятся: период полуудаления цинка – до 500 лет, кадмия – до 1100 лет, меди – до 1500 лет, свинца – до нескольких тысяч лет [36].

1.3 Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях

Геохимическое состояние почвенного покрова крупных промышленных центров и прилегающих к ним территорий в значительной степени связано с производственной и бытовой деятельностью населения.

Почва – основное стартовое звено пищевой цепочки, в которой формируется поток минеральных компонентов, поглощаемых растениями, животными и человеком.

Около 90% минеральных веществ, в том числе микроэлементов, поступает в организм человека и животных с пищей, на долю воды приходится 9 %, воздуха – менее 1%. С растительной пищей человек получает 60 – 80% необходимой нормы микроэлементов, животные – до 90% [37]. Таким образом, от химического состава растительной продукции во многом зависит здоровье человека и животных. Многие заболевания часто являются следствием нарушения движения химических элементов по пищевой цепи.

Содержание тяжелых металлов в почвах зависит, как установлено многими исследователями, от состава исходных горных пород, значительное разнообразие которых связано со сложной геологической историей развития территорий [38 - 39]. Химический состав почвообразующих пород, представленный продуктами выветривания горных пород, предопределен химическим составом исходных горных пород и зависит от условий гипергенного преобразования. Важную роль играет климат, в особенности количество осадков, которое регулирует интенсивность растительности и процессы почвообразования.

Являясь неотъемлемой частью любого наземного биогеоценоза и биосферы в целом, почва выполняет ряд глобальных биосферных, обеспечивающих стабильность биосферы и саму возможность существования жизни на Земле, так и экосистемных (биогеоценологических), в число которых входят функции аккумуляции и трансформации веществ и энергии биогеоценозов, источника элементов питания и энергии, санитарная, буферного и защитного биогеоценологического экрана, регуляции состава и структуры биоценозов [38, 40 - 44]. Все главные миграционные циклы металлов в биосфере (водные, атмосферные, биологические) начинаются в почве, так как именно в ней происходит мобилизация основной массы металлов в ходе процессов гипергенеза и образование их миграционных форм.

Внешние факторы миграции тяжелых металлов в почвах и почвообразующих породах обусловлены совокупным набором многообразных экологических и эколого-химических факторов окружающей среды. В их число в первую очередь входят такие показатели, как химический, физико-химический и гранулометрический состав материнских пород, концентрация водородных ионов (pH) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh) почвенного раствора, количество и разнообразие органических веществ почвы, способность органических компонентов почвы к химическому воздействию с ТМ, химический состав глинистых минералов, гранулометрические и

денсиметрические параметры почвы, влажность и газовый состав почвенного воздуха и его приземного слоя, водно-промывной и испарительный режимы почв [40, 45 - 48].

Особенно прочно фиксируют тяжелые металлы верхние гумуссодержащие горизонты, то есть наиболее плодородный слой.

Концентрация химических элементов в почве играет определенную роль в их экологической квалификации.

Присутствующие в почвах тяжелые металлы и другие химические элементы кроме непосредственного токсикологического влияния на условия жизни живых организмов существенно воздействуют на кинетику и направления физико-химических процессов, протекающих с их участием в биосфере.

В составе растительности суши 0,16% растительной массы в пересчете на сухое вещество образуют около 70 химических элементов. Перечень тяжелых металлов во многом совпадает с набором микроэлементов. Средняя концентрация элементов в таблице 5.

Таблица 5 - Кларки тяжелых металлов в растительности суши [49]

Средняя концентрация элементов, мг/кг сух. в-ва								
Mn	Fe	Zn	Sr	Cu	Ni	Pb	Co	Cd
205,0	200,0	30,0	35,0	8,0	2,0	1,25	0,5	0,035

О «нормальном» содержании почти всех имеющих важное экологическое значение тяжелых металлов в растениях (на примере их листьев) можно судить по данным таблицы 6.

Таблица 6 - Примерная концентрация химических элементов в зрелых тканях листьев, мг/кг сухой массы [18]

Элемент	Достаточная или нормальная	Избыточная или токсичная
1	2	3
Ag	0,5	5 - 10
As	1 - 1,7	5 - 20
B	10 - 200	50 - 200
Ba	-	500
Be	<1 - 7	10 - 50
Cd	0,05 - 0,2	5 - 30
Co	0,02 - 1	15 - 50
Cr	0,1 - 0,5	5 - 30
Cu	5 - 30	20 - 100
F	5 - 30	50 - 500
Hg	-	1 - 3
Li	3	5 - 50
Mn	20 - 300	300 - 500
Mo	0,2 - 1	10 - 50
Ni	0,1 - 5	10 - 100
Pb	5 - 10	30 - 300
Se	0,01 - 2	5 - 30

Продолжение таблицы 6		
1	2	3
Sn	-	60
Sb	7 - 50	150
Ti	-	50 - 200
Tl	-	20
V	0,2 - 1,5	5 - 10
Zn	27 - 150	100 - 400
Zr	-	15

Химический состав растений отражает элементный состав почв. Поэтому избыточное накопление тяжелых металлов растениями обусловлено их высокими концентрациями в почвах. В своей жизнедеятельности растения контактируют только с доступными формами тяжелых металлов, количество которых тесно связано с буферностью почв. Хотя способность почв связывать и инактивировать тяжелые металлы имеет свои пределы. Когда они уже не справляются с поступающим потоком металлов, важное значение приобретает наличие у самих растений физиолого-биохимических механизмов, препятствующих их поступлению.

О природе защитных приспособлений высказываются различные предположения. В обзоре Дж. Антоновича с соавторами [50] указано на 12 возможных откликов на присутствие в проводящей системе избыточных ионов их можно рассмотреть в приведенной ниже таблице 7.

Таблица 7 - Защитные приспособления растений по отношению к тяжелым металлам

Внешние	Внутренние
1	2
1. Металл находится в нерастворимой воде форме, при наличии же хорошо растворимой формы осуществляется быстрое разбавление концентрации за счет окружающей влаги. 2. Количество свободно диффундирующих ионов металла мало по сравнению с его валовым содержанием. 3. Недостаточная подвижность тяжелых металлов при определенных условиях.	1. Избирательное поглощение ионов. 2. Ограничение влияния ионов металла на метаболизм путем их переноса в вакуоль. 3. Ограничение влияния ионов металла на метаболизм путем перекачки их из клетки. 4. Ограничение влияния ионов металла на метаболизм путем перевода их в безвредную форму. 5. Экскреция – вывод тяжелого металла в «орган хранения». 6. Увеличение потребности ферментных систем в ионах металла 7. Альтернативные метаболические реакции. 8. Увеличение концентрации метаболитов, которые противодействуют ингибитору. 9. Увеличение концентрации ингибируемого фермента. 10. Сокращение потребности в продуктах ингибируемой системы.

Продолжение таблицы 7

1	2
	11. Образование изоферментов с меньшим сродством к ингибитору или увеличенным относительным сродством к субстрату. 12. Изменения в протоплазме с сохранением функции фермента даже при замене физиологически нужных металлов токсичными.

Значительную роль в сохранении экологической чистоты органов запасаания ассимилятов играет и то обстоятельство, что в эти органы углеводы, белки и жиры поступают по флоэме, существенно изолированной от проводящих клеток ксилемы, принимающих восходящий поток минеральных веществ.

Механизмы устойчивости растений к избытку тяжелых металлов могут осуществляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие концентрации тяжелых металлов, но проявлять к ним толерантность; другие стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций. Для большинства растений первым барьерным уровнем являются корни, где задерживается наибольшее количество тяжелых металлов, следующий – стебли и листья и, наконец, последний – органы и части растений, отвечающие за воспроизводительные функции (чаще всего семена и плоды, а также корне- и клубнеплоды и др.) [5, 10, 37, 51 - 54]. Уровень накопления тяжелых металлов разными растениями в зависимости от их генетических и видовых особенностей при одинаковом содержании тяжелых металлов в почвах представлено в таблице 8.

Таблица 8 - Содержание свинца и цинка в огородных культурах, выращенных на техногенно загрязненной почве, мг/кг сырой массы [37]

Культура (орган растения)	Zn	Pb
Томат (плод)	2,2	0,08
Капуста белокочанная (кочан)	3,6	0,11
Картофель (клубень)	6,1	0,15
Морковь (корнеплод)	8,5	0,21
Свекла (корнеплод)	14,8	0,28
ДОК [29]	10	0,50

Однако не всегда эти закономерности повторяются, что, вероятно, связано с условиями произрастания растений и их генетической спецификой. Даже у одного вида растений диапазон концентраций тяжелых металлов довольно широк, можно рассмотреть в таблице 9. Это обусловлено, по-видимому, присущим всем живым организмам внутривидовым полиморфизмом, способным проявить себя и при техногенном загрязнении окружающей среды [55].

Таблица 9 - Возможный диапазон концентраций тяжелых металлов в листьях древесных пород городских ландшафтов (мг/кг сух. в-ва)

	Mn	Cu	Ni	Co	Zn	Pb	Sr	Fe
Тополь								
Максимум	200	14,6	4,93	1,35	223	16,9	282	958
Минимум	22	2,44	1,0	0,4	23,7	0,9	40	70
Липа								
Максимум	584	26,1	9,3	17,9	87	122	91	1800
Минимум	6,0	0,9	0,5	0,09	7,5	0,25	29	23

По мнению А.П. Виноградова [56], все химические элементы в той или иной степени участвуют в жизнедеятельности растений, и если многие из них не считаются физиологически значимыми, то только потому, что для этого пока нет доказательств. Поступая в растения в небольшом количестве и становясь в них составной частью или активаторами ферментов, микроэлементы выполняют сервисные функции в процессах метаболизма. Когда же в среду непривычно высокие концентрации элементов, они становятся токсичными для растений. Проникновение ТМ в ткани растений в избыточном количестве приводит к нарушению нормальной работы их органов, и это нарушение будет тем сильнее, чем больше избыток токсикантов. Продуктивность при этом падает.

Биоаккумуляция элементов имеет определенную тенденцию, позволяющую упорядочить их в несколько групп:

- 1) Cd, Cs, Rb – элементы интенсивного накопления;
- 2) Zn, Mo, Cu, Pb, As, Co – средней степени поглощения;
- 3) Mn, Ni, Cr – слабого поглощения;
- 4) Se, Fe, Ba, Te – элементы, труднодоступные растениям [9 - 11].

По мере роста растений элементы перераспределяются по их органам. При этом для меди и цинка устанавливается следующая закономерность в их содержании: корни > зерно > солома. Для свинца, кадмия и стронция она имеет другой вид: корни > солома > зерно [10, 55]. Работа защитных механизмов корневой системы и надземных вегетативных органов способствует уменьшению потока избыточных ионов в органы запасаания ассимилятов (плоды, корне- и клубнеплоды, кочаны, луковицы и т.д.), представляющих основу растительной продукции. Главная нагрузка выпадает на долю корневой системы, которой удается задержать (нейтрализовать) значительную часть тяжелых металлов.

Такие особенности распределения в общих чертах свойственны, по-видимому, всем химическим элементам. Однако, было установлено, что Tl, Cu, отчасти Co [57] значительно легче, чем остальные, поступают из корней в надземные органы, в том числе в товарную часть сельскохозяйственных культур. Высказывалось предположение, что это происходит из-за неспособности растительных клеток «отличить», например, ионы токсичного таллия от ионов калия [57] – одного из основных элементов минерального

питания, который в силу своих физиологических функций должен свободно поступать во все ткани.

Для древесной растительности характерно наиболее высокое содержание металлов в листьях и тонких ветвях, меньшее в корнях и в коре, минимальное в древесине. В некоторых случаях контрастность распределения по органам и тканям растений увеличивается параллельно с возрастанием содержания элемента в окружающей среде [58].

Особенности накопления тяжелых металлов растениями характеризуются следующими показателями: концентрациями элементов, интенсивностью их биологического поглощения, рядами накопления. На значения данных показателей существенное влияние оказывают физиологические факторы – фаза вегетации, изучаемый орган растения, а также систематическое положение – семейство, род, вид растения.

По данным Панина М.С. и Гельдымамедовой Э.А., диапазон содержания тяжелых металлов в овощных культурах, выращенных на почвах г. Павлодар колеблется в широких пределах – от близких к естественному до превышающих гигиеническую норму [104-108].

Содержание цинка в овощах и картофеле колеблется от 1,2 до 59,3 мг/кг сырой массы, меди – 1,2-39,5, свинца – 0,10-3,82, кадмия – 0,01-0,42, никеля – 0,02-0,72, хрома – 0,01-0,56, кобальта – 0,01-0,56, марганца – 0,3-28,1.

По величине средней концентрации, исследуемые овощные культуры располагаются в следующий убывающий ряд:

Zn свекла>картофель>лук>морковь>капуста>томаты>огурцы;

Cu - свекла>картофель>томаты>лук>морковь>огурцы>капуста;

Pb - огурцы>картофель>свекла>морковь>лук>капуста>томаты;

Cd - свекла>картофель>морковь>лук>огурцы>капуста=томаты.

Среднее содержание ТМ в овощных культурах было выше фоновых концентраций. Содержание кадмия в овощных культурах превышало фоновый уровень в 2-6 раз, свинца в 1,4-2,9, цинка в 1,5-2,2, меди в 1,4-2,0, никеля в 1,9-4,5, хрома в 2,2-3,0, кобальта в 2,4-4,0, марганца в 1,4-2,5 раза (таблица 10).

В наибольшей степени загрязнены овощные культуры, выращенные на садовых участках, прилегающих к промышленным предприятиям и ТЭЦ. Максимальные концентрации тяжелых металлов характерны для овощных культур, выращенных на садовых участках, прилегающих к северной промзоне. В данной зоне сосредоточены крупные промышленные предприятия города и ТЭЦ.

Таким образом, исследования Панина М.С. и Гельдымамедовой Э.А. показали, что огородная продукция, выращенная на участках, расположенных вблизи промышленных предприятий и ТЭЦ, по санитарно-гигиеническим нормам оказалась недоброкачественной. Использование в пищу в течение многих лет выращиваемых в местных условиях сельскохозяйственных культур, содержащих опасное количество тяжелых металлов, чревато негативными последствиями для здоровья людей вследствие их постепенной аккумуляции в организме.

1.4 Влияние техногенного загрязнения окружающей среды индустриально развитыми городами на уровень накопления тяжелых металлов в почвах и растениях

В последние десятилетия основными объектами биогеохимических исследований стали территории промышленных городов и прилегающих к ним земель [26 - 27, 59 - 62], особенно если на них выращиваются, а затем используют в пищу сельскохозяйственные растения [18 - 19, 35, 63, 64].

Во многих городах мира высокие темпы загрязнения тяжелых металлов привели к нарушению основных агроэкологических функций почв [54, 65]. Выращивание сельскохозяйственных растений, используемых в пищу вблизи этих территорий, потенциально опасно, поскольку культурами накапливаются избыточные количества тяжелых металлов, способные приводить к различным заболеваниям человека и животных.

Содержание тяжелых металлов в почвах садов и огородов различных городов представлено в таблице 10.

Загрязнение почвенного покрова чаще всего происходит за счет их атмосферных выбросов. Попадая в почву, тяжелые металлы и другие химические элементы в основном закрепляются в ней. Их содержание, которое мы фиксируем в данный момент, есть результат накопления за годы работы местной промышленности и автотранспорта.

Исследования в разных городах мира показали, что техногенное загрязнение почвенного покрова имеет мозаичный характер, что определяется многими причинами. Микромозаичность возникает вследствие всевозможных локальных событий. Основные, большие по площади, ореолы создают крупные предприятия – продуценты не только тяжелых металлов, но и многих других химических элементов, доленое присутствие которых в атмосферных выбросах значительно. Это обстоятельство ранее не всегда учитывалось, отчего некоторая часть социально-значимых территорий (парки, спортивные площадки, садовые общества) оказались в зоне повышенного загрязнения тяжелыми металлами.

Таблица 10 - Содержание тяжелых металлов в почвах городов различных по степени загрязнения территорий, мг/кг

Элемент	(Курск. обл.) Чернозем	г. Москва	г. Новосибирск	г. Семипалатинск	Города США и Великобритании	г. Улан-Удэ	ПДК	Уровень содержания и загрязнения				
								ОДК	низкий	средний	высокий	очень высокий
Pb	8	108	8 - 130	39 - 359	218 - 15240	50	30	32 - 130	130 - 150	150 - 500	500 - 1000	>1000
Cd	0,1	1,54	0,03 - 0,72	0,5 - 10,4	0,1 - 3,7	<1	0,5	0,5 - 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 5,0	5,0 - 10,0	>10

Продолжение таблицы 10												
Zn	56	426	79 - 440	68 - 738	20 - 1200	80	100	55 - 220	220 - 300	300 - 500	500 - 1000	>1000
Cu	25	90	24 - 220	28 - 190	3 - 140	20	55	33 - 132	132 - 150	150 - 250	250 - 500	>500
Cr	83	81	29 - 380	39 - 278	-	50	100	-	-	-	-	-
Ni	32	27	26 - 65	13 - 42	-	20	85	20 - 80	80 - 150	150 - 300	300 - 600	>600
Примечание: Таблица составлена с использованием данных [18, 37, 66 - 68].												

Многие исследователи, занимающиеся вопросами загрязнения городских почв, неоднократно подчеркивали, что в реальных условиях крупного города накопление химических элементов в почвах отличается большой сложностью и находится в тесной зависимости не только от степени воздействия промышленных, транспортных и коммунально-бытовых эмиссий, но и еще от целого ряда факторов, среди которых – химические и физико-химические свойства самих почв (рН, содержание гумуса, засоленность, карбонатность и т.д.), степень их деградации, городской рельеф, этажность застройки, особенность воздушной циркуляции [31, 37].

Экологические критерии для оценки загрязнения почвы тяжелыми металлами в условиях города призваны опосредованно свидетельствовать о степени опасности для здоровья человека атмосферной пыли, богатой техногенными поллютантами, и растительной продукции, полученной на загрязненной территории. С помощью критериев осуществляется дифференциация почвенного покрова по величине возможного потока тяжелых металлов в организм городского жителя. Согласно данным [31, 37, 69], в зоне техногенного загрязнения на долю местной растительной пищи приходится от 40% до 80%, на долю воздуха – от 10% до 40% от общего поступления тяжелых металлов в организм человека.

По мнению ряда авторов [32, 53, 70] степень загрязнения почв тяжелыми металлами правильнее оценивать по содержанию наиболее биодоступных мобильных форм.

Делать выводы о возможных механизмах трансформации техногенных форм ТМ можно только детально изучив наличие разных форм ТМ, отличающихся как по подвижности и биологической доступности, так и по механизмам их закрепления в почве.

Обобщая разнообразные методы выделения, можно называть следующие формы соединений ТМ, выделяемых из почвы:

- переходящие в водную вытяжку;
- обменные катионы;
- непрочно специфически сорбированные различными почвенными компонентами;
- труднорастворимые соединения;

- связанные с органическим веществом;
- связанные с оксидами и гидроксидами железа и марганца;
- связанные с алюмосиликатами [71].

Количество водорастворимой формы в незагрязненных почвах ничтожно мало и не всегда поддается определению. Совсем немного содержится и обменной формы, хотя учет ее вполне возможен. Определение остальных форм не представляет трудностей, поскольку концентрация ТМ в соответствующих вытяжках – более высокая.

Для мониторинга окружающей среды представляют интерес не только легкорастворимые соединения металлов, но и так называемый «ближний резерв», когда в качестве экстрагента применяется 1н HCl. С его помощью извлекается значительная часть почвенного запаса химических элементов. В случае изменения почвенных условий, главным образом pH, данные соединения могут стать мобильными и, как следствие, доступными для поглощения корнями. Возникает угроза ухудшения агроэкологического состояния почв, что необходимо учитывать, поскольку значительные площади городов заняты садово-дачными участками, на которых население выращивает сельскохозяйственные культуры.

Оценка экологической обстановки территории по геохимическим показателям. При оценке качества окружающей среды и проведении экологического картографирования большое внимание уделяется геохимическим факторам формирования экологической ситуации. В существующем нормативном документе «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» выделен ряд геохимических показателей, характеризующих загрязнение питьевой воды, почв селитебных территорий поверхностных вод, почв.

В современном экологическом картографировании принято 5 градаций территорий по степени остроты экологической ситуации: удовлетворительная, напряженная, критическая, кризисная (зона чрезвычайной экологической ситуации) и катастрофическая (зона экологического бедствия). Критерии оценки экологической обстановки по геохимическим показателям приводятся в таблице 11.

Таблица 11 - Критерии эколого-геохимической оценки территорий

Показатели	Параметры				
	Катастро- фическая	Кризис- ная	Крити- ческая	Напряжен- ная	Удовлетво- рительная
1	2	3	4	5	6
Загрязнение питьевой воды					
Содержание веществ 1-го класса опасности (Be, Hg), ПДК	> 3	2-3	1,5-2	1-1,5	< 1
Содержание веществ 2-го класса опасности (Al, Ba, B, Cd, Mo, As, Pb, Sr), ПДК	> 10	5-10	3-5	1-3	< 1
Содержание веществ 3-4-го					

классов опасности (Ni, Cr, Cu, Mn, Zn), ПДК	> 15	10-15	5-10	1-5	< 1
1	2	3	4	5	6
Загрязнение почв селитебных территорий					
Z _c	> 128	64-128	32-64	16-32	< 16
Загрязнение поверхностных вод					
Содержание веществ 1-2 класса опасности, ПДК	> 10	5-10	3-5	1-3	< 1
Содержание веществ 3-4 класса опасности, ПДК	> 100	50-100	20-50	1-20	< 1
Загрязнение почв					
Содержание веществ 1 класса опасности (As, Cd, Hg, Pb, Zn), ПДК	> 3	2-3	1,5-2	1-1,5	< 1
Содержание веществ 2 класса опасности (B, Co, Ni, Mo, Cu, Cr), ПДК	> 10	5-10	3-5	1-3	< 1
Содержание веществ 3 класса опасности (V, Mn), ПДК	> 20	10-20	5-10	1-5	< 1
Доля загрязненной сельхозпродукции, % от проверенной	> 50	25-50	10-25	5-10	< 5

В таблице 12 приведены справочные данные по величинам ПДК химических элементов в воде и почве, по которым можно установить степень остроты экологической ситуации по каждому показателю в отдельности. При установлении степени загрязнения поверхностных вод используются данные табл. 13.

Таблица 13 - Величины ПДК химических элементов в питьевой воде, мг/л

Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК
Be	0,0002	Ba	0,1	Mo	0,25	Sr	7,0	Cu	1,0
Hg	0,0005	B	0,5	As	0,05	Ni	0,1	Mn	0,1
Al	0,5	Cd	0,001	Pb	0,03	Cr	0,05	Zn	5,0

Таблица 14 - Величины ПДК химических элементов в почве, мг/кг

Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК	Эл-т	ПДК
As	10*	Pb	130*	Co	50	Cu	132*	Mn	1500
Cd	2,0*	Zn	220*	Ni	80*	Cr	150		
Hg	2,0*	B	70*	Mo	5,0	V	150		

1.5 Формы существования тяжелых металлов в атмосфере

Степень экологического воздействия на окружающую среду во многом зависит от физико-химического состояния элементов при поступлении в атмосферу, а также от их дальнейших превращений в атмосфере. При этом особое значение имеют размеры металлосодержащих аэрозолей, определяющие время жизни элементов в атмосфере, процессы обогащения аэрозолей,

растворимость, а также химические формы существования тяжелых металлов в атмосфере. Большинство промышленных процессов, в результате которых происходит выброс тяжелых металлов в атмосферу, являются высокотемпературными, при этом значительная часть тяжелых металлов вследствие их летучести эмитирует в атмосферу в газообразной или мелкодисперсной форме. Более крупные металлсодержащие аэрозоли (растворы частиц которых превышают 5-10 мкм) частично удаляются золо- и пылеулавливающим оборудованием. Но даже при попадании в атмосферу крупные пылевые частицы, содержащие тяжелые металлы, выбрасываемые такими источниками как заводы, фабрики и электростанции, не переносятся на большие расстояния, а распространяются в основном локально, вокруг источника выброса. В зависимости от розы ветров и высоты труб загрязнению подвергается территория в радиусе 5-25 км [6].

Исследования физических процессов, происходящих при высокотемпературной эмиссии металлов, свидетельствуют, что первоначально большая часть тяжелых металлов поступает в атмосферу в виде паров или частичек с размерами 0,015-0,05 мкм. При контакте с воздухом эти частицы начинают быстро расти, и уже в течение первого часа часть из них коагулирует до размера 0,5 мкм, после чего рост постепенно прекращается. В пределах этого же времени идет интенсивный процесс обогащения аэрозолей металлами, поскольку по мере охлаждения пылегазовых выбросов происходит конденсация наименее летучих соединений тяжелых металлов на поверхности твердых частиц, большинство из которых уже содержит эти элементы. При этом самые мелкие аэрозоли, обладающие максимальной удельной поверхностью, наиболее сильно обогащены тяжелыми металлами.

Помимо размеров металлсодержащих частиц огромную роль с экологической точки зрения играет растворимость присутствующих в атмосфере соединений тяжелых металлов. При выпадении на подстилающую поверхность тяжелые металлы, находящиеся в подвижных, легкорастворимых формах, легко проникают и усваиваются живыми организмами, активно включаясь в миграционные процессы. Поскольку загрязнение почв, растительности и водоемов в фоновых районах происходит в основном через атмосферу, особый интерес представляет оценка содержания подвижных форм тяжелых металлов в аэрозолях и атмосферных осадках не только в промышленных, но и сельских, отдаленных местностях. На основе исследований такого рода различных ученых можно сделать следующие выводы. Непосредственно после выброса в атмосферу большая часть тяжелых металлов находится, как правило, в нерастворимых в воде формах. Соотношение растворимых и нерастворимых форм зависит от природы конкретного элемента и профиля антропогенного источника. Например, с выбросами предприятий цветной металлургии металлы поступают в атмосферу практически в нерастворимых формах, в то время как при сжигании топлива или городских отходов доля водорастворимых форм возрастает до нескольких десятков процентов. Такое различие в поведении тяжелых металлов связано с

различием в химическом и дисперсном составе промышленных выбросов. Чем меньше размеры частичек, тем большую способность к растворению они проявляют.

Наблюдаемое по мере удаления от промышленных источников возрастание растворимости металлсодержащих аэрозолей объясняют в первую очередь изменением их дисперсного состава. Если вблизи промышленных предприятий доля водорастворимых форм тяжелых металлов составляет в лучшем случае несколько процентов, в пригородной зоне 10-30%; в отдаленных районах возрастает до 60-80%, то в Антарктиде все тяжелые металлы в выпадениях практически полностью находятся в растворимых формах.

Кроме того, возрастание растворимости аэрозолей по мере удаления от источника эмиссии можно связать с протекающими в атмосфере с участием ТМ химическими превращениями. Так, нерастворимые формы ТМ могут переходить в растворимые благодаря взаимодействию с сильными кислотами (например, H_2SO_4), содержащимися на поверхности аэрозолей. Некоторые металлы участвуют в окислительно-восстановительных реакциях в атмосфере, в результате которых образуются водорастворимые соединения.

1.6 Сток тяжелых металлов из атмосферы

Тяжелые металлы могут удаляться из атмосферы путем сухого или мокрого осаждения. Под сухим осаждением понимают перенос загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность в отсутствие атмосферных осадков. Такого рода перенос может осуществляться под действием седиментации и турбулентной диффузии. Седиментация является основным механизмом удаления грубодисперсных аэрозолей, однако по мере уменьшения их размеров скорость седиментации падает, и для частиц с диаметром менее 1 мкм ею практически можно пренебречь.

Для аэрозолей субмикронных размеров основным механизмом, ответственным за сухое осаждение, становится турбулентная диффузия. Этот механизм способствует движению загрязнителей из области высоких в область более низких концентраций. Когда поверхность является единственным стоком загрязняющего вещества (как в случае ТМ), концентрация вблизи нее всегда будет ниже и, следовательно, турбулентная диффузия будет вызывать постоянный поток металлсодержащих аэрозолей по направлению к подстилающей поверхности.

Зависимость скорости сухого осаждения от размеров частиц изучалась во многих работах. Частицы с диаметром 0,1-1 мкм имеют наименьшую скорость сухого осаждения, при этом минимум приходится на диаметр порядка 0,5 мкм. Существенное возрастание скорости сухого осаждения для частиц с диаметром более 1-2 мкм связано с их седиментацией, а рост скорости осаждения для мельчайших аэрозолей объясняется увеличением интенсивности броуновской диффузии по мере уменьшения размеров частиц.

Скорость сухого осаждения металлсодержащих частиц определяли во многих работах, при этом разброс значений достаточно велик, что естественно, поскольку дисперсный состав аэрозолей меняется в зависимости от профиля источника эмиссии и удаленности от него, а это, в свою очередь, отражается на величине скорости осаждения. Как правило, более летучие элементы имеют меньшую скорость сухого осаждения. Так, среднее значение скорости сухого осаждения свинца составляет $0,32 \text{ см с}^{-1}$ и разброс этой величины (по литературным данным) составляет 0,005-1,3.

Мокрое осаждение, т. е. процесс вымывания загрязняющих веществ атмосферными осадками, осуществляется с помощью двух механизмов:

- внутриоблачного вымывания, начинающегося с конденсации водяного пара на аэрозольных частицах;
- подоблачного вымывания, включающего захват аэрозольных частиц падающими каплями дождя, тумана и снежинками.

В случае подоблачного вымывания наиболее эффективно удаляются крупнодисперсные аэрозольные частицы, основным процессом вымывания которых является инерционный захват частиц каплями дождя. По мере уменьшения размеров частиц до 1 мкм роль инерционного захвата уменьшается, и основным механизмом осаждения на дождевую каплю становится броуновская диффузия, которая, как известно, становится заметной начиная с размеров частиц порядка 0,1 мкм и увеличивается с дальнейшим уменьшением их размеров. Таким образом, падающие дождевые капли достаточно хорошо удаляют пылевые частицы с размерами больше 1 мкм и меньше 0,1 мкм, в то время как аэрозоли с дисперсностью 0,1-1 мкм плохо поддаются подоблачному вымыванию.

Вымывание загрязняющих примесей внутри облака происходит более интенсивно, чем в подоблачном слое атмосферы. Основным механизмом здесь является конденсация воды на аэрозольных частицах, что приводит к образованию облачных капель, содержащих загрязняющие вещества. Такого рода конденсация может происходить на частицах с диаметром более 0,2 мкм, причем наиболее интенсивно - на гигроскопичных аэрозолях с большим содержанием растворимых солей. Доля аэрозольных частиц, включенных в облачную воду, зависит от размера аэрозолей. Чем меньше размеры металлсодержащих аэрозолей, тем меньше они будут поглощаться облачной водой во время процессов конденсации.

Ниже приведены константы вымывания некоторых металлов, полученные на основе измерения их концентраций в дождевой воде и воздухе Западной Германии. Как видно, наименее интенсивно удаляются из атмосферы свинец и кадмий.

Под константой вымывания K , определяющей скорость мокрого осаждения, понимают величину, равную $K = C_{\text{ос}}/C_{\text{возд}}$, где $C_{\text{ос}}$ - концентрация вещества в осадках, а $C_{\text{возд}}$ - концентрация вещества в воздухе (моль кг^{-1}).

Таблица 15 – Константа вымывания химических элементов

Элемент	Константа вымывания
Свинец	140
Кадмий	400
Марганец	1500
Медь	1200
Кальций	1800

Соотношение количеств металлсодержащих аэрозолей, поступающих на подстилающую поверхность в результате сухого или мокрого осаждения, будет зависеть от технологии производства, типа источника, эффективности очистного оборудования, удаленности от источника и, конечно, от количества осадков. В настоящее время считается, что мокрое осаждение ТМ доминирует над сухим практически над всей территорией Евразии. Так, непосредственно вблизи источника загрязнения доля ТМ в сухих выпадениях за счет наличия в воздухе грубодисперсных частиц может составлять 70-80% от общего количества осаждающихся ТМ, однако по мере удаления от источника эмиссии она уменьшается и уже в сельских районах по оценкам различных авторов составляет всего 10-30%. [6, 7, 8].

Одной из важнейших характеристик загрязняющих веществ является время их жизни в атмосфере, поскольку именно эта величина определяет их способность перемещаться на большие расстояния, загрязняя не только промышленные, но и фоновые районы Земли.

Время жизни металлсодержащих аэрозолей целиком определяется суммарной скоростью их удаления из атмосферы. Крупнодисперсные аэрозоли с размерами частиц более 3-5 мкм осаждаются путем седиментации в течении нескольких часов. Столь же быстро, благодаря процессам коагуляции, удаляются из атмосферы мельчайшие частицы с диаметром менее 0,1 мкм. Как уже упоминалось, к наиболее долгоживущим можно отнести металлсодержащие аэрозоли с размерами 0,1-2 мкм, причем максимум времени жизни в атмосфере приходится примерно на размеры 0,3-0,5 мкм.

Большинство авторов оценивают время жизни в атмосфере ТМ порядка 1-10 суток, хотя разброс значений, приведенных в литературе, очень велик. Например, время жизни аэрозолей свинца в атмосфере колеблется от 7 до 30 суток. Время жизни загрязняющего вещества определяет расстояния, на которые оно может перемещаться в атмосфере. Авторы оценивают расстояние, на которые способны перемещаться аэрозольные массы свинца в 1900 км. [5].

1.7 Снежный покров - как индикатор загрязнения атмосферного воздуха

Снег - чуткий показатель загрязненности, так как снежинки, зарождаясь в высоких атмосферных слоях атмосферы, начинают рост от мельчайших пылинок наземного происхождения - ядер кристаллизации. Происходит удивительный массообмен: земная пыль, «помеченная» загрязнителями, - ядра кристаллизации - снежинки - снежный покров. Темпы прироста загрязненности снега часто опережают темпы прироста производства продукции, являющейся загрязнителем. Так, ежегодный рост производства ртути в мире равен 1,8% в год. Ртутные загрязнения антарктического и гренландского снега прирастают в год на 2,7, а памирского - на 4%.

В 1980-1990-е годы во многих областях России были выполнены исследования загрязнения снежного покрова: на Кольском полуострове (1984-1988 г.г.), в Ленинградской и Читинской областях (1990-1991 г.г.), Якутии и Иркутской области (1985-1991 г.г.). Изучены большие территории (от 540 до 2-6 тыс. км²) с различной плотностью пробоотбора (от 1-2 проб/км до 1-2 проб/100 км), с выделением жидкой и твердой фаз снегового покрова и их последующим анализом различными методами, с определением тяжелых металлов и кислотных компонентов - соединений серы, азота и др. Данные исследования не имели характера мониторинга и выполнялись в течение 2-4 летнего периода. В результате таких работ были составлены геохимические карты загрязнения территории [108,109,110,111].

С геологических позиций к исследованию снега первым подошел П.Н. Чирвинский. В первую очередь его заинтересовал рельеф снежной поверхности, формирующийся по законам близким к формированию эолового рельефа. В 1908 году в Германии и 1909 году в России вышли его первые работы по эоловым формам снежного покрова, условиям их образования, выветривания и метаморфизации, причем снег рассматривался как своеобразный, временно появляющийся на земной поверхности минерал, а снежный покров - как порода.

С геохимических позиций снежный покров правомерно рассматривать как составную, неотъемлемую и связующую часть системы: атмосфера - почвенный покров - водоносный комплекс. При рассмотрении геохимических особенностей снежного покрова необходимо анализировать и принимать во внимание две составляющие: нерастворимый осадок, образующийся в основном в результате пылевого привноса почвенных, минеральных и иных части, не способных к переходу в истинно растворенные формы в течение периода существования снежного покрова, и водорастворимую часть. Соотношение между этими составляющими колеблется. Содержание тяжелых металлов и других микроэлементов оценивается как в одной, так и другой из них.[18].

Растворимые составляющие достаточно подвижны и мигрируют в широком диапазоне физико-химических условий. Они способны оказывать

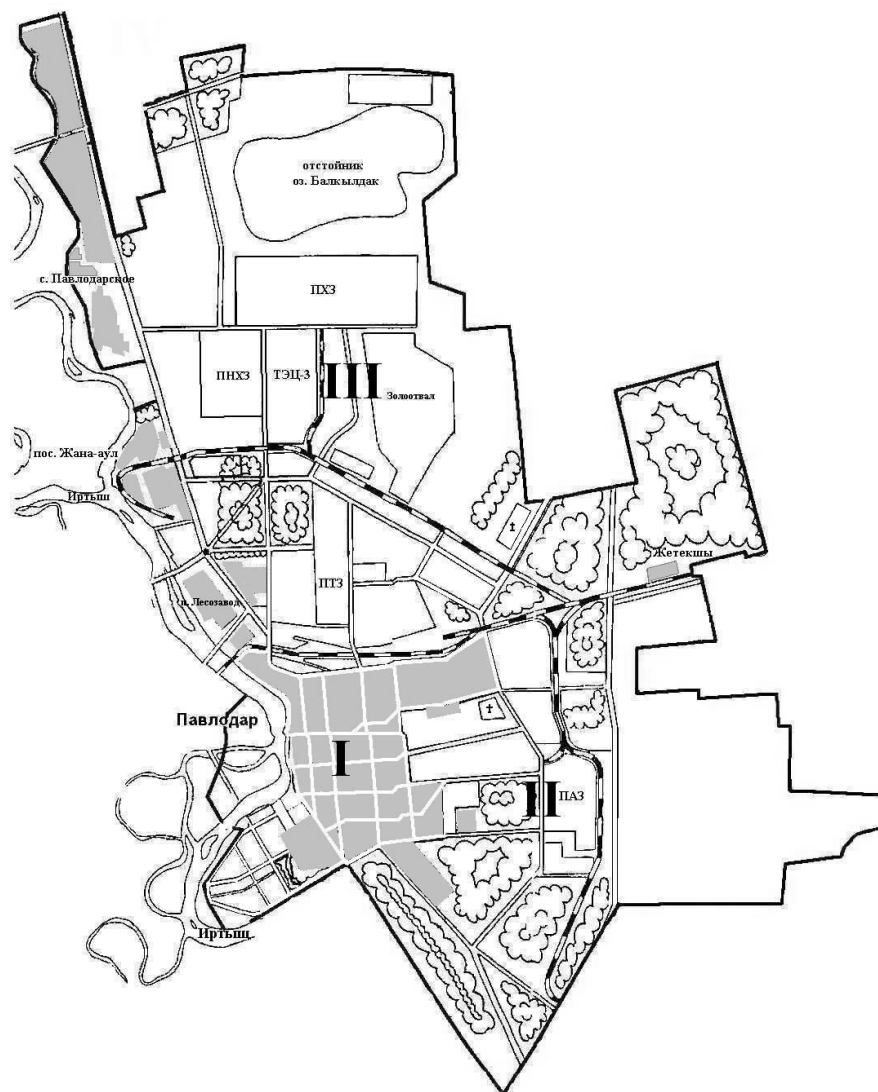
существенное влияние на качественный состав талых вод, питающих речную сеть, водоносные горизонты. Нерастворимые частицы осаждаются в почвенном покрове, оказывая влияние на химический состав почв и коренных пород. С талыми водами они также выносятся в речную сеть и водоемы. Учитывая, что химический состав нерастворимого осадка может быть различно трансформирован, изучение геохимических особенностей осадка является неотъемлемой частью исследования снежного покрова в рамках геохимического мониторинга природных ландшафтов.

При изучении снежного покрова не обойтись без раскрытия понятия центров эмиссии. Учитывая специфику изучаемого объекта, следует принимать во внимание две системы центров, формирующих состав и геохимическую специфику снега. Первая - глобальная, включающая в себя источники интенсивного поступления природных эмиссий в атмосферу, каковыми являются диспергированные с морских и океанических поверхностей воды, процесс захвата поверхностного слоя почвы, грунтов и горных пород, выделения в атмосферу биологических объектов, загрязнения в результате крупных лесных и степных пожаров, извержения вулканов. Вторая - антропогенная, включающая источники поступления от деятельности промышленных объектов, термоэнергетических установок, транспорта и т.д. Чрезвычайно специфична и разнообразна картина распределения элементов в снежном покрове при различной интенсивности и множественности проявления техногенных факторов. Роль антропогенных источников в глобальной эмиссии тяжелых металлов изучали разные ученые. Заслуживает внимание попытка количественной оценки (Nziagu, 1979). В.Е. Бордон, С.В. Бордон сделали определенные выводы о приоритетности антропогенных источников в формировании геохимии подсистемы "снежный покров" и их долевого участия. Наименее задействованы природные источники в "поставке" типичных элементов техногенеза, таких, как свинец, кадмий и другие. Морфоструктурные особенности техногенных ореолов сложны и определяются множеством факторов: спецификой источника загрязнения, метеорологическими, геоморфологическими условиями, в урбанизированной местности - характером застройки и пр. Материалов, детально характеризующих структуру геохимических техногенных полей, к настоящему времени было накоплено немного. Для одиночных мощных источников загрязнения проводились исследования - выполнялись серии геохимических профилей, позволяющих получить представление о пространственных особенностях распределения загрязняющих веществ в атмосферных выпадениях, зафиксированных как в снежном покрове, так и в почве. Использование площадного геохимического картирования позволяет выявить структуру геохимических полей, зависящую от множественного характера техногенных центров - источников загрязнения. Трансграничный дальний перенос тяжелых металлов пытались оценивать и моделировать (Ровинский и др., 1994). По данным, его влияние ощутимо при сравнительном анализе уровней содержания тяжелых металлов в снежном покрове заповедных территорий.

Он не оказывает существенного влияния на уровни концентраций микроэлементов в пределах зон, испытывающих техногенные химические нагрузки [18,19].

2. Объекты и методы исследований

Отборы проб снегового покрова и почв проводились в различных районах города и его промышленных зонах (северной и восточной) согласно стандартным методическим рекомендациям [21, 104]. Для удобства анализа полученных результатов и, учитывая опыт предыдущих исследователей [31, 37, 67, 72], территория города условно разделена нами на три зоны: северная (промышленная), восточная (промышленная) и центральная (селитебная) (рисунок 1).



Примечание: I – центральная (селитебная) зона, II – восточная промышленная зона, III – северная промышленная зона

Рисунок 1. Карта – схема зон города Павлодара

В пределах города пробы отбирали с частотой 1 проба на 1 кв. км. Такая сеть обеспечивает выявление очагов загрязнения, связанных с промышленными зонами или крупными отдельностоящими предприятиями [8]. Пробы снежного покрова отбирались в период весеннего таяния в городской черте и в ближайшем пригороде методом «конверта» со стороной 10 м. Из углов и центра

«конверта» отбиралось 5 равных по объему проб, которые смешивались на месте. Образцы почв отбирали с глубины 0 - 10 см.

При оценке опасности воздействия на природную среду в экологической геохимии используются показатели, имеющие смысл относительных. В их основе нормирование через геохимический фон. Поэтому выбор фона – чрезвычайно ответственный момент [88].

Фоновые пробы были взяты в 80 км от города в противоположную сторону от розы ветров.

Отбор проб снега проводился в местах, удаленных от автомагистрали, в глубине дворов, на приусадебных участках, детских площадках – там, где снеговой покров имел равномерную мощность и не был нарушен.

Все пробы отбирали в полиэтиленовые мешки с замером площади и глубины пробоотбора. Пробы снежного покрова отбирались на всю мощность из шурфов. Размеры шурфа замерялись по длине и ширине для расчета площади, на которую проектируются выпадения из атмосферы. Масса проб снега составляла 10-15 кг. Доставленные в лабораторию пробы до их обработки хранили при температуре –5.... –15°C.

Для таяния снега пробу на ночь помещали в предварительно оттарированные полиэтиленовые сосуды. Отстоявшуюся пробу фильтровали через бумажный фильтр с белой лентой, разливали в полиэтиленовые бутылки и консервировали. Консервацию проводили концентрированной азотной кислотой из расчета 5 мл кислоты на 1 л пробы.

Отфильтрованные твердые частицы с фильтром высушивали на воздухе и взвешивали. Вес осадка определял общее количество пыли, выпадающей на единицу площади в единицу времени. Расчет велся по формуле:

$$P = \frac{Pa}{S \cdot T},$$

где P_a – вес пыли, осажженной снегом, S – проективная площадь осаждения, T – временной интервал в сутках между моментом опробования и территорией и датой установления устойчивого снежного покрова.

Для определения валового содержания тяжелых металлов, почвенные пробы подвергались полному разложению концентрированными кислотами.

Содержание химических элементов в жидкой и твердой фракциях снега и почвы определяли методом атомной абсорбции на спектрофотометре фирмы Perkin Elmer, модель 403 с электротермическим анализатором HGA-74 и дейтериевым корректором фона.

Для каждого элемента подсчитывались основные параметры распределения химических элементов: средние значения ($\bar{x}$) и стандартные отклонения (σ), а также коэффициент вариации (C_v), который отражает меру неоднородности выборки.

Статистическая обработка полученных в ходе исследования данных проводилась по методике Н.А. Плохинского [77] и Б.А. Доспехова [78] с использованием программы Microsoft® Excel. Карты-схемы были составлены с использованием программы MapInfo Professional Version 5.0.

3. Характеристика района исследования

Город Павлодар – многопрофильный промышленный центр. Общая площадь его составляет 326882 га (0,3 тыс. км²), население – 331,7 тыс. человек. На период исследования в городе зарегистрировано 87 промышленных предприятий. К наиболее крупным промышленным предприятиям относятся алюминиевый, электролизный, машиностроительный, картонно-рубероидный, химический, нефтехимический, судостроительно-судоремонтный, инструментальный, тракторный, резинотехнический заводы, завод металлоконструкций и электромонтажных изделий и др. (рисунок 2). Кроме того, на территории города расположены 3 ТЭЦ, более 20 котельных и 5751 единиц частного домостроения, которыми в год сжигается в общей сложности более 3,5 млн. т угля. В черте г. Павлодара находится свыше 60,3 тыс. садовых участков и сотни огородов частных домовладений, где сосредоточено производство овощей, картофеля, фруктово-ягодных культур.

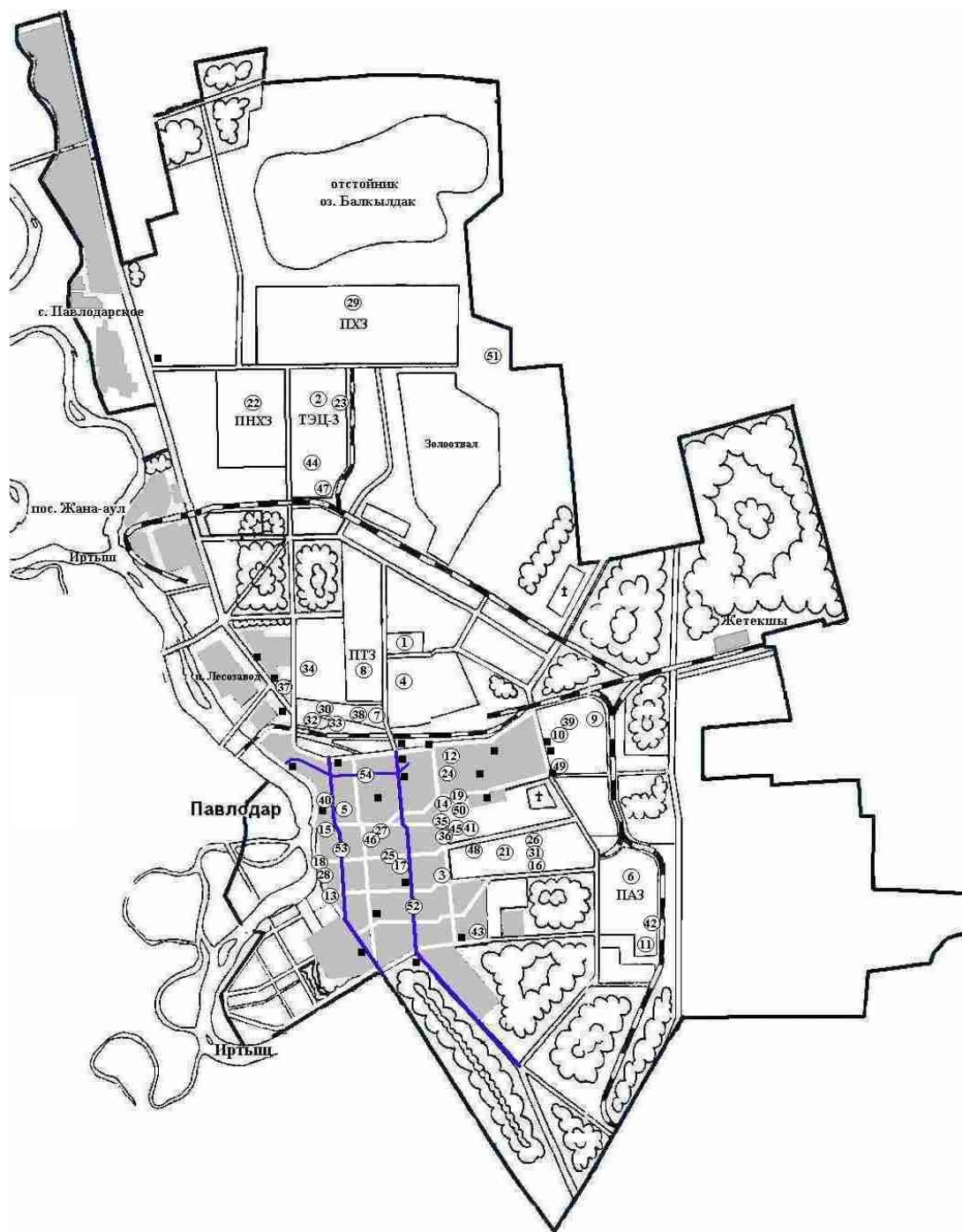
Выбросы предприятиями загрязняющих веществ в атмосферу г. Павлодара в 2009 году составили 114,1 тыс., в 2010 году – 131,8 тыс. тонн. Данные по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу приведены в таблице 16. Еще 13,1 тыс. т поступает в нее с выхлопными газами автотранспорта (42231 единиц).

Таблица 16 - Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу крупными предприятиями г. Павлодара, тонн

Наименование предприятия	2009 г	2010 г
ОАО «Алюминий Казахстана» Алюминиевый завод	14846,65	16347,84
ОАО «Алюминий Казахстана» ТЭЦ	55231,06	55908,61
ТЭЦ-2	8805,55	9969,00
Павлодарский нефтехимический завод	9544,93	10649,72
ТЭЦ-3	21960,60	24994,82
Другие предприятия	3674,03	13900,24
Всего	114062,80	131770,1

Мониторинг атмосферного воздуха в г. Павлодаре осуществляется ДГП «Павлодарский центр гидрометеорологии» РГП «Казгидромет».

За 2010 год ДГП «Павлодарским центром гидрометеорологии» из контролируемых 9 загрязняющих веществ: взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, сероводород, фенол, хлор, хлористый водород. Превышения ПДК загрязняющих веществ в городе Павлодар отмечено по следующим ингредиентам: взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, сероводород, фенол, хлористый водород. Информация о выбросах приведена в таблицах 17, 18.



1 – ТЭЦ-1; 2 – ТЭЦ –3; 3 – АО Павлодарские тепловые сети; 4 – АО Севказэнергоремонт; 5 – АО Павлодарская электrorаспределительная компания; 6 – АО Алюминий Казахстана; 7 – Трамвайное управление; 8 – АО Павлодартрактор; 9 – ПЗАО Вторчермет; 10 – Павлодаршина; 11 – ТЭЦ-1; 12 – Отдел железной дороги; 13 – АО Судостроитель; 14 – ОАО Павлодар Пинскадров; 15 – ПФ ТОО Кастинг; 16 – ОАО Павлодарский машиностроительный завод; 17 – Востокгазоотчистка; 18 – Предприятие водных путей; 19 – ТОО ФК Ромат; 20 – АО ЖБИ-1; 21 – ЖБИ-3; 22 – АО ПНЗ ССЛ; 23 – АО Картонно-рубероидный завод; 24 – Радиотелевизионный передающий центр; 25 – Швейная фабрика 8 Марта; 26 – ТОО Арго; 27 – АО Сут; 28 – АО Павлодарсоль; 29 – ОАО Павлодарский химический завод; 30 – АО Павлодармолоко; 31 – ТОО Кварц; 32 – АО Роса; 33 – Хлебобулочный комбинат; 34 – АО Медполимер; 35 – ТОО Пластфарм; 36 – ТОО Агрорезинотехника; 37 – АО Камкор; 38 – АО Иртыш-Лада; 39 – Павлодаррезинотехника; 40 – АО Энергострой; 41 – АО ОТ Автобаза спецмашин; 42 – АО Строймонтаж; 43 – КРГ Горводоканал; 44 – АО Нефтехимремонт; 45 – АО Павлодаргаз; 46 – Павлодарский завод молочных консервов; 47 – АО Тяжэкскавация-22; 48 – АО Промтехмонтаж; 49 – КП Мехколонна-59; 50 – АО Гордорстрой; 51 – ОАО Казэнергокабель.

Рисунок 2 - Схема размещения предприятий на территории г. Павлодара

Таблица 17 - Сведения по максимально-разовым концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Павлодара за 2010 год

Наименование примеси	Общее количество превышений ПДК	Значение ПДК мг/м ³	Максимальная концентрация мг/м ³	Кратность превышения ПДК
Взвешенные вещества	43	0,5	1,2	2,4
Диоксид серы	0	0,5	0	0
Растворимые сульфаты	-	-	-	-
Оксид углерода	19	5	15	3,0
Диоксид азота	12	0,085	0,15	1,8
сероводород	2	0,008	0,03	3,75
фенол	41	0,01	0,03	3,0
хлор	0	0,1	0	0
Хлористый водород	29	0,2	0,51	2,6

Таблица 18 - Информация о выбросах загрязняющих веществ за период 2009 – 2010 гг. (тонн/год) в том числе и по некоторым ингредиентам

Наименование загрязняющих веществ	Объем общих промышленных выбросов (тыс. тонн) (выбросы от крупных предприятий)	
	2009 г.	2010 г.
Всего	581,9	535,268
сернистый ангидрид	200,3	211,474
диоксид азота	89,9	70,464
твердые частицы	244,6	209,141
угарный газ	19,6	26,0

Суточная пылевая нагрузка в г. Павлодаре и пригороде (рисунок 3) до 15 раз превышает фоновый показатель (9,75 кг/км²/сут) выпадения аэрозольных частиц для равнинных континентальных территорий умеренных широт [58, 63].

На большей части жилой застройки города ситуация с выпадением пыли благополучна: ниже фона или не более чем в два раза выше его. Исключение составляет территория западнее ул. Московской. Здесь превышения над фоном колеблется от 9 до 15 раз.

Пылью загрязнены пригороды. В промышленных зонах загрязнение пылью повсеместно высокое в пределах 8 - 13 раз выше фонового.

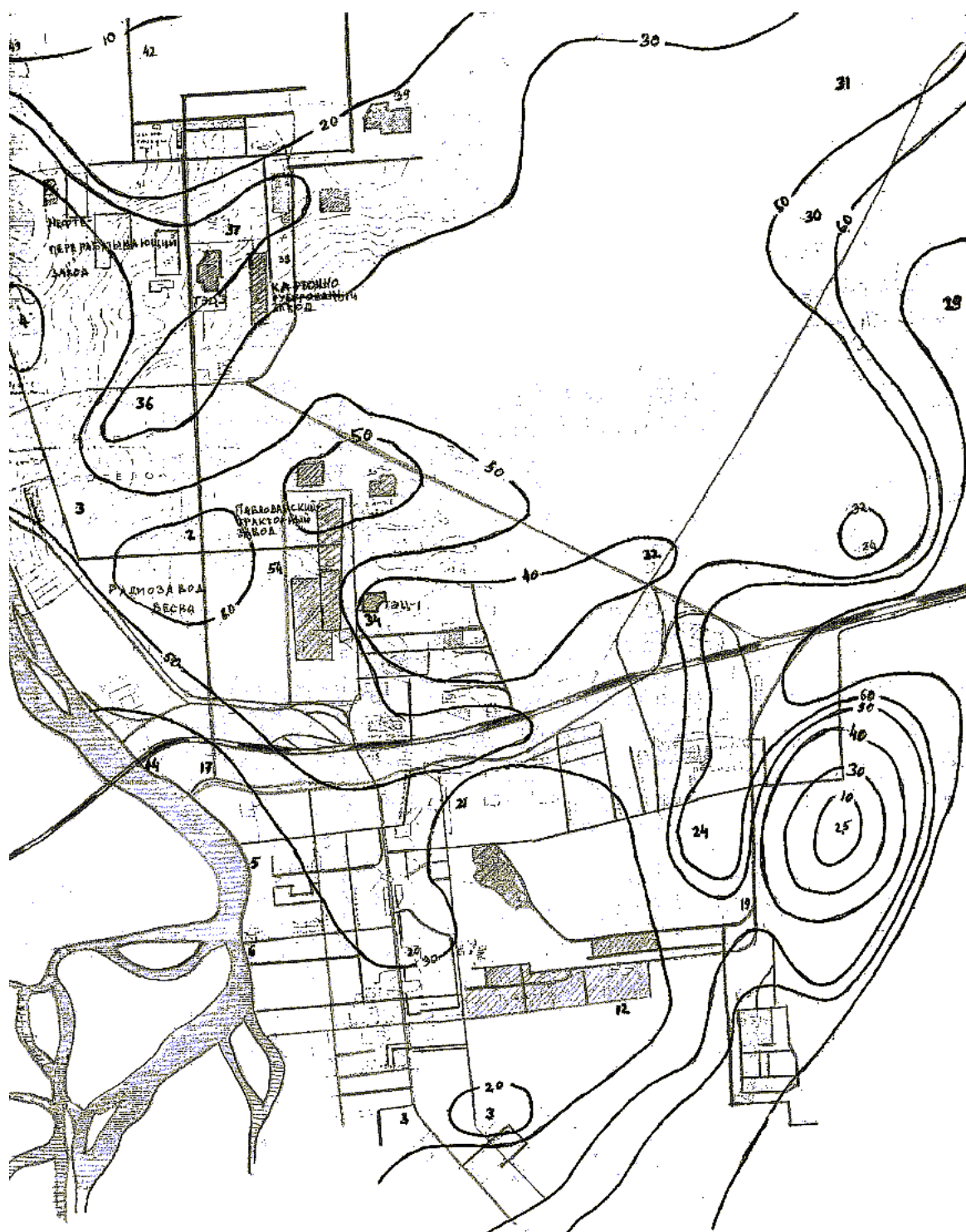
Качественный состав загрязнителей окружающей среды представлены в таблицах 19, 20, 21.

Таблица 19 - Химический состав золы и пыли некоторых крупных предприятий Павлодарского Прииртышья

Ингредиенты, мг/кг	Павлодарские ТЭЦ	Алюминиевый завод
Свинец валовый	2,65	18,18
Свинец водорастворимый	0,21	5,2
% водорастворимого свинца	3,0	17,0
Кадмий валовый	0,16	0,84
Кадмий водорастворимый	0,07	0,6
% водорастворимого кадмия	49,0	0,71
Ртуть валовая	4,62	4,55
Ртуть водорастворимая	1,97	н/об
% водорастворимой ртути	42,0	0,0
Мышьяк водорастворимый	0,28	н/об
Фтор водорастворимый	10,0	25,5
Сурьма водорастворимый	0,37	3,35
Бериллий водорастворимый	0,017	0,25
Селен водорастворимый	0,53	н/об
Теллур водорастворимый	0,10	н/об
Примечание: н/об – ингредиенты не обнаружены		

Таблица 20 - Перечень веществ выбрасываемых в атмосферу ПНХЗ

Наименование вещества	Выброс вещества, г/с	Выброс вещества тонн/год
Натрия гидроксид (натрия гидроксид, натрий едкий, сода каустическая)	-	0,0000400
Пыль коксовая	-	7,5747100
Пыль катализаторная	-	36,7180000
Хром шестивалентный	-	0,0005200
Пыль абразивная	-	0,0076300
Олово оксид	-	0,0000040
Сера диоксид (ангидрид сернистый)	-	2683,7430012
Марганец и его соединения	-	0,0089300
Свинец и его соединения	-	0,0000080
Фтористый водород	-	0,0031600
Фториды	-	0,0008800
Фенол	-	1,5913800



—40— Изолиния суточной нагрузки пыли на 1 км² в сутки.
3 Величина суточной нагрузки пыли.

Рисунок 3 - Пылевая нагрузка (кг/км²/сут) г. Павлодара

Таблица 21 - Перечень веществ выбрасываемых в атмосферу ПАЗ и ТЭЦ АО «Алюминий Казахстана»

Наименование вещества	Выброс вещества, г/с	Выброс вещества тонн/год
Алюминия оксид	12,812	180,757
Алюминий, растворимые соли (нитрат, сульфат, хлорид)	0,021	0,082
Зола угля	1043,057	20663,433
Натрия гидроксид (натрия гидроксид, натрий едкий, сода каустическая)	4,405445	100,639914
Пыль неорганическая, содержащая двуокиси кремния выше 70%	0,086	0,265
Пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния (шамот, цемент и др.)	1,326	6,817
Пыль неорганическая: ниже 20% двуокиси кремния	572,943896	9554,441106
Пыль угля	9,085	150,025
Медь (II) оксид	0,076	0,138
Акролеин	0,05621	0,26156
Взвешенные вещества	1,374	8,25
Бензапирен	0,0000008	0,00001
Хром шестивалентный	0,00852	0,011229
Никель оксид	0,00156	0,0041
Пыль известняка	0,279	2,174
Олово оксид	0,022004	0,023001
Кремния диоксид	0,00072	0,002235
Цинк оксид	0,005	0,0065
Тетрахлорметан	0,25	0,039
Железа оксид	0,00057	0,000678
Азот (IV) оксид (азота диоксид)	548,403632	9673,1052107
Сера диоксид (ангидрид сернистый)	1594,17302	30256,98797
Азот (II) оксид (азота оксид)	88,667	1570,193
Марганец и его соединения	0,02898	0,085927
Мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий)	0,0086373	0,13331
Свинец и его неорганические соединения	0,003008	0,005003
Аммиак	1,668	5,02
Фтористые газообразные соединения – гидрофторид, кремний тетрафторид	0,01227	0,017991
Фториды неорганические хорошо растворимые – (натрия фторид, натрия гексафторид)	0,00841	0,006033
Диванадий пентоксид	0,0006	0,00006

Павлодар является центром образующим Павлодар-Экибастузский территориально-производственный комплекс (рисунок 4).

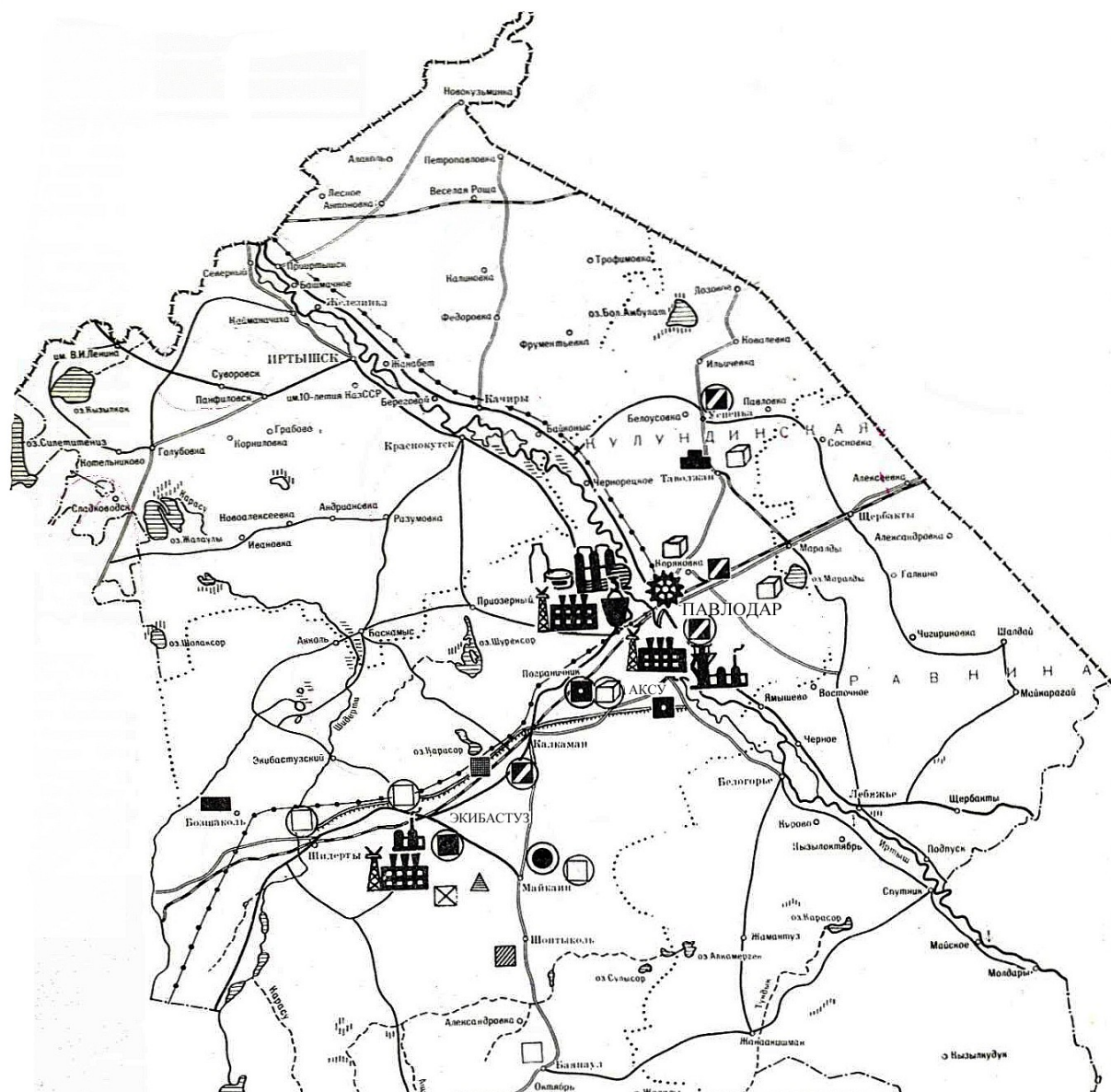


Рисунок 4 - Схематическая карта Павлодар-Экибастузского территориально-производственного комплекса (ТПК)

Южнее и юго-западнее Павлодара находятся крупные промышленные центры Павлодарской области г.г. Аксу и Экибастуз. Они располагаются на основных направлениях переноса воздушных масс и поэтому не исключена вероятность их воздействия на Павлодар.

С точки зрения территориального распределения, можно выявить два крупных промышленных узла – это Павлодар-Аксу и Экибастузский в которых сосредоточено до 94% выпуска всей промышленной продукции. Специализация первого – электроэнергетика, химическая и нефтехимическая промышленность, черная и цветная металлургия, машиностроение. В нем производится 52% всей продукции области. Во втором – превалирует угольная промышленность и электроэнергетика.

Вклад каждого из городов (Павлодар, Аксу и Экибастуз) по количеству выбросов в атмосферу загрязняющих веществ не одинаков (25,5, 26,5 и 48% соответственно).

Исследования твердых составляющих отходящих газов показал существенное различие их по химическому составу, в том числе по содержанию химических элементов. Например, в выбросах родственных по профилю предприятий Павлодарских ТЭЦ 1, 2 и Аксуской ГРЭС содержание алюминия различается в 2,5 раза (0,59 и 0,23 мг/г), меди – в 7 (0,03 и 0,004 мг/г), титана – в 60 раз (0,3 и 0,005 мг/г), свинца – в 3 раза (0,009 и 0,003 мг/г), железа – 4 раза (0,13 и 0,03 мг/г) соответственно. В зависимости от крупности частиц они оседают на различных расстояниях от источника загрязнения, а затем, в соответствии с рациональным и химическим составом могут выщелачиваться, мигрировать на значительные расстояния и, осаждаясь, концентрироваться на различных участках территории ТПК.

Город Павлодар расположен в поясе каштановых почв, которые встречаются в основном однородными участками. Почвы сформировались в условиях засушливого климата, под сухостепной растительностью. Растительный покров представлен ковыльно-типчаковыми ассоциациями, с участием рогача песчаного, тимopheевки степной, полыни холодной. Почвообразующими породами служат незасоленные древнеаллювиальные супеси. Грунтовые воды в основном пресные, реже – слабоминерализованные, которые залегают на глубине 2,72 - 8,12 м и на почвообразовательный процесс влияния не оказывают.

Каштановые глубококовскипающие почвы получили широкое распространение на всей территории исследуемого района. Физико-химические свойства исследуемых почв представлены в таблице 22, 23.

Почвы города характеризуются низкой степенью буферности (11 - 20 баллов), рассчитанной по шкале Ильина В.Б. Расчеты представлены в таблице 23. Для таких почв предельно-допустимым уровнем накопления тяжелых металлов будет диапазон от 4 до 7 фоновых содержаний [37].

Природные факторы определяются климатическими и ландшафтно-геохимическими условиями. Климатический фактор включает в себя: преобладающее направление и скорость ветра, количество и периодичность

атмосферных осадков, температуру воздуха. Эти показатели влияют на миграционные свойства загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, поверхностным стоком при выпадении осадков. Ландшафтно-геохимический фактор влияет на миграцию, локализацию и последующее перераспределение веществ в основных типах ландшафтов территории. Основными характеристиками этого фактора являются: характер рельефа (водораздел, крутой или пологий склон, речная долина, балочное понижение и др.); геолого-структурные условия (в основном литология и состав пород приповерхностной подпочвенной части разреза); глубина залегания грунтовых вод (особенно на участках подтопления, заболачивания); характер растительного покрова; тип почв (минеральная часть, особенно гранулометрический состав, органическая часть, микробиологический состав, солесодержание).

Климат города оценивается как резко континентальный. В зимний период в течение 200 дней погода морозная (опускается ниже - 25°C) при ветре менее 5 м/с. В отдельные годы отмечалось понижение температуры до -49°C. Лето – жаркое, среднемесячная температура в июле 20 - 22°C, в дневное время достигает 26 - 28°C, при скорости ветра более 6 м/с.

Таблица 22 - Физико-химические свойства почв города Павлодара (разрез 0 - 25 см)

	суспензия в водной	Гумус, %	мг/100 г почвы							
			K ₂ O	P ₂ O ₅	HCO ₃	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl-	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
АО «Кастинг»	6,90	1,65	26,8	2,5	56,1	24,0	2,7	2,3	41,1	7,5
АО «Каустик»	6,66	2,47	34,2	3,0	50,5	22,4	8,7	5,9	36,2	8,0
Мкр. Усольский	6,94	1,38	4,8	2,5	33,7	8,5	5,5	7,6	61,7	6,4

Таблица 23 - Буферность почв г. Павлодара

Количество баллов, полученных за счет					Сумма баллов	Степень буферности
Гумуса	Физической глины	R ₂ O ₃	Карбонатов	pH		
2	2,5	7	1,5	5	18	низкая

Климат Павлодарского региона характеризуется холодной зимой и жарким засушливым летом. Город Павлодар расположен в Зоне II по качеству воздуха со средним потенциальным уровнем загрязнения атмосферы (зона I - низкий потенциал, зона III - повышенный потенциал, зона IV - высокий потенциал и зона V - очень высокий потенциал). Это означает, что

климатические условия региона благоприятствуют рассеиванию опасных веществ в атмосфере.

Среднегодовое количество осадков 200 - 300 мм, в отдельные годы до 350 мм, основное количество выпадает в летний период в виде интенсивных осадков. Устойчивый снежный покров держится в течение 135 - 145 дней.

Роза ветров представлена на рисунке 5. Преобладающими направлениями ветра являются западное, юго-западное и южное направление.

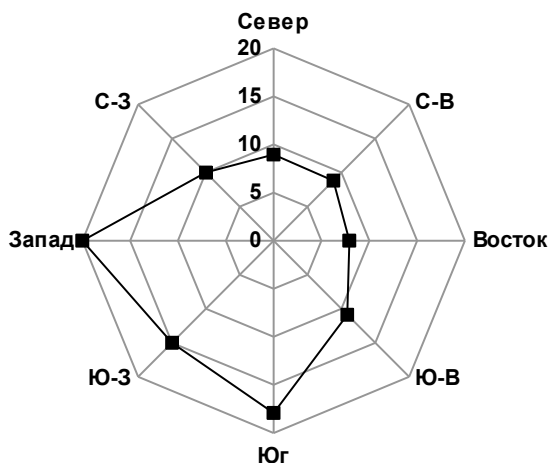


Рисунок 5. Средние повторяемости направления ветра (%) по данным Павлодарского центра гидрометеорологии

4. Геохимическая характеристика жидких атмосферных выпадений по данным изучения загрязнения снегового покрова

Среднее содержание и пределы колебаний химических элементов в водной фазе снегового покрова на территории г. Павлодара представлены в таблице 24.

По результатам анализа снегового покрова установлено, что средняя концентрация исследуемых химических элементов в водной фазе превышает фон в 3,7-48,9 раза.

Таблица 24 - Вариационно-статистические показатели содержания химических элементов в снеговой воде г. Павлодара, мкг/дм³

Элемент	lim	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	σ	Cv, %	Фон	Кс
Cu	0,4-79,9	14,7 $\pm$ 2,9	19,6	133	0,3	48,9
Zn	18,9-270	94,8 $\pm$ 8,8	60,1	63,4	25,5	3,7
Cd	0,12-45,0	3,2 $\pm$ 1,18	8,1	249	0,14	22,9
Pb	0,09-16,2	3,8 $\pm$ 0,7	4,8	129	0,11	34,5

Примечание: В данной таблице lim – предел колебания, $\bar{x} \pm S\bar{x}$ – среднее арифметическое и его ошибка, σ – среднее квадратичное отклонение, Cv – коэффициент вариаций, Кс – коэффициент концентрации.

По величине среднего содержания исследуемые химические элементы располагаются в следующем убывающем порядке:

$Zn_{94,8} > Cu_{14,7} > Pb_{3,8} > Cd_{3,2}$.

Среднее содержание элементов по классам токсичности в жидкой фракции снега образует следующие убывающие ряды:

- особо токсичные (I класс): $Zn_{94,8} > Pb_{3,8} > Cd_{3,2}$;
- токсичные (II класс): $Cu_{14,7}$.

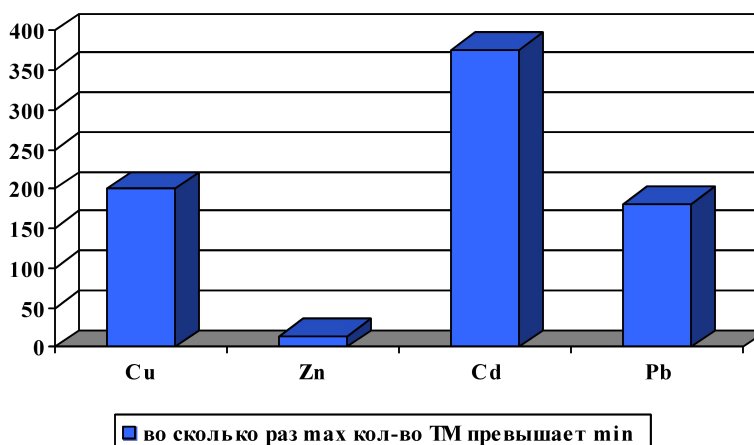


Рисунок 6 - Превышение максимального содержания ТМ над минимальным в водной фракции снега г. Павлодара

В снеговой воде города максимальное варьирование (C_v) характерно для кадмия (249,4%); минимальное – цинка (63,4%). По величине среднего коэффициента вариации исследуемые элементы располагаются в следующем убывающем порядке: $Cd_{249} > Cu_{133} > Pb_{129} > Zn_{63,4}$.

Для рассматриваемой территории характерна мозаичность содержания химических элементов в снеговой воде вокруг стационарных техногенных источников и вдоль автотранспортных магистралей. В водной фазе снегового покрова города максимальное количество меди превышало минимальное в 200 раз, цинка - в 14 раз, кадмия - в 375 раз, свинца - в 180 раз (рисунок 6).

В числе химических элементов, интенсивно загрязняющих город Павлодар и его окрестности (оцениваются сравнением с ПДК в воде, используемой для питьевых целей (СанПиН 2.1.4.559-96)), хром, кадмий, бериллий, ртуть, марганец (таблица 25).

Таблица 25 - Сравнительная оценка содержания химических элементов в снеговой воде г. Павлодара, мкг/дм³

Элемент	Среднее содержание	Фон	ПДК в питьевой воде [18]	Максимально достигнутый уровень загрязнения, мкг/дм ³	Процент случаев превышения ПДК
Cu	14,7	0,3	100	79,9	Н.п.
Zn	94,8	25,5	1000	270,6	Н.п.
Cd	3,2	0,14	1	45	42,6
Pb	3,8	0,11	30	16,2	Н.п.
Примечание: Н.п. – не превышало ПДК					

Наиболее опасными для состояния окружающей среды считаются медь, цинк, кадмий, свинец, относящиеся к I и II классам опасности. Они характеризуются высокой токсичностью, мутагенным и канцерогенным эффектами, способны к биоаккумуляции и биомagniфикации. При высоких концентрациях в окружающей среде они вредно воздействуют на экосистемы, при низких некоторые из них играют важную роль в обменных процессах и жизненно необходимы для организмов в качестве микроэлементов [74].

В целом же при определении уровня загрязнения объектов окружающей природной среды с помощью ПДК не следует преувеличивать значения используемых гигиенических нормативов. Они – «не более как опорные точки для сравнительных оценок», считают П. и Ч. Ревелли [83].

Современные ГОСТы нормируют только верхний предел концентраций элементов, что не совсем правильно с экологических и биогеохимических позиций. Будущие ГОСТы должны устанавливать именно оптимальные пределы концентраций различных химических элементов. Сложности в установлении таких оптимальных концентраций определяются тем, что биохимическое действие каждого элемента зависит от того, в какой

геохимической среде находится элемент и какое геохимическое окружение характерно для него [73].

Работы по совершенствованию ПДК продолжаются: для одних элементов нормативы становятся менее жесткими, для других, напротив, более жесткими.

Уровень концентрации химических элементов в водной фазе снегового покрова различных зон г. Павлодара неодинаков (таблица 26), что отражает специфику разнопрофильных производств, их неодинаковую техногенную нагрузку, степень очистки выбросов и т.д.

Самые высокие концентрации химических элементов в компонентах снегового покрова характерны для восточной и северной зон города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия и ТЭЦ.

Наибольшие концентрации Cu, Zn, Cd, Pb в водной фазе снега характерны для восточной промзоны. В данной зоне расположены алюминиевый завод и ТЭЦ, которыми выбрасывается до 90% от общего количества загрязняющих веществ в год.

Таблица 26 - Содержание химических элементов в жидкой фракции снега различных зон г. Павлодара, мкг/дм³

Элемент	Северная промзона	Восточная промзона	Центральная (селитебная) зона
Cu	$\frac{12,7 \pm 3,0}{0,4-66,3}$	$\frac{24,4 \pm 7,4}{0,4-79,9}$	$\frac{3,8 \pm 0,53}{1,9-6,4}$
Zn	$\frac{90,7 \pm 12,4}{18,9-270,6}$	$\frac{111 \pm 18,7}{28,6-230,6}$	$\frac{79,1 \pm 8,5}{48,4-120,7}$
Cd	$\frac{1,6 \pm 0,30}{0,12-5,5}$	$\frac{7,8 \pm 3,7}{0,16-45,0}$	$\frac{0,5 \pm 0,07}{0,25-0,8}$
Pb	$\frac{3,5 \pm 0,82}{0,15-16,2}$	$\frac{5,8 \pm 1,7}{0,09-15,8}$	$\frac{1,1 \pm 0,17}{0,48-1,8}$
Примечание: в данной таблице и таблице №25 в числителе – среднее арифметическое и его ошибка, в знаменателе – предел колебаний.			

Указанная зона характеризуется высоким уровнем запыленности (таблица 27) и естественным притоком химических элементов с атмосферной пылью.

Таблица 27 - Пылевая нагрузка отдельных ареалов г. Павлодара (рассчитана по Ю.В. Саету и др.), кг/км²·сут

Ареал загрязнения	Пределы колебания	Среднее содержание
Северная промзона	8,2-592	70,4
Восточная промзона	27,2-102	71,62
Центральная (селитебная) зона	10,8-115	37,9
Общее по городу	8,2-592	60,0
Фон		9,7

Наименьшие концентрации характерны для центральной зоны, что объясняется удаленностью промышленных предприятий. Как показали исследования, средняя концентрация химических элементов в снеговой воде восточной промзоны в 0,7-15,6 раза выше концентрации этих элементов в центральной зоне. Так, содержание кадмия в снеговой воде восточной промзоны превышает таковое в центральной зоне в 15,6 раза, меди – в 6,4 раза, свинца – в 5,5 раза, цинка – в 1,4 раза.

Эколого-геохимическое состояние жидкой фазы снегового покрова может быть охарактеризовано коэффициентом концентрации (K_c). Данный коэффициент отражает увеличение содержания химических элементов в исследуемой среде в сравнении с фоном (таблица 21).

Среднее значение коэффициента концентрации колеблется от 3,7 (цинк) до 48,9 (медь).

По среднему коэффициенту концентрации элементы выстраиваются в убывающем порядке: $Cu_{48,9} > Pb_{34,1} > Cd_{23,1} > Zn_{3,7}$ (таблица 28).

Таблица 28 - Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения водной фракции снега г. Павлодара

Ареал загрязнения	Формула геохимической специализации
Северная промзона	$Cu_{42,4}Pb_{31,5}Cd_{11,1}Zn_{3,6}$
Восточная промзона	$Cu_{81,3}Cd_{55,7}Pb_{52,8}Zn_{4,3}$
Центральная (селитебная) зона	$Cu_{12,8}Pb_{9,6}Cd_{3,6}Zn_{3,1}$
Общее по городу	$Cu_{48,9}Pb_{34,1}Cd_{23,1}Zn_{3,7}$

Наиболее выраженные концентрации химических элементов в снеговом покрове располагаются по направлениям господствующих ветров (юго-западное, южное, западное). По мере удаления от промышленных центров (предприятий) концентрация элементов в водной фракции снегового покрова постепенно уменьшается, что подтверждается данными таблиц 25, 26 и 27, на примере трех предприятий. Содержание цинка на расстоянии 10 км от нефтехимического завода уменьшилось в 5,6 раза по сравнению с концентрацией 100 м, Cd – 14,8, Pb – 26,7, Cu – в 11,8 раза соответственно (таблица 29, рисунок 7).

Таблица 29 - Содержание химических элементов в водной фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Павлодарский нефтехимический завод» (южное направление), мкг/дм³

Элемент	Расстояние от предприятия					
	100 м	500 м	1 км	3 км	5 км	10 км
Cu	66,3	18,9	15,2	4,7	2,6	5,6
Zn	271	158	140	34,9	28,4	48,4
Cd	3,69	1,08	0,87	0,31	0,16	0,25
Pb	12,8	3,04	2,71	0,5	0,35	0,48

По мере удаления от химического завода концентрация химических элементов в жидкой фазе снега постепенно уменьшается (таблица 26, рисунок 10). Например, содержание меди на расстоянии 100 м составило 8,4 мкг/дм³, на расстоянии 500 м – 5,8 мкг/дм³, на расстоянии 1 км – 4,2 мкг/дм³, а на расстоянии 5 км – 2,7 мкг/дм³. Содержание цинка на расстоянии 5 км от химического завода уменьшилось в 2,2 раза по сравнению с концентрацией 100 м, Cd – 12,0, Pb – в 10,0 раза соответственно (таблица 30, рисунок 8).

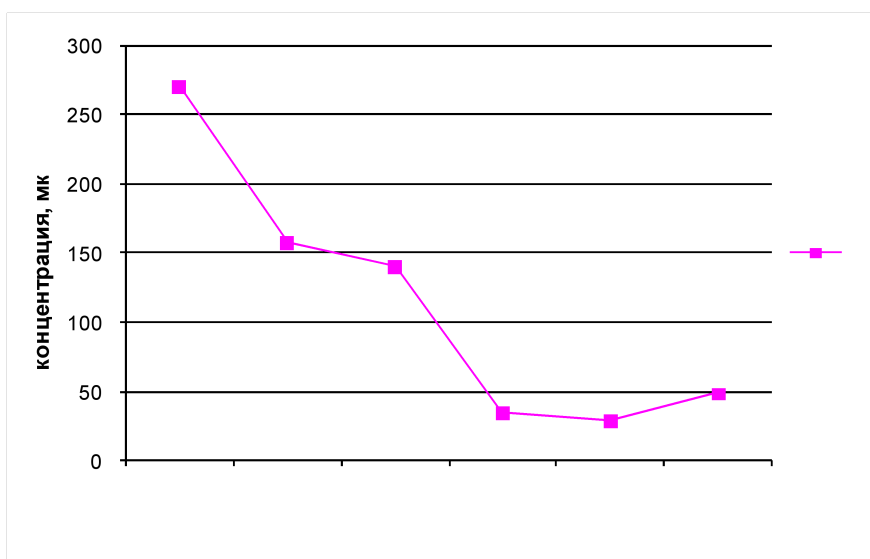
Таблица 30 - Содержание химических элементов в водной фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Химический завод» (западное направление), мкг/дм³

Элемент	Расстояние от предприятия			
	100 м	500 м	1 км	5 км
Cu	8,4	5,8	4,2	2,7
Zn	93,8	68,7	42,4	41,8
Cd	3,6	2,4	1,3	0,3
Pb	4,0	2,7	1,5	0,4

Содержание меди на расстоянии 10 км от алюминиевого завода уменьшилось в 118,6 раза по сравнению с концентрацией 500 м, Zn – 7,5, Cd – 450, Pb – в 125,0 раза соответственно (таблица 31, рисунок 9).

Таблица 31 - Содержание химических элементов в водной фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Алюминиевый завод» (юго-западное направление), мкг/дм³

Элемент	Расстояние от предприятия				
	500 м	1 км	3 км	5 км	10 км
Cu	59,3	38,6	3,1	0,9	0,5
Zn	214	147	72,4	40,3	28,6
Cd	45,0	33,8	0,4	0,3	0,1
Pb	12,5	11,7	0,5	0,2	0,1



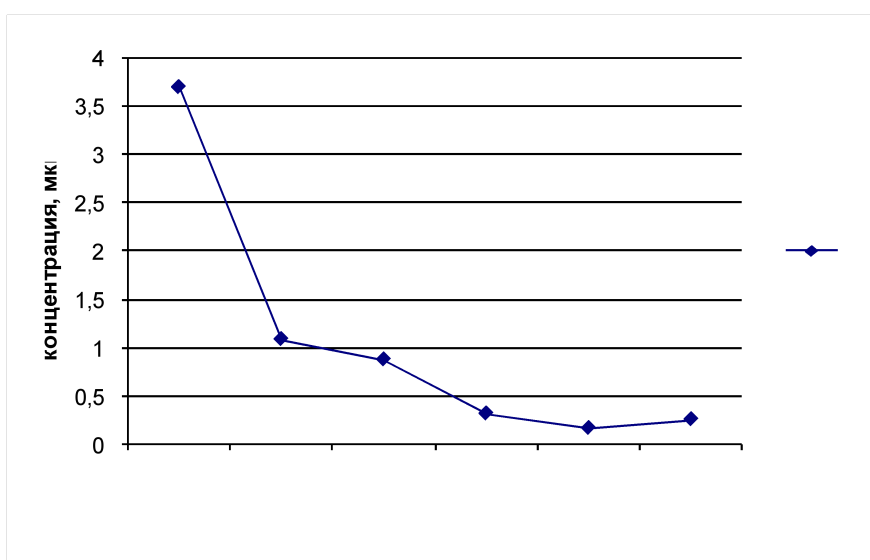
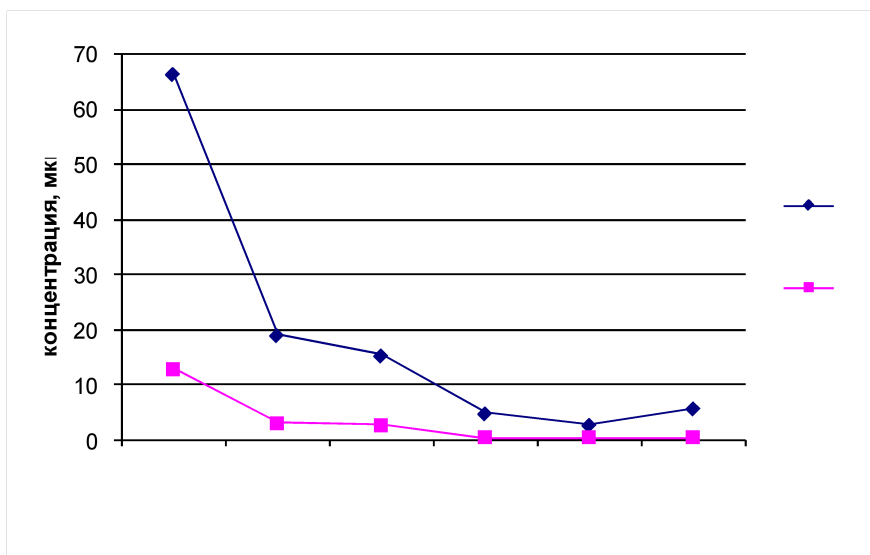
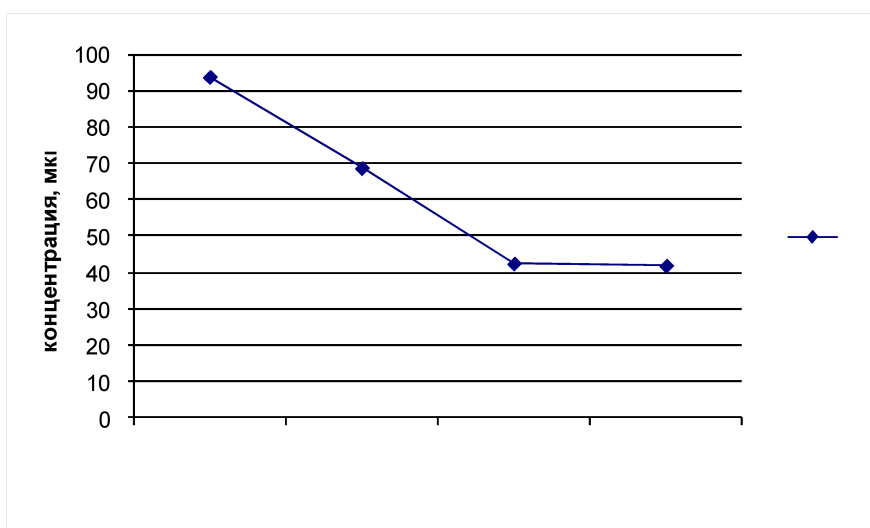


Рисунок 7 - Содержание химических элементов в водной фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Павлодарский нефтехимический завод» (южное направление)



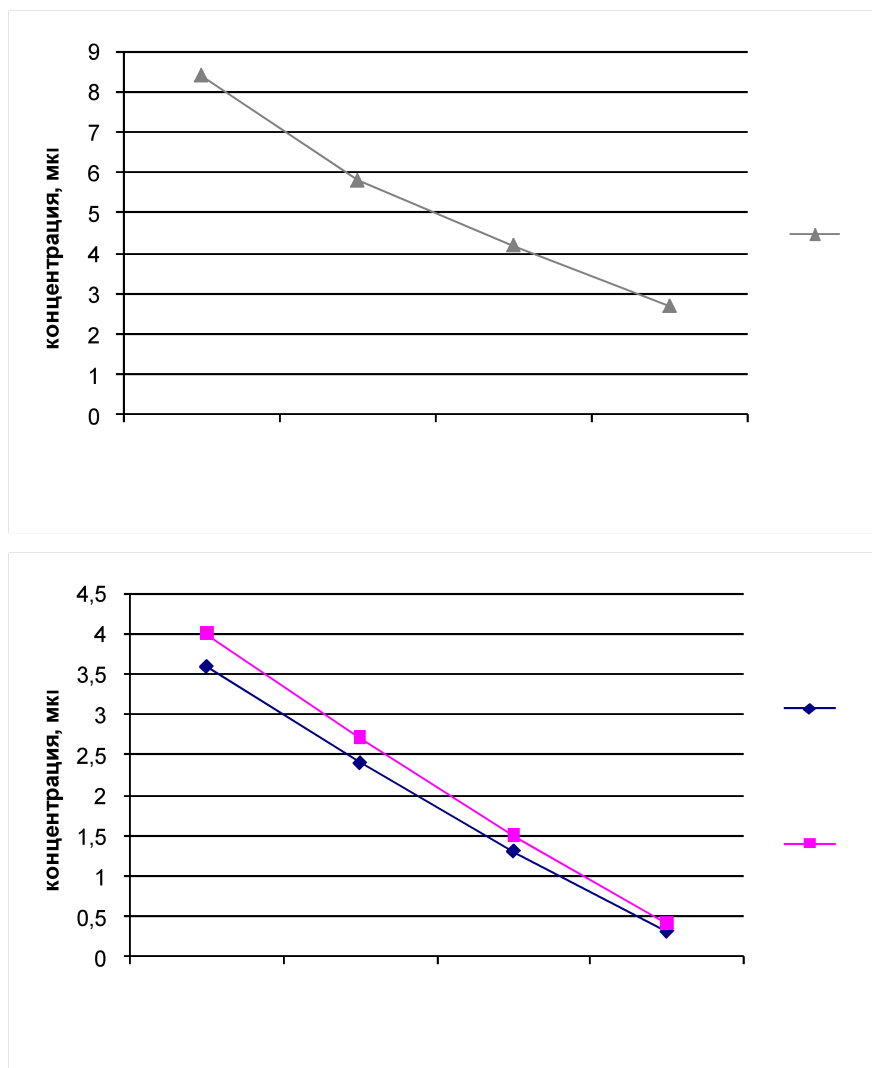


Рисунок 8 - Содержание химических элементов в водной фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Химический завод» (западное направление)

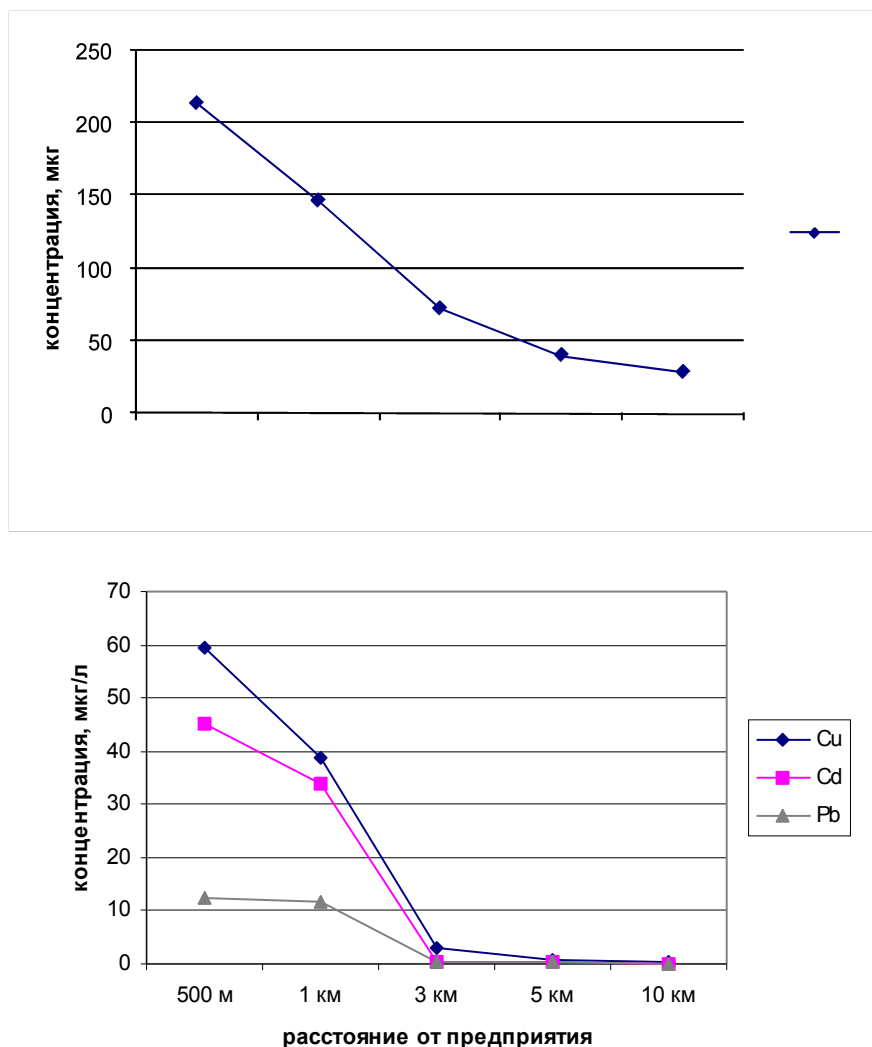


Рисунок 9 - Содержание химических элементов в водной фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Алюминиевый завод» (юго-западное направление)

Составлены карты-схемы распределения каждого отдельного элемента в жидкой фазе снегового покрова на территории г. Павлодара, которые представлены в приложении А.

Нами выведена корреляционная зависимость [75] химических элементов в водной фракции снега. Расчеты показали, что корреляционная связь проявляется по-разному (таблица 32).

Таблица 32 - Корреляционная зависимость между химическими элементами в водной фракции снегового покрова на территории г. Павлодара

	Cu	Zn	Cd	Pb
Cu	-	0,88	0,58	0,94
Zn	-	-	0,49	0,86
Cd	-	-	-	0,57
Pb	-	-	-	-

Так, полная прямая корреляционная зависимость ($r=0,75-0,94$) наблюдается между медью и свинцом, цинком; цинком и свинцом.

Сильная корреляционная зависимость наблюдается ($r=0,50-0,74$) между медью и кадмием, кадмием и свинцом.

Средняя корреляционная связь ($r=0,26-0,49$) возникает между цинком и кадмием.

На основании результатов наших исследований микроэлементов в снеговой воде и имеющихся данных об их содержании в почвах города Павлодара, выявлены регрессивные связи между концентрациями металлов в этих средах. Графические изображения связей представлены на рисунке 10.

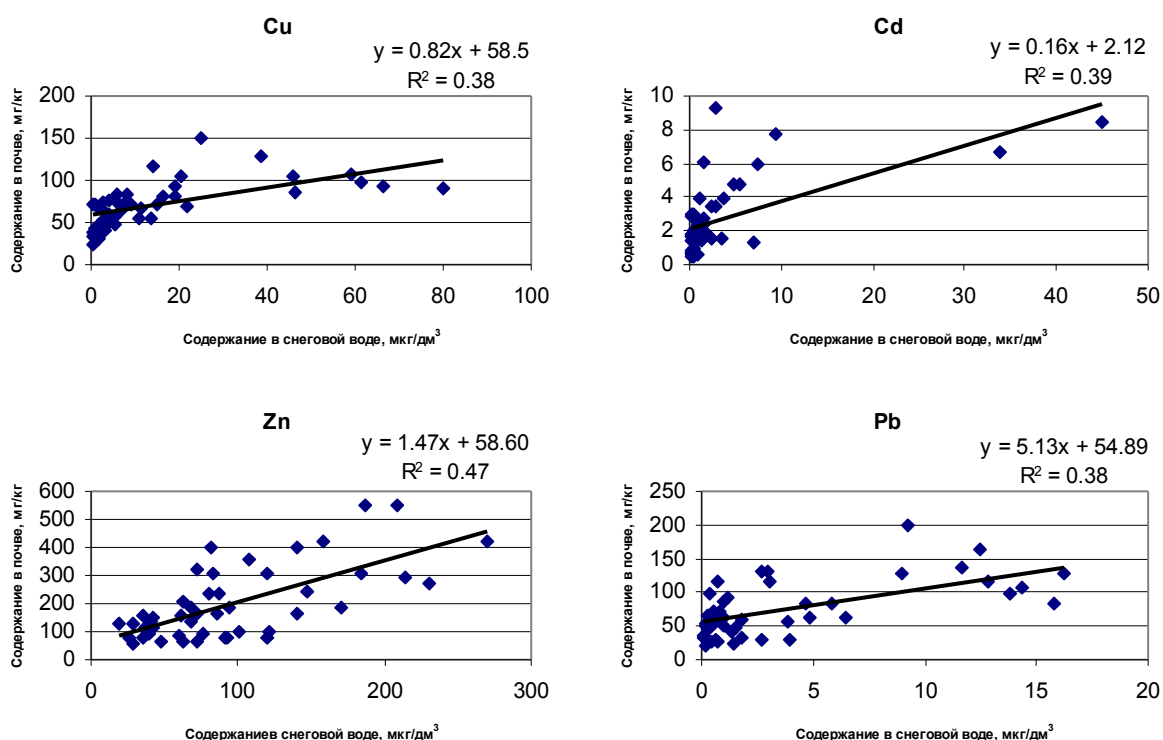


Рисунок 10 - Зависимость содержания химических элементов в снеговой воде и почве

Выполненные исследования показали, что среда обитания обследованных территорий характеризуется значительной нагрузкой на атмосферный воздух.

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.

5. Геохимическая характеристика твердых атмосферных выпадений по данным изучения загрязнения снегового покрова

Среднее содержание и пределы колебаний химических элементов в твердой фазе снегового покрова на территории г. Павлодара представлены в таблице 33.

Таблица 33 - Вариационно-статистические показатели содержания химических элементов в твердой фазе снега г. Павлодара, мг/кг

Элемент	Lim	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	σ	Cv, %	Фон	Kc
Cu	29,8-392,7	137,4 $\pm$ 13,9	95,0	69,1	20,5	6,7
Zn	54,5-785,5	264,3 $\pm$ 24,1	164,9	62,4	48,3	5,5
Cd	0,18-7,0	2,1 $\pm$ 0,26	1,77	85,5	0,16	13,2
Pb	28,7-198,8	102,5 $\pm$ 8,0	54,8	53,5	23,2	4,4

По величине среднего содержания нерастворимой фракции снега, исследуемые химические элементы располагаются в следующем порядке:

$$Zn_{264,3} > Cu_{137,4} > Pb_{102,5} > Cd_{2,1}.$$

Коэффициент варьирования химических элементов колеблется от 53,5% (Pb) до 85,5% (Cd). По величине коэффициента варьирования исследуемые химические элементы в твердой фракции снега города можно представить в убывающем порядке:

$$Cd_{85,5} > Cu_{69,1} > Zn_{62,4} > Pb_{53,5}.$$

Для рассматриваемой территории характерна мозаичность содержания химических элементов. В твердой фазе снегового покрова города максимальное количество цинка превышало минимальное в 14 раз, кадмия – в 39 раз, свинца – в 7 раз, меди – в 13 раз (рисунок 11).

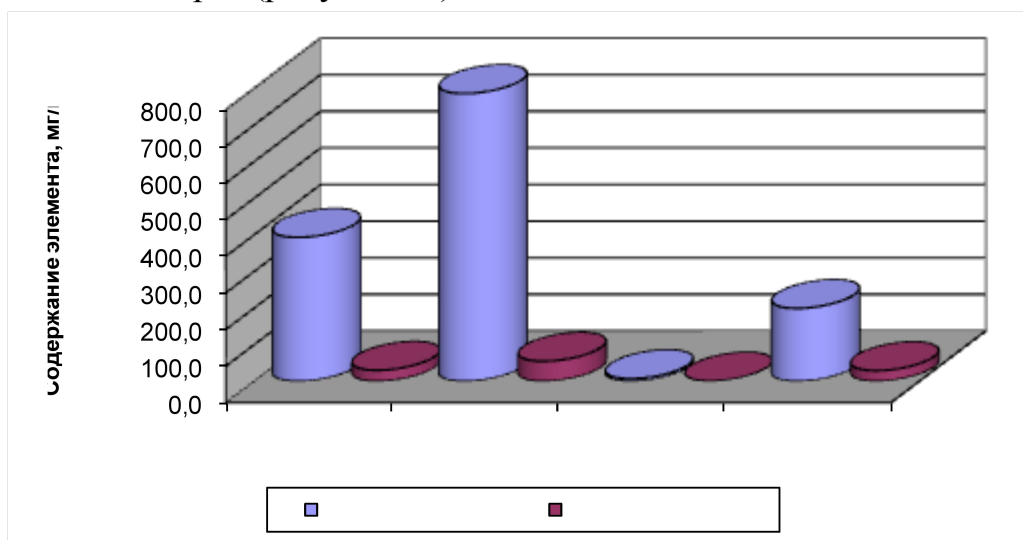


Рисунок 11 - Превышение максимального содержания химических элементов над минимальным в твердой фракции снега г. Павлодара

По результатам анализа твердой фракции снегового покрова установлено, что средняя концентрация химических элементов во всех исследованных пробах превышает фон в 3,1-12,9 раза. Максимальное превышение характерно

для кадмия (в 13,2 раз); минимальное – для меди (в 6,7 раза), цинка (в 5,5 раза), свинца (в 4,4 раза).

Корреляционная зависимость между химическими элементами в твердой фракции снегового покрова г. Павлодара представлена в таблице 34. Установлена сильная корреляционная связь между химическими элементами.

Таблица 34 - Корреляционная зависимость между химическими элементами в твердой фракции снега г. Павлодара

	Cu	Zn	Cd	Pb
Cu		0,87	0,91	0,87
Zn			0,81	0,80
Cd				0,85
Pb				

Средние концентрации химических элементов в твердой фазе, зафиксированные в снеге, существенно различаются по зонам города и отражают их среднюю насыщенность автотранспортом и промышленными предприятиями (таблица 35).

Таблица 35 - Содержание химических элементов в твердой фракции снега различных зон г. Павлодара, мг/кг

Элемент	Северная промзона	Восточная промзона	Центральная (селитебная) зона
Cu	$161,7 \pm 19,11$ 30,6-392,7	$135,2 \pm 27,6$ 29,8-293,3	$65,3 \pm 4,6$ 48,4-80,7
Zn	$290,1 \pm 36,19$ 87,9-785,5	$260,4 \pm 46,8$ 54,5-545,7	$190,1 \pm 11,1$ 150-235
Cd	$2,4 \pm 0,30$ 0,25-6,0	$2,3 \pm 0,63$ 1,2-7,0	$0,7 \pm 0,11$ 0,35-1,3
Pb	$110,7 \pm 10,7$ 28,9-198,7	$107,0 \pm 17,5$ 28,7-198,9	$69,1 \pm 7,24$ 42,3-95,6

Установлено, что среднее содержание Zn, Cu, Pb максимально в северной промзоне, как в снеговой воде, так и в твердой фракции снега. Среднее содержание Cd максимально в пробах, отобранных в восточной промзоне города. Самые низкие концентрации химических элементов в твердой фазе снегового покрова находятся на территории центральной зоны (таблица 36).

Таблица 36 - Сравнительная характеристика отдельных ареалов загрязнения твердой фракции снега г. Павлодара

Ареал загрязнения	Формула геохимической специализации
Северная промзона	$Cd_{14,9}Cu_{7,9}Zn_{6,0}Pb_{4,8}$

Продолжение таблицы 36

1	2
Восточная промзона	$Cd_{14,1}Cu_{6,6}Zn_{5,4}Pb_{4,6}$

Центральная (селитебная) зона	$Zn_{25,3}Cd_{4,6}Cu_{3,2}Pb_{3,0}$
Общее по городу	$Cd_{13,2}Cu_{6,8}Zn_{5,6}Pb_{4,5}$

По величине коэффициента вариации микроэлементов в твердой фракции снега исследуемые элементы образуют следующие убывающие ряды:

Северная промзона – $Cd_{62,8} > Zn_{62,4} > Cu_{59,1} Pb_{48,3}$

Восточная промзона – $Cd_{104,2} > Cu_{76,4} > Zn_{67,2} Pb_{61,2}$

Центральная зона – $Cd_{41,4} > Pb_{29,4} > Cu_{19,6} > Zn_{16,38}$.

В восточной и северной промзонах города содержатся максимальные концентрации химических элементов и в жидкой фракции снегового покрова (таблица 36). Регрессионные уравнения прямолинейной функции, отражающие закономерности между твердой фракцией и жидкой фракцией снега, твердой фракцией и почвой представлены в рисунках 12, 13 соответственно.

Установленные соотношения позволяют для перечисленных элементов определить уровни их содержания в депонирующих средах (почве, водной и твердой фракциях снега).

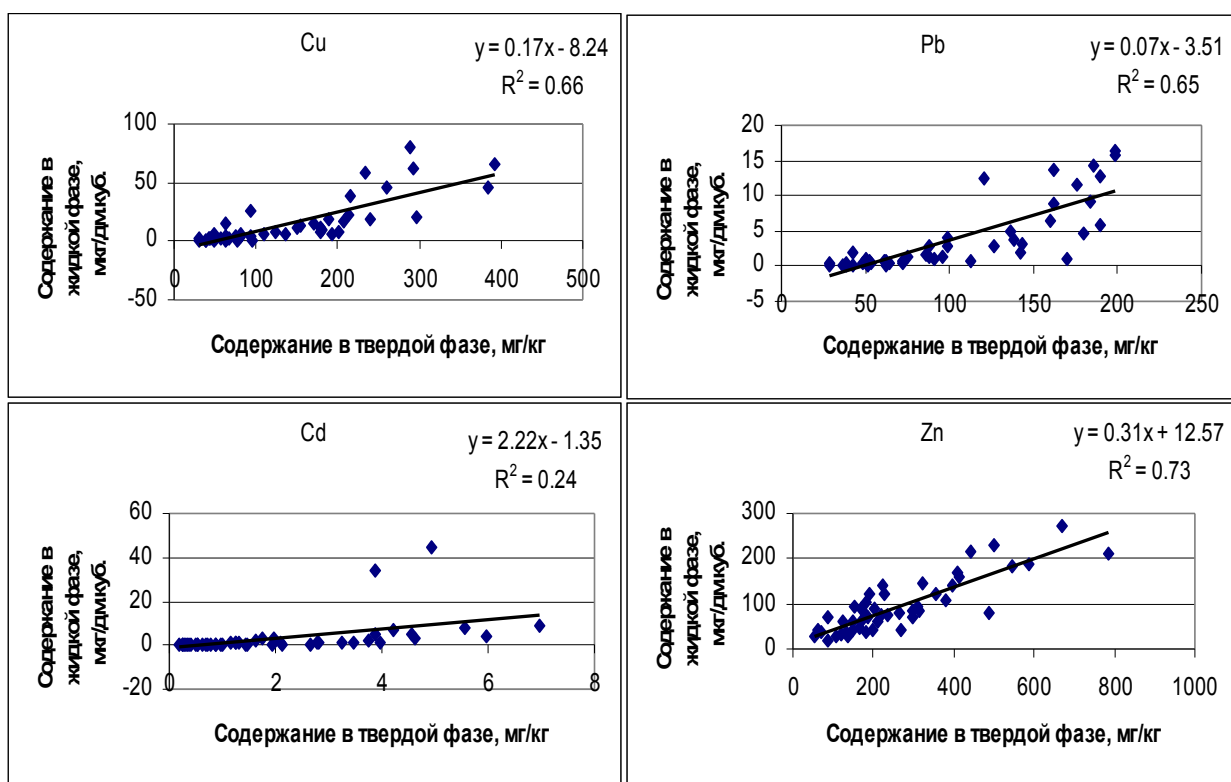
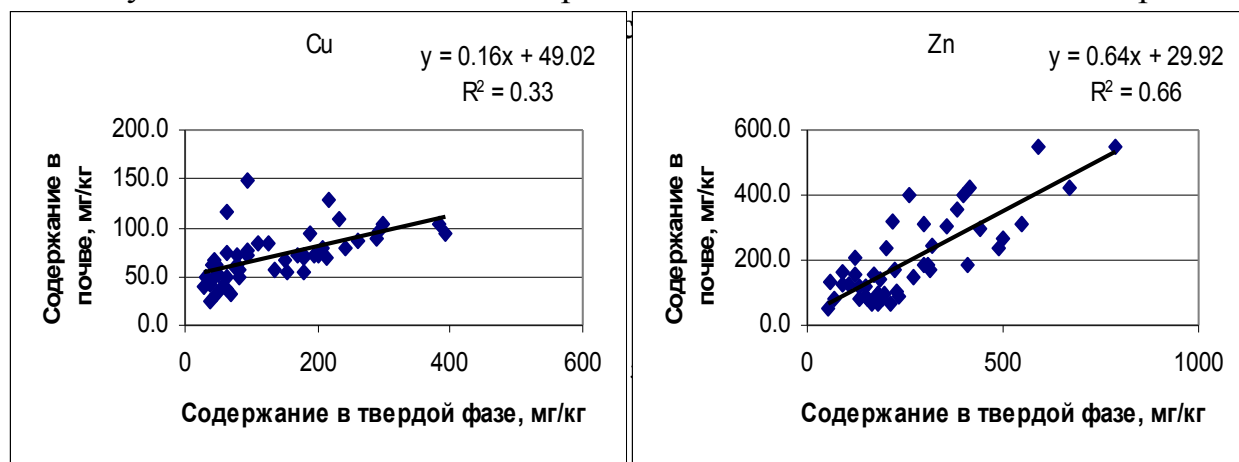


Рисунок 12 - Зависимость содержания химических элементов в твердой



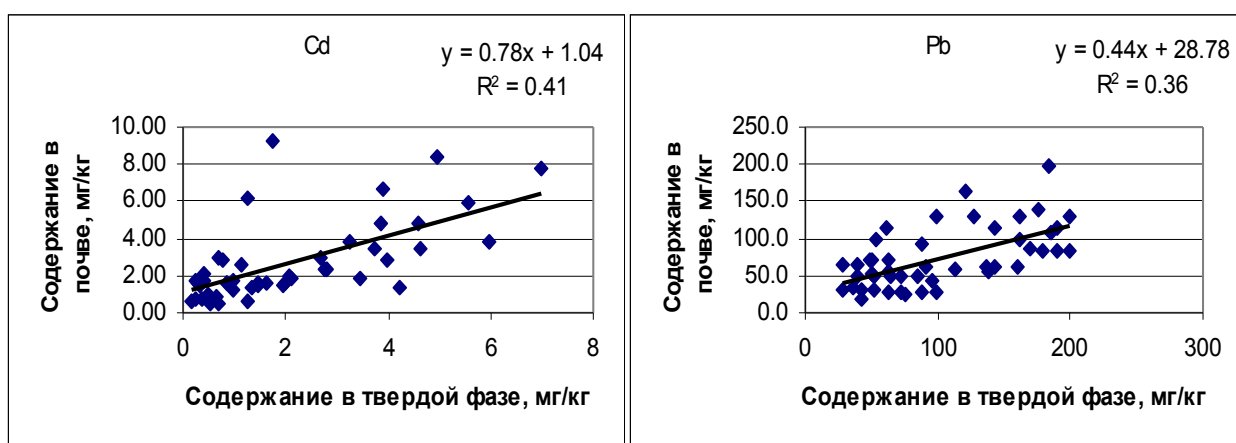


Рисунок 13 - Зависимость содержания химических элементов в твердой фракции снегового покрова и почве

Наиболее выраженные концентрации химических элементов в твердой фазе снегового покрова располагаются по направлениям господствующих ветров (юго-западное, юго-восточное, западное). По мере удаления от предприятия концентрация химических элементов в твердой фракции снега постепенно уменьшается (таблица 37).

Если на расстоянии 500 метров концентрация цинка составила 440,3 мг/кг, то на расстоянии 10 км – 54,5 мг/кг, т.е. концентрация уменьшилась в 8 раз. Концентрация кадмия уменьшилась в 25 раз, Pb – 4, Cu – в 8 раза соответственно.

Если на расстоянии 500 метров концентрация цинка составила 440,3 мг/кг, то на расстоянии 10 км – 54,5 мг/кг, т.е. концентрация уменьшилась в 8 раз. Концентрация кадмия уменьшилась в 25 раз, Pb – 4, Cu – в 8 раза соответственно.

Таблица 37 - Содержание химических элементов в твердой фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Алюминиевый завод» (юго-западное направление), мг/кг

Элемент	Расстояние от предприятия				
	500 м	1 км	3 км	5 км	10 км
Cu	232,8	215,6	42,2	38,7	29,8
Zn	440,3	320,6	87,9	60,7	54,5
Cd	4,9	3,9	0,4	0,3	0,2
Pb	120,3	175,6	48,7	38,7	28,7

Содержание цинка на расстоянии 5 км от нефтехимического завода уменьшилось в 6 раз по сравнению с концентрацией 100 м, Cd – 24, Pb – 5, Cu – в 9 раза соответственно (таблице 38).

Аналогичная картина наблюдается и в содержании химических элементов в зависимости от расстояния от предприятия «Химический завод», что представлено в таблице 39.

Таблица 38 - Содержание химических элементов в твердой фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Павлодарский нефтехимический завод» (южное направление), мг/кг

Элемент	Расстояние от предприятия				
	100 м	500 м	1 км	3 км	5 км
Cu	392,7	188,7	169,8	80,5	42,8
Zn	669,7	413,3	398,7	120,8	106,8
Cd	5,98	3,25	2,77	1,95	0,25
Pb	189,5	143,4	126,8	50,2	38,7

Таблица 39 - Содержание химических элементов в твердой фракции снегового покрова в зависимости от расстояния от предприятия «Химический завод» (западное направление), мг/кг

Элемент	Расстояние от предприятия			
	100 м	500 м	1 км	5 км
Cu	124,1	110,7	94,3	64,2
Zn	308,4	296,8	270,5	148,3
Cd	1,98	1,63	1,32	0,78
Pb	98,7	87,9	75,3	64,2

По результатам исследования нами были составлены карты-схемы распределения каждого отдельного элемента в твердой фазе снегового покрова на территории г. Павлодара, которые представлены в приложении В.

6. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах г. Павлодар

Валовое содержание тяжелых металлов и химических элементов в почвах г. Павлодара представлено в таблице 40.

По величине средней концентрации исследуемые элементы располагаются в следующем убывающем порядке: $Zn > Pb > Cu > Cd$.

В почвах города максимальное варьирование характерно для кадмия (586,6%); минимальное для меди (318,8%). По величине среднего коэффициента вариации исследуемые элементы располагаются в следующем убывающем порядке $Cd > Zn > Pb > Cu$.

Таблица 40 - Вариационно-статистические показатели валового содержания тяжелых металлов в почвах г. Павлодара

Элемент	K_v , мг/кг	$M \pm m$, мг/кг	σ , мг/кг	$V, \%$
Cu	17,4-149,2	$53,8 \pm 1,1$	28,2	318,8
Zn	42,2-549,8	$136,1 \pm 4,1$	102,3	457,8
Cd	0,35-9,23	$1,9 \pm 0,08$	1,9	586,6
Pb	16,9-198,6	$56,7 \pm 1,5$	36,5	392,7

Для рассматриваемой территории характерна мозаичность содержания химических элементов. В почвах города максимальное количество цинка превышало минимальное в 13 раз, кадмия – в 26,4 раза, меди – в 8,6, свинца – в 11,8 раз (рисунок 14).

Установлено, что средняя концентрация химических элементов во всех исследованных пробах почв превышает фон в 1,6-22,5 раза (таблица 41). Максимальное превышение фона характерно для ртути (в 22,5 раза), кадмия (в 5,4 раза), кобальта (в 2,8 раза), молибдена (в 3,1 раза).

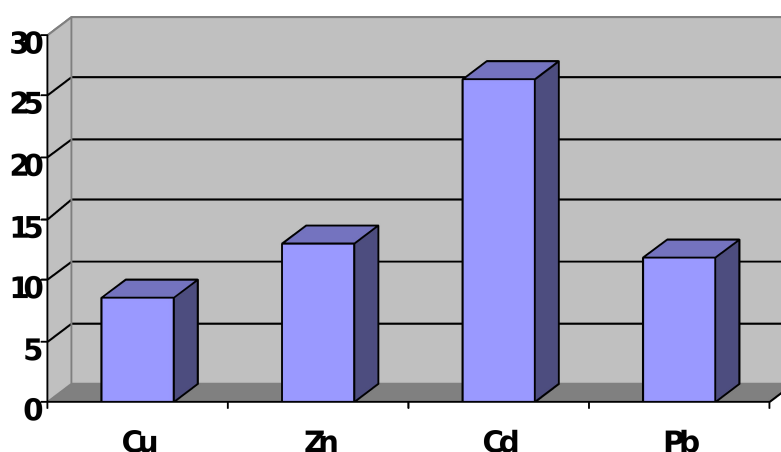


Рисунок 14 - Превышение максимального содержания ТМ над минимальным в почвах г. Павлодар

Средняя концентрация химических элементов в почвах г. Павлодара – в 1,6-20,7 раза выше их кларка в земной коре и в 2,7-15 раза их кларка в почве (таблица 41). В почвах города от 6,3 до 15,2% проб, содержащих химические элементы, превышают их ПДК.

Наиболее опасными для состояния окружающей среды считаются бериллий, кадмий, хром, медь, ртуть, никель, свинец, ванадий, цинк, а наиболее ядовитыми как для высших растений, так и для ряда микроорганизмов являются ртуть, медь, никель, свинец, кобальт, кадмий и, вероятно, также бериллий.

Таблица 41 - Сравнительная оценка содержания химических элементов в почвах г. Павлодара, мг/кг

Элемент	Среднее содержание	Фон	Кларк в земной коре, [97]	Кларк в почве, [98]	ПДК, [68]	Число проб (в %), выше ПДК
Cu	53,8	17,9	47	20	100	6,3
Zn	136,1	42,4	83	50	300	10,1
Cd	1,95	0,36	0,13	0,5	3	15,2
Pb	56,66	15,7	16	10	100	11,4

Наибольшие концентрации Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, Mn, Co, Mo, Be в почвах характерны для восточной промзоны. Наименьшие концентрации характерны для центральной (селитебной) зоны. Как показали исследования, средняя концентрация тяжелых металлов в восточной промзоне в 1,9-5,3 раза выше концентрации этих металлов в северном пригороде. Так, содержание кадмия в восточной промзоне превышает таковое в северном пригороде в 5,3 раза, цинка – в 3,0 раза и т.д.

Дана оценка состояния почв различных зон города не только по уровню содержания отдельных элементов, но и по суммарному содержанию загрязняющих почвы элементов (таблица 42).

Таблица 42 – Содержание химических элементов в почвах различных зон г. Павлодара

Элемент	Северная промышленная	Восточная промышленная	Центральная селитебная
Cu	<u>55,2±1,2 (122,0)</u> 24,2-104,2	<u>73,5±3,2 (60,1)</u> 28,3-149,2	<u>47,4±1,2 (14,7)</u> 31,5-61,3
Zn	<u>150,2±6,5 (241,7)</u> 48,2-549,8	<u>178,2±8,7 (68,3)</u> 49,7-358,4	<u>89,6±2,5 (16,6)</u> 63,2-123,5
Cd	<u>1,79±0,06 (182,0)</u> 0,35-4,76	<u>3,4±0,3 (107,3)</u> 0,48-9,23	<u>1,21±0,07 (36,4)</u> 0,53-2,37
Pb	<u>54,1±1,7 (175,2)</u> 16,9-130,4	<u>83,8±4,2 (69,3)</u> 28,7-198,6	<u>46,6±2,0 (24,6)</u> 28,2-71,3

Примечание: в числителе – средняя арифметическая и ее ошибка, мг/кг; в скобках – коэффициент вариации, %; в знаменателе – предел колебаний, мг/кг.

Наиболее выраженные концентрации химических элементов в почвенном покрове располагаются по направлениям господствующих ветров от промышленных предприятий и ТЭЦ (юго-западное, юго-восточное, западное). По мере удаления от промышленных центров концентрация элементов в почвенном покрове постепенно уменьшается. Что подтверждается данными таблиц 43 и 44, на примере двух заводов. Содержание меди на расстоянии 9 км от алюминиевого завода уменьшилось в 2,4 раза по сравнению с концентрацией на расстоянии 500 м, Zn – в 3,7, Cd – 10,4, Pb – 3,6 раза соответственно.

Таблица 43 - Содержание химических элементов в почвах в зависимости от расстояния от предприятия «Алюминиевый завод» (западное направление), мг/кг

Элемент	Расстояние от предприятия					
	500 м	1 км	3 км	5 км	7 км	9 км
Cu	97,4	86,5	72,3	62,1	58,4	39,8
Zn	308,4	184,9	167,8	98,6	103,5	79,8
Cd	7,73	1,33	1,64	0,92	1,26	0,74
Pb	108,5	97,5	60,8	51,5	42,3	29,7

По мере удаления от химического завода концентрация химических элементов в почвенном покрове постепенно уменьшается.

Таблица 44 - Содержание химических элементов в почвах в зависимости от расстояния от предприятия «Химический завод» (южное направление), мг/кг

Элемент	Расстояние от предприятия					
	500 м	3 км	5 км	7 км	10 км	15 км
Cu	80,1	104,2	72,4	57,9	68,9	48,7
Zn	235,4	549,8	398,6	154,6	167,3	63,2
Cd	3,43	4,76	2,34	1,53	2,95	0,53
Pb	83,6	128,7	130,4	72,4	87,5	28,2

Загрязнение почв г. Павлодара носит полиметалльный характер и распределяется мозаично, образуя очаги. Почвы центральной (селитебной) зоны имеют допустимый уровень загрязнения, а почвы северной и восточной промзон характеризуются высокой степенью загрязнения.

В результате исследований, установлено, что цинк, кадмий и свинец локализованы в почвогрунтах г. Павлодара выраженными аномалиями, т.е. максимально специализированными комплексами, что позволяет предположить существование единого техногенного источника загрязнения. Выявленные особенности накопления ТМ в почвогрунтах свидетельствуют: для селитебной зоны характерна свинцово-цинковая ассоциация ($r_{0,75}$). В северной промзоне лидирующее положение занимают элементы: Pb ($5,5 \pm 0,8$ мг/кг) и Cd ($0,60 \pm 0,02$ мг/кг). Установлен геохимический ряд (Кс) накопления в почвогрунте г. Павлодара токсичных элементов 1 и 2 класса опасности: $Pb_{30} > Cd_{20} > Zn_{15,8} > Cu_{1,7}$. Суммарный коэффициент загрязнения для почвогрунтов г. Павлодара

(64,5) отражает высокий уровень загрязнения в соответствии с общепринятой градацией загрязнения городов, т.е. наличие опасного уровня загрязнителей (тяжелых металлов) для здоровья населения [103].

Принимая во внимание сложившиеся условия, разрабатываются экологически перспективные агроприемы, обеспечивающие реабилитацию загрязненных свинцом почв и усиление роста растений с целью создания нормальных условий для проживания населения на территории промышленного города. Результаты изучения возможности очистки на основе исследовательской работы указывают на то, что почва может быть очищена химическими веществами для снижения бионакопления свинца в почве до 14%. Поэтому, при очистке почвы концентрация свинца может достигнуть 2,860 мг/кг (400/0,14). Использование консервативного метода очистки для обработанных почв в размере 2,500 мг/кг привело к прогнозируемым показателям, снижения содержания свинца в крови у 90% детей до < 10 мг/дл и средний уровень свинца в крови будет 5,5 мг/дл.

Многими странами с целью реабилитации почвенного покрова и восстановления его плодородных свойств проводится рекультивация (восстановление) разрушенных участков почвенного покрова. В процессе рекультивации происходит формирование почв, создание их плодородия. Для этого на отвальные грунты наносят гумусированный слой, однако если отвалы содержат токсичные вещества, то сначала его покрывают слоем нетоксичной породы (например, лёсса) на которую уже наносится гумусированный слой.

Техническая рекультивация включает снятие, складирование и сохранение плодородного слоя почвы участка работ, а также потенциально плодородных пород и при необходимости транспортировку их к новому месту укладки и культурно технических мероприятий (включая строительство гидротехнических сооружений, дренажной сети, раскорчевку древесно-кустарниковой растительности), а также химическую мелиорацию токсичных пород и загрязненных почв.

При биологической рекультивации земель под пашню подбирают сельскохозяйственные культуры и мелиоративные севообороты, устанавливают нормы и периодичность внесения органических и минеральных удобрений, а также химических мелиорантов, разрабатывают технологии обработки почвы

Рекультивация загрязненной свинцом территории города и прилегающих к нему территорий производится на основании проектов, разрабатываемых проектными организациями министерств и ведомств, осуществляющих указанную работу с привлечением на договорной основе проектных организаций.

Реализация подобных технологий с использованием отработанных методов и прошедших испытаний мировой практикой агроприемов позволяют осуществить программы по реабилитации почвенного покрова от загрязнений тяжелыми металлами крупных металлургических городов страны. При биологической рекультивации земель под пашню подбирают сельскохозяйственные культуры и мелиоративные севообороты, устанавливают

нормы и периодичность внесения органических и минеральных удобрений, а также химических мелиорантов, разрабатывают технологии обработки почвы.

В результате проведенного анализа многофакторного загрязнения окружающей среды в зоне Павлодарского промышленного узла и его влияния на здоровье населения можно утверждать, что данная территория относится к экологически неблагоприятным регионам. Наиболее неблагоприятная ситуация складывается в Северном и Восточном промрайонах. Особенностью данных территорий является то, что население подвержено влиянию комплекса химических токсикантов, поступающих не только с атмосферным воздухом, но и через пищевые цепи за счет загрязнения почв и природных вод.

Территория города подвержена интенсивному техногенному загрязнению, которое распространяется на все виды природных депонирующих сред: почвенный покров, водные объекты, атмосферный воздух, снеговой покров.

В г. Павлодаре и Павлодарской области сохраняется достаточно сложная экологическая ситуация. Это вызвано тем, что регион исторически является одним из крупнейших индустриально-энергетических регионов страны. На территории области сохраняются проблемы, источник которых – не только деятельность промышленных предприятий, но и урбанизация, близость Семипалатинского испытательного полигона, экстерриториальные (трансграничные) проблемы, проблемы локальных объектов (в том числе бесхозных).

Геоэкологические условия региона определяются техногенными преобразованиями природной среды, вызванными деятельностью предприятий и формированием антропогенных ландшафтов.

Окружающая среда г. Павлодара подвержена природной и техногенной трансформации, что подтверждается результатами проведенных исследований, которые существенно отличаются от фоновых региональных и биосферных параметров. Накопление поллютантов (элементов 1-3 класса опасности) как в почвогрунтах, так и в снеговом покрове, носит неравномерный, локально-очаговый характер на территории г. Павлодара.

Систематические наблюдения за химическим составом взаимосвязанных депонирующих сред на одной и той же территории, позволяют выявить тенденцию в изменении качества окружающей среды, обнаружить новые очаги загрязнения, дать эколого-геохимическую оценку ситуации и спрогнозировать возможные варианты развития событий, что и определяет актуальность проведения экологического мониторинга.

Геохимический состав снежного покрова по существу отражает эколого-геохимическое состояние атмосферы, суммируя воздействие природных, природно-техногенных и техногенных факторов и характеризуют динамику и контуры аэрогенного загрязнения на период образования снежного покрова.

Существенная часть накоплений в снеге формируется за счет сухого осаждения из приземного слоя атмосферы и носит преимущественно антропогенный характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Город Павлодар испытывает большие экологические нагрузки по загрязняющим веществам, которые содержатся в выбросах промышленных предприятий в атмосферу, водную среду и литосферу. Для конкретной территории техногенное воздействие этих веществ негативно проявляется на фоне радиоактивного загрязнения техносферы ядерными испытаниями Семипалатинского полигона, применением пестицидов в сельском хозяйстве, падения отделяющихся ступеней ракет, радоновым загрязнением определенных зон и т.д. Поэтому разработка методологии получения достоверной информации по уровню загрязнения определенных зон промышленного центра с учетом выбросов автотранспортных средств является необходимой для проведения природоохранной деятельности.

Для г. Павлодара характерна мозаичность содержания цинка. В почвах города максимальное количество цинка превышало минимальное в 13 раз.

Установлено, что средняя концентрация цинка во всех исследованных пробах почв превышает фон в 3,2 раза. Максимальное превышение фона характерно для ртути (в 22,5 раза), кадмия (в 5,4 раза), кобальта (в 2,8 раза), молибдена (в 3,1 раза).

Средняя концентрация цинка в почвах г. Павлодара – в 1,6 раза выше их кларка в земной коре и в 2,7 раза их кларка в почве. В почвах города 10,1% проб, содержащих цинк, превышают ПДК.

Уровень концентрации цинка в почвах различных зон г. Павлодара неодинаков, что отражает специфику разнопрофильных производств, их неодинаковую техногенную нагрузку, степень очистки выбросов и т.д.

Наибольшие концентрации Zn в почвах характерны для восточной промзоны. В данной зоне расположены алюминиевый завод и ТЭЦ, которыми выбрасывается до 90% от общего количества загрязняющих веществ в год.

Наименьшие концентрации характерны для северного пригорода, что объясняется отдаленностью промышленных предприятий. Как показали исследования, средняя концентрация цинка в восточной промзоне в 3 раза выше концентрации этого металла в северном пригороде.

Наиболее выраженные концентрации цинка в почвенном покрове располагаются по направлениям господствующих ветров от промышленных предприятий и ТЭЦ (юго-западное, юго-восточное, западное). По мере удаления от промышленных центров концентрация цинка в почвенном покрове постепенно уменьшается. Что подтверждается данными таблиц 25 и 26, на примере двух заводов. Содержание цинка на расстоянии 9 км от алюминиевого завода уменьшилось в 3,4 раза по сравнению с концентрацией на расстоянии 500 м.

Средняя концентрация кислоторастворимой формы цинка варьирует от 2,3 мг/кг до 334,3 мг/кг. Коэффициент варьирования кислоторастворимых форм

цинка составляет 991,2%. Средняя концентрация кислоторастворимых форм цинка во всех исследованных пробах почв превышает фон в 0,74 - 107,8 раза.

Установлено, что содержание кислоторастворимых форм соединений Zn максимально в пробах, отобранных в восточной промзоне города. Самые низкие концентрации кислоторастворимых форм тяжелых металлов находятся в почвах на территории северного пригорода.

По результатам исследований содержание водорастворимых форм соединений цинка колеблется от 0,05 до 0,20 мг/кг.

Среднее содержание обменных форм цинка – 0,19 мг/кг. В данную фракцию переходит 0,54% от валового содержания.

На основании анализа статистических данных Павлодарского территориального управления охраны окружающей среды и областного статистического управления установлено, что основными источниками загрязнения являются стационарные источники (главные из которых Павлодарский нефтехимический, тракторный и алюминиевый заводы, а также предприятия по выработке тепла - ТЭЦ 1, 2, 3) и автотранспорт. Ими ежегодно в атмосферу выбрасывается 109,8 тыс. тонн поллютантов.

Загрязнение снежного покрова города Павлодара носит полиметалльный характер и распределяется по территории г. Павлодара мозаично, образуя очаги в зависимости от источников выбросов. Основными загрязняющими компонентами снегового покрова г. Павлодара по отношению к фону являются ртуть, кадмий, медь, свинец. Высокое содержание химических элементов в компонентах снегового покрова в различных зонах города приводит к загрязнению ими почв на этих участках.

Выведенные корреляционные связи между химическими элементами в водной и твердой фракциях снегового покрова показали, что существует сильная корреляционная зависимость между исследуемыми металлами. На основании результатов исследований выявлены регрессионные связи между снеговой водой и почвой, твердой фазой снегового покрова и снеговой водой, твердой фазой снегового покрова и почвой. Установленные соотношения позволяют определить уровни содержания химических элементов в депонирующих средах (почве, водной и твердой фракциях снега).

Наиболее выраженные концентрации химических элементов в водной и твердой фазах снегового покрова определяются направлением господствующих ветров и расстоянием от промышленных центров. Запыленность изученных территорий колебалась от 8,2-591,9 кг/км²·сут, уменьшаясь в целом по мере удаления от промышленных площадок. Общая нагрузка химических элементов на окружающую среду города (массы загрязнителя, выпадающего на единицу площади за единицу времени) в водной и твердой фазах снегового покрова составила 14,3 мг/км²·сут и 70,7 г/км²·сут соответственно.

На основе полученных данных на территории города выделены зоны, относящиеся к очень высокому ($Z_c > 256$), высокому ($Z_c = 128-256$), среднему ($Z_c = 64-128$) и низкому уровням загрязнения ($Z_c = 32-64$). По среднему суммарному коэффициенту загрязнения ареалы г. Павлодара располагаются в

следующем убывающем порядке: северная промзона > восточная промзона > центральная (селитебная) зона. Зоны подробно охарактеризованы с точки зрения преобладающих источников загрязнения, геохимических спектров и адресной привязки наиболее интенсивно загрязненных участков.

Составленные карты-схемы суммарного загрязнения и распределения каждого химического элемента и их ассоциаций на территории города имеют большое прикладное значение для дальнейшего мониторинга среды г. Павлодара и принятия природозащитных мероприятий.

Таким образом, по комплексу эколого-геохимических показателей наиболее неблагоприятными для проживания населения являются восточная, северная, юго-восточная части города, где расположены различные по специфике производства промышленные предприятия.

На основе анализа закономерностей распределения токсичных элементов в почвах проведено сопоставление аномальных ареалов в связи с разнородными антропогенными источниками влияния, определен геохимический спектр аномалий, позволяющий проводить идентификацию источников загрязнения, определять и разграничивать зоны их влияния. Методически обоснованное решение этих задач позволяет достоверно оценить степень и масштабы негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, своевременно и в нужном направлении принять решение о разработке и реализации необходимых природоохранных средств, обеспечивающих экологическую безопасность территории.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Почва, город, экология / Под. ред. Г.В. Добровольского – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
2. Казахстан: 1991-2002 годы. Информационно-аналитический сборник. Агентство Республики Казахстан по статистике. - Алматы: ТОО «Интеллсервис», 2002, с. 70
3. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.
4. Строганова М.Н. Роль почв в городе / М.Н. Строганова, А.Д. Мягкова, Т.В. Прокофьева // Почвоведение. 1997. №1. С. 16-24.
5. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
6. Минеев В.Г. Экологические проблемы агрохимии. – М., 1988. – 283 с.
7. Краснокутская О.Н., Кузьмич М.А., Выродова Л.П. Хром в объектах окружающей среды // Агрохимия. – 1990. – №2. – С. 128-140.
8. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.
9. Кадмий: Экологические аспекты. – Женева: ВОЗ, 1994. – 160 с.
10. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение. – М.: Изд-во «Пролетарский светоч», 1997. – 290 с.
11. Пронина Н.Б. Экологические стрессы (причины, классификация, тестирование, физиолого-биохимические механизмы). – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 312 с.
12. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.
13. Вернадский В.И. Биосфера, очерки первый и второй (1926). Избр. соч. – Т. 5. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.
14. Авцын П.А., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
15. Добровольский В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // Почвоведение. – 1997. - №4. – С.431-441.
16. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 204 с.
17. Кеннет Г., Фальчук И. Нарушения метаболизма микроэлементов // Внутренние болезни. – Кн.2. – М.: Медицина, 1993. – С. 451-457.
18. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
19. Рэуце К., Кырстя С. Борьбы с загрязнением почвы. – М.: Агропромиздат, 1986. – 221 с.
20. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Колос, 1974. – С. 299.

21. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Метеоиздат, 1982. – 109 с.
22. Кальницкий Б.Д. Минеральные вещества в кормлении животных. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 207 с.
23. Покатилов Ю.Г. Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы (экологические проблемы химии биосферы и здоровья населения). – Новосибирск: Наука, 1993. – 168 с.
24. Макаров В.Н. Свинец в биосфере Якутии. – Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 2002. – 114 с.
25. Nriagu J. O. A global assessment of natural Sources of atmospheric trace metals // Nature. – 1989. – Vol.338. - № 6210. – P. 47-49.
26. Геохимия техногенеза. – Новосибирск: Наука, 1986. – 143 с.
27. Kabala C. and Singh B.R. Fractionation and Mobility of Copper, Lead, and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter. // J. Environ. Qual. – 2001. - №30. – P. 485-492.
28. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. – М.: Мысль, 1983.
29. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М., 1984. – 560 с.
30. Саэт Ю.В. Антропогенные геохимические аномалии свинца // Свинец в окружающей среде. – М.: Наука, 1987. – С. 130-149.
31. Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана. – Алматы: Изд-во «Эверо». – 2000. – 338 с.
32. Горбатов В.С., Зырин Н.Г. О выборе экстрагента для вытеснения из почв обменных катионов тяжелых металлов // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. – 1987. – №2. – С.22-26.
33. Панин М.С. Химическая экология: Учебник для вузов / Под ред. Кудайбергенова С.Е. – Семипалатинск, 2002. – 852 с.
34. Большаков В.А., Краснова Н.М., Борисочкина Т.И., Сорокин С.Е., Граковский В.Г. Агротехногенное загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами: источники, масштабы, рекультивация. – М., 1993. – 90 с.
35. Черных Н.А. Закономерности поведения тяжелых металлов в системе почва – растение при различной антропогенной нагрузке: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. - М., 1996. – с. 39.
36. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. – М.: Химия, 1996. – 319 с.
37. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
38. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Наука, 1973. Кн.1. 448 с., Кн.2. 468 с.
39. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. – Пущино, 1989.

40. Волобуев В.Р. Экология почв. – Баку, 1963
41. Добровольский Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв) / Г.В. Добровольский, Г.Р. Никитин. – М.: Наука, 1990. – 261 стр.
42. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 183 стр.
43. Ковда В.А. Роль и функции почвенного покрова в биосфере Земли. Пущино, ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1985. С. 501-505.
44. Розанов Б.Г. Основные тенденции изменения почвенного покрова Земли под воздействием человека / Б.Г. Розанов, А.Б. Розанов // Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: Геос, 1999. 278 с.
45. Аржанова В.С. Миграция микроэлементов в почвах (по данным лизиметрических исследований) // Почвоведение. – 1977. - №4. – С. 71-78.
46. Возбуцкая А.Е. Химия почвы. – М.: ВШ, 1968. – 428 с.
47. Воробьева Л.А. Элементы прогноза уровня концентраций тяжелых металлов в почвенных растворах и водных вытяжках из почв / Л.А. Воробьева, Т.А. Рудакова, Е.А. Лобанова // Тяжелые металлы в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1980 – С. 28-34
48. Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах. / Под ред. М.А. Глазовской. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 196 с.
49. Добровольский В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами // Почвоведение. – 1999. - №5. – С. 639-645.
50. Antonovics J., Bradshaw A.D., Turner R.G. Heavy metal tolerance in plants *Advances in Ecological Research*. – L., N.Y.: Academic Press, 1971. – Vol. 7. – P. 2-86.
51. Гармаш Г.А. Содержание свинца и кадмия в различных частях картофеля в различных частях картофеля и овощей, выращенных на загрязненной этими металлами почве // Химические элементы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 105.
52. Гармаш Н.Ю. Влияние тяжелых металлов на величину и качество урожая сельскохозяйственных культур: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Новосибирск, 1986. – 18 с.
53. Ильин В.Б., Степанова М.Д. Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение // Почвоведение. – 1979. - №11. – С.61-67.
54. Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В. и др. Химическое загрязнение почв и их охрана. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.
55. Убугунов В.Л., Кашин В.К. Тяжелые металлы в садово-огородных почвах и растениях г. Улан-Удэ. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2004. – 128 с.
56. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – с. 7-20.
57. Adriano D.C. Trace elements in the terrestrial environments. – New York, Berlin, Heidelberg, Tokio: Springer-Verlag, 1986. – 533 p.

- 58.Новикова О.В., Кошелева Н.Е. Биогеохимия тяжелых металлов в городских ландшафтах // Доклады III Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». Т.1 – Семипалатинск – Казахстан – 2004
- 59.Лепнева О.М. Влияние антропогенных факторов на химическое состояние почв города (на примере г. Москвы): Автореф. дис. канд. биол. наук. – М., 1987. – 25 с.
- 60.Ильин В.Б., Сысо А.И., Байдина Н.Л., Конарбаева Г.А. Техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами в левобережной части Новосибирска // География и природные ресурсы. – 1988. - №1. – С. 42-48.
- 61.Ильин В.Б., Сысо А.И., Конарбаева Г.А., Байдина Н.Л. К экологической обстановке в Новосибирске: тяжелые металлы в местных почвах и огородных культурах // Агрохимия. – 1997. - №3. – С. 76-83.
- 62.Kathryn M. Catlett, Dean M. Heil, Willard L. Lindsay, and Michael H. Ebinger. Soil Chemical Properties Controlling Zinc²⁺ Activity in 18 Colorado Soils. // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2002. - № 66. – P. 1182-1189.
- 63.Ильин В.Б. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов // Агрохимия. – 1985. - №10. – С.94-101.
- 64.Ильин В.Б. О нормировании содержания тяжелых металлов в растениях // Химия в сельском хозяйстве. – 1987. - №8. – С.63-65.
- 65.Касимов Н.С., Перельман А.И., Евсеев А.В. и др. Экогеохимия городских ландшафтов. – М., 1995. – 333 с.
- 66.Белоголовов В.Ф. Геохимический атлас Улан-Удэ. – Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1989. – 51 с.
- 67.Буренков Э.К., Гинзбург Л.Н., Грибанова Н.К. и др. Комплексная эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей природной среды. – М.: «Прима-Пресс», 1997. – 72 с.
- 68.Kloke A. Richwerte'80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // Mitteilunger VDLUFA. – 1980. – Н. 1-3. – S. 9-11
- 69.Vetter H., Mghlhop R., Frbchtenicht K. Immisionstoffbelastung in der Nachbarschaft einer Blei – und Zinkhtte // Berichte uber Landwirtschaft. – 1974. – Bd 52. – Н.2. – S. 327 –350.
- 70.Зырин Н.Г., Каплунова Е.В., Сердюкова А.В. Нормирование содержания тяжелых металлов в системе почва-растение // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. - №6. – С.45-48.
- 71.Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение, 2002, №6, стр. 682-692.
- 72.Боев В.И. Тяжелые металлы в почвах и огородных культурах г. Семипалатинска: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Новосибирск, 2000. – 24 с.
- 73.ГОСТ 10144 – 88. Методы агрохимического анализа. Определение подвижной меди в почвах по Пейве и Ринькису в модификации ЦИНАО. – М.: Изд-во стандартов, 1998.

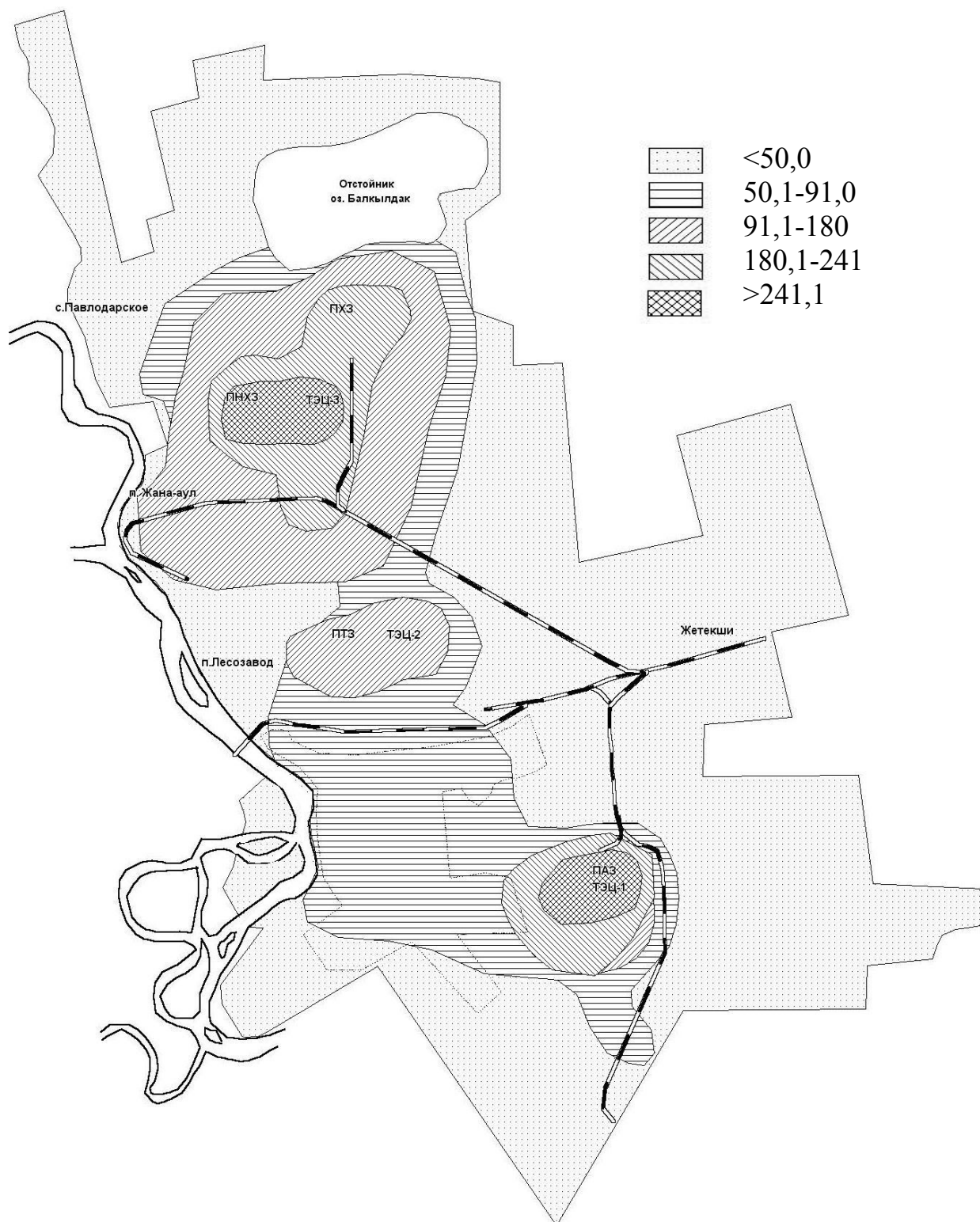
- 74.Ринькис Г.Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. – Рига: Изд-во АН ЛССР, 1963. – 160 с.
- 75.Агрохимические методы исследований почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
- 76.Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия – 1995 г. - №10. – С. 109-113
- 77.Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
- 78.Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
- 79.Саэт Ю.В., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 334 с.
- 80.Найштейн С.Я., Меренюк Г.В., Чегринцев Г.Я. Гигиена окружающей среды и применение удобрений. – Кишинев: Штинница, 1987. – С. 143.
- 81.Хлыстун Н.М. Комплексная оценка загрязнения природных сред города Павлодара // Вестник КазГУ. Серия экологическая, №2. С. 15-17.
- 82.Панин М.С., Гельдымамедова Э.А., Ажаев Г.С. Эколого-геохимическая характеристика атмосферных осадков г. Павлодара. – Доклады II Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». – Семипалатинск, Казахстан, 2002. – Том 2. – С.142-154.
- 83.Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания. – М.: Мир. 1995. – Кн. 4: Здоровье и среда, в которой мы живем. – 191 с.
- 84.Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. – 1995. - №10. – С.109-113.
- 85.Ильин В.Б. Буферные свойства почвы и допустимый уровень ее загрязнения тяжелыми металлами // Агрохимия. – 1997. – С.65-70.
- 86.Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М., 1992
- 87.Тяжелые металлы в системе почва – удобрение / Под общей ред. М.М. Овчаренко. М.: ЦИНАО, 1997. – 290 с.
- 88.Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. М.: МГУ, 1985. – 208 с.
- 89.Касимов Н.С., Кошелева Н.Е., Самонова О.А. Подвижные формы тяжёлых металлов в почвах лесостепи среднего Поволжья (опыт многофакторного регрессионного анализа) //Почвоведение, 1995. - № 6. - с. 705 - 713.
- 90.Протасова Н.А., Щербаков А.П., Копеева М.Т. Редкие и рассеянные элементы в почвах Центрального Черноземья. Воронеж: ВГУ, 1992. 168 с.
- 91.Васяев Г.Н. Применение аммиачно-ацетатного буферного раствора с рН 4,7 для определения макро- и микроэлементов из одной навески почвы // Записки Ленинградского с/х института, 1969. – Т. 128. - № 3.
- 92.Зырин Н.Г., Стоилов Г.П. Использование метода проростков для определения подвижности микроэлементов в почвах и оценки химических методов // Агрохимия, 1964. - №7.

- 93.РД 52.18.289-90 «Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом». М.: Госкомгидромет, 1990. – 35 с.
- 94.Изерская Л.А., Воробьева Т.Е. Формы соединений тяжелых металлов в аллювиальных почвах средней Оби // Почвоведение, 2000. - №1. – с. 56-62.
95. Минздрав СССР. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М. – 1987.
- 96.СанНиП №3.05.004.96 от 09.04.96 года «Оценочные показатели санитарного состояния почвы населенных мест».
- 97.Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 277 с.
- 98.Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. - №7. – С.555-571.
- 99.Curzydło Jozef. Jakie oprewy przy omtostadach iw regionie Hute im Lenina Aura. – 1985. - № 7.
100. Thornton J. Metal Contamination of soils in V.K. urban gardens: implications to health. Contaminated soil. Eds. Assink. J. W. Vom. den. Brink. W. J. Dardenecht. Boston. Zancaster. Mantinus Nijhoff Publ. – 1986. – P. 203.
101. Ягодин Б.А., Виноградова С.Б., Говорин В.В. Кадмий в системе почва – удобрения – растения – животные организмы и человек // Агрохимия. – 1989. - №5. – С.118-130.
102. Эколого-географический атлас промышленных центров Казахстана, 2001.
103. Методические рекомендации по оценке загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – М., 1990 г.
104. 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.
105. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Свинец в почвах и овощных культурах г. Павлодара // Вестник СГУ, Семипалатинск, №1, 2006
106. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Медь и цинк в почвах и овощных культурах г. Павлодар // Вестник ПГУ. Серия химико-биологическая, №1, 2006
107. Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Никель в почвах г. Павлодара // Вестник ПГУ. Серия химико-биологическая, №1, 2006
Панин М.С., Гельдымамедова Э.А. Кадмий в почвах и овощных культурах г. Павлодара // Вестник КазНУ. Серия экологическая, №1(18), 2006
108. Королева Г.П. Исследование загрязнения снегового покрова как депонирующей среды. / Г.П. Королева, А.Г. Горшков, Т.П. Виноградова, Е.В. Бутаков, И.И. Маринайте, Т.В. Ходжер

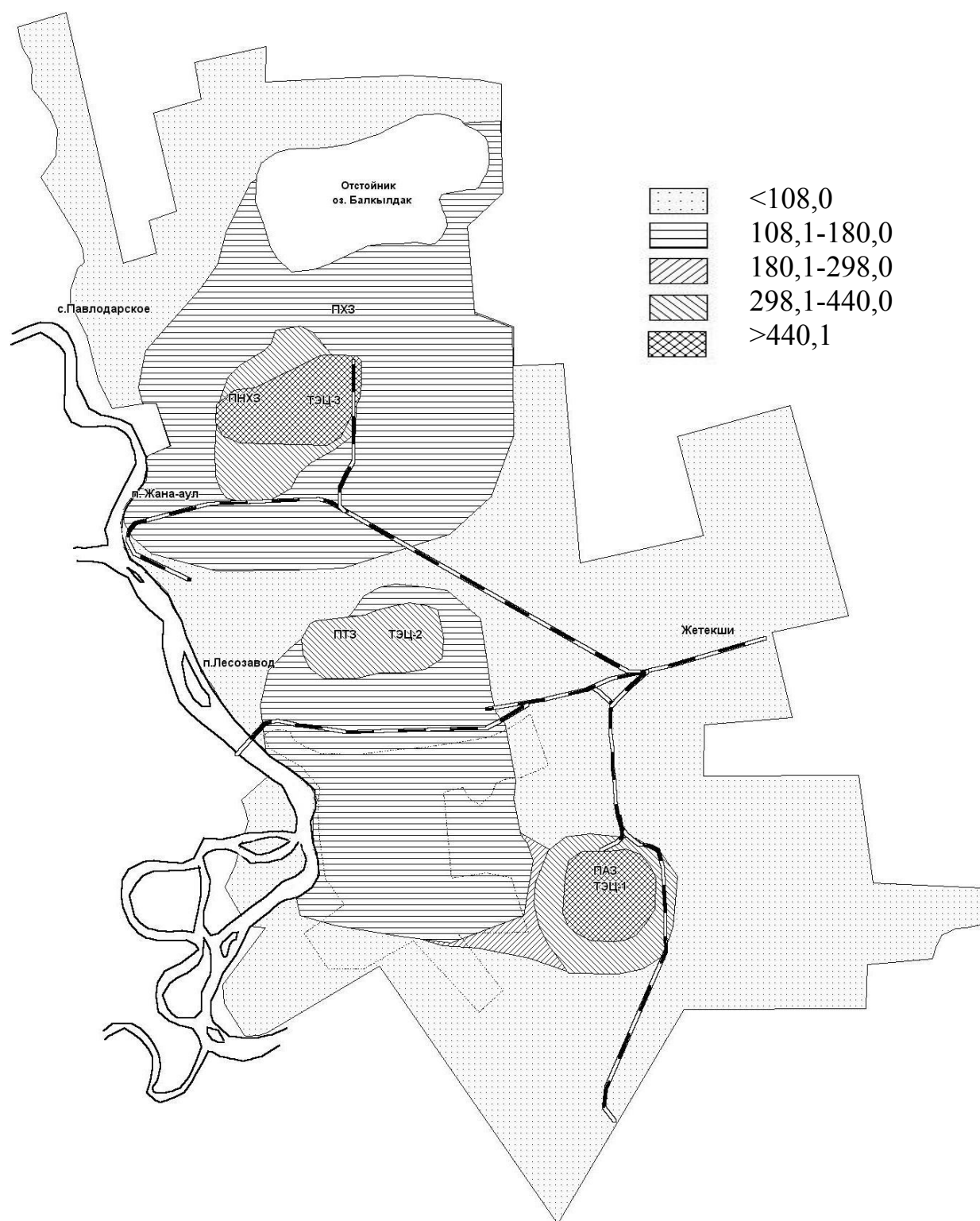
109. Пашпура В.Д. Геохимические исследования и картографирование снегового покрова Прибайкалья / В.Д. Пашпура, И.С. Ломоносов – М.: Геоинформмарк, 1993. – С. 15.
110. Глазовский Н.Ф. Региональный экологический мониторинг / Н.Ф. Глазовский, А.И. Злобин, В.П. Угватов. – Москва: Наука, 1983
111. Буренков Э.К. Комплексная эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения окружающей природной среды / Э.К. Буренков, Л.Н. Гинзбург, Н.К. Грибанова и др. – М.: «Прима-Пресс», 1997. – С. 72.

ПРИЛОЖЕНИЕ

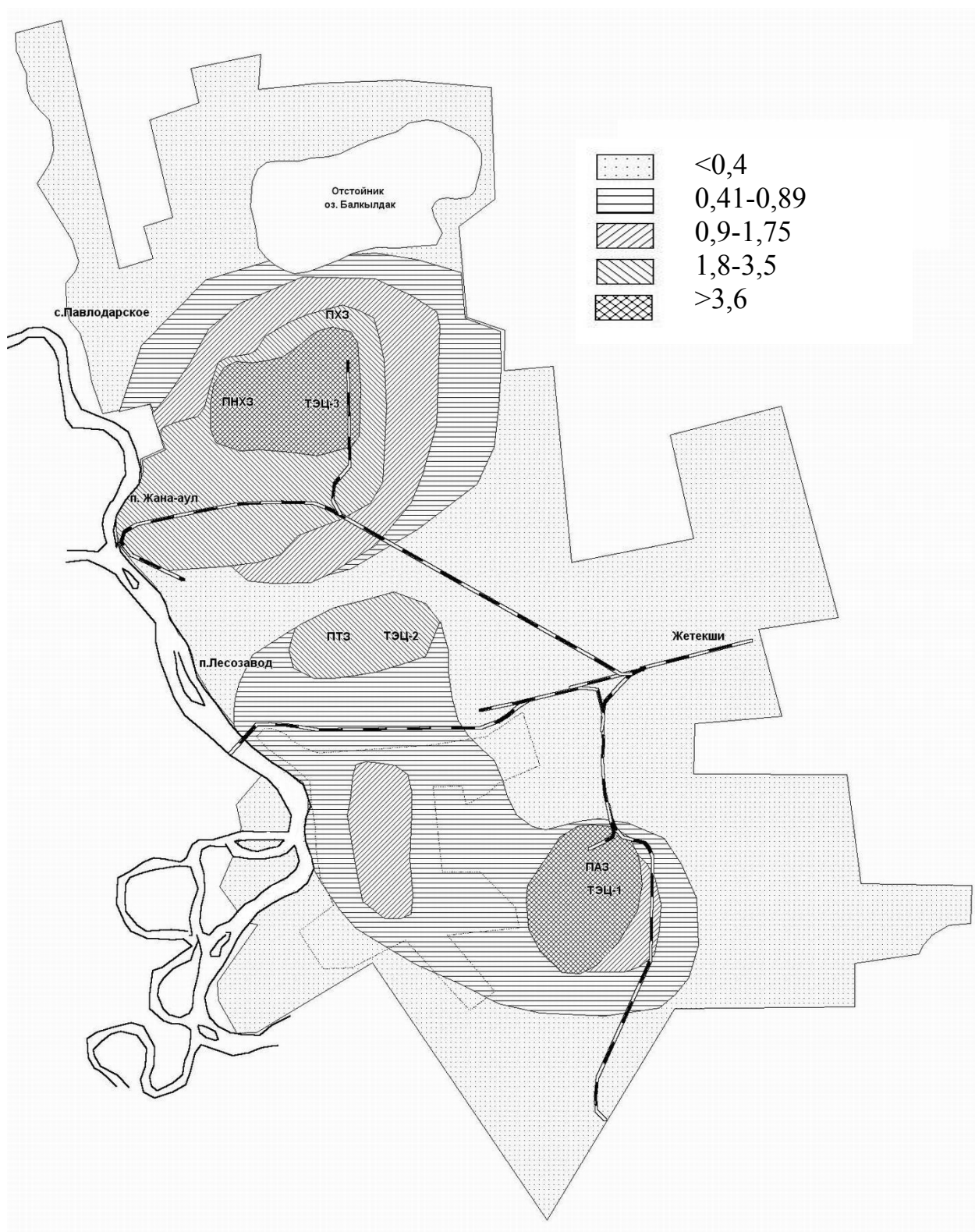
ПРИЛОЖЕНИЕ А



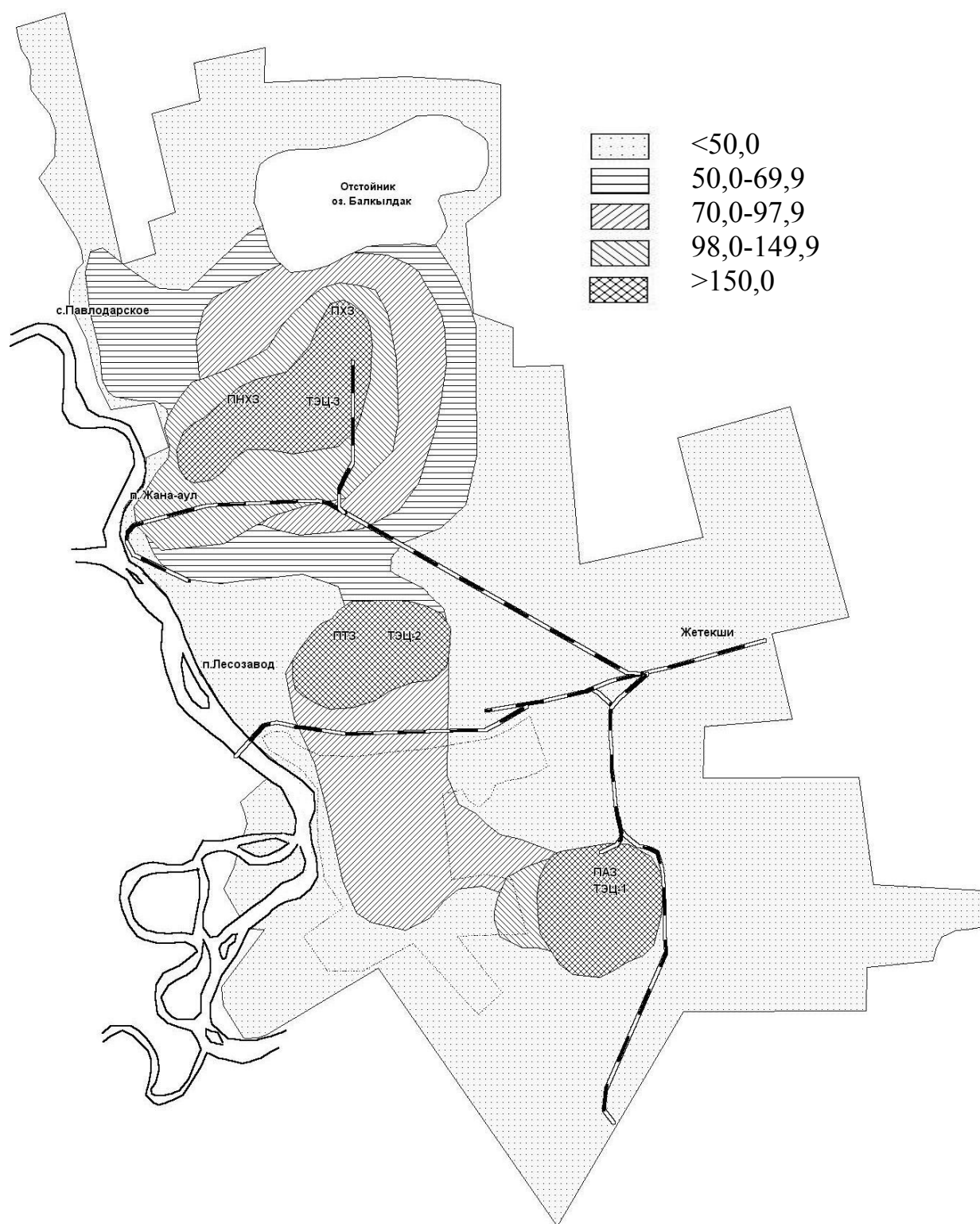
Содержание меди в твердой фазе снегового покрова г. Павлодара, мг/кг



Содержание цинка в твердой фазе снегового покрова г. Павлодара, мг/кг



Содержание кадмия в твердой фазе снегового покрова г. Павлодара, мг/кг

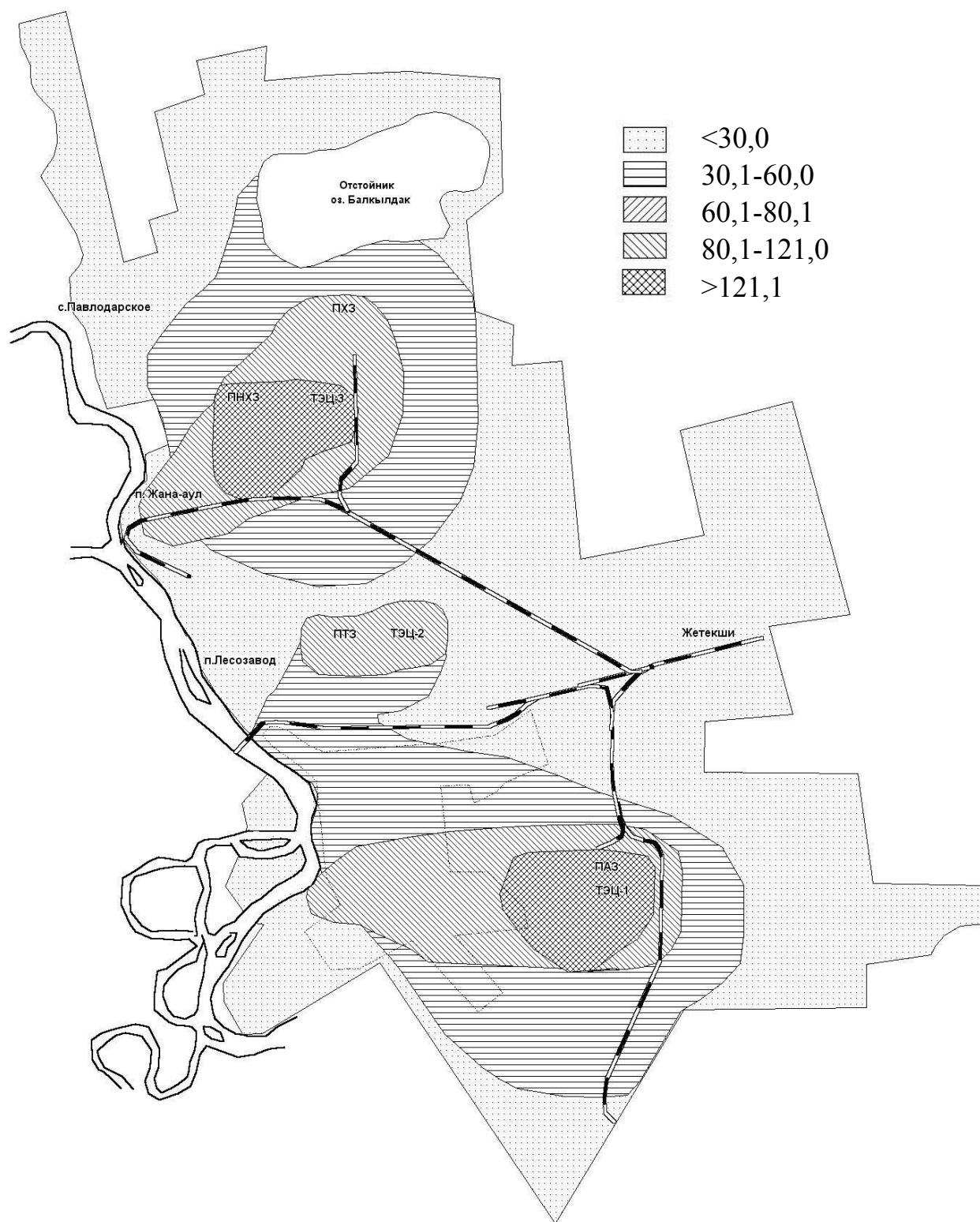


Содержание свинца в твердой фазе снегового покрова г. Павлодара, мг/кг

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



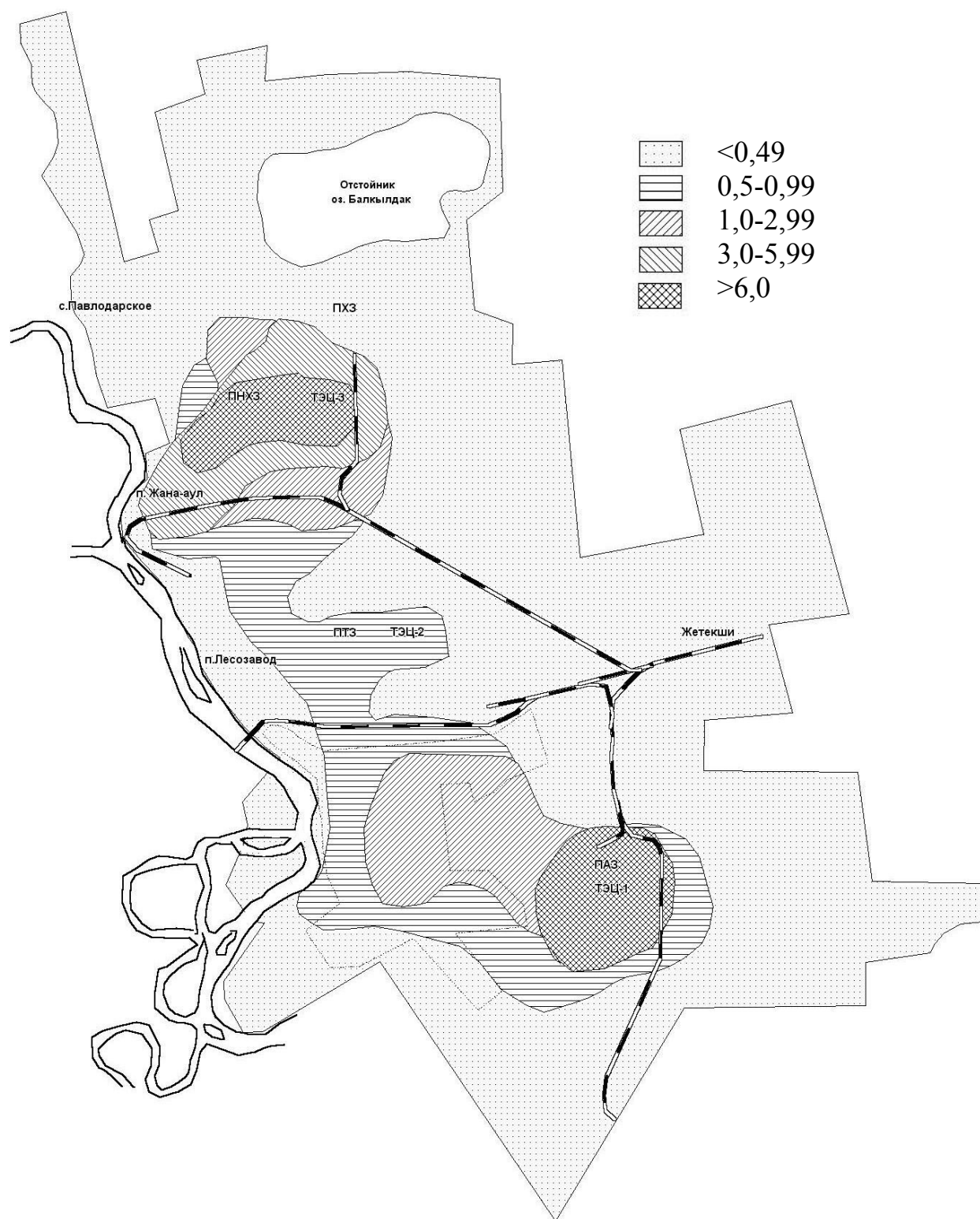
Содержание меди в водной фазе снегового покрова г. Павлодара, мкг/дм³



Содержание цинка в водной фазе снегового покрова г. Павлодара, мкг/дм³

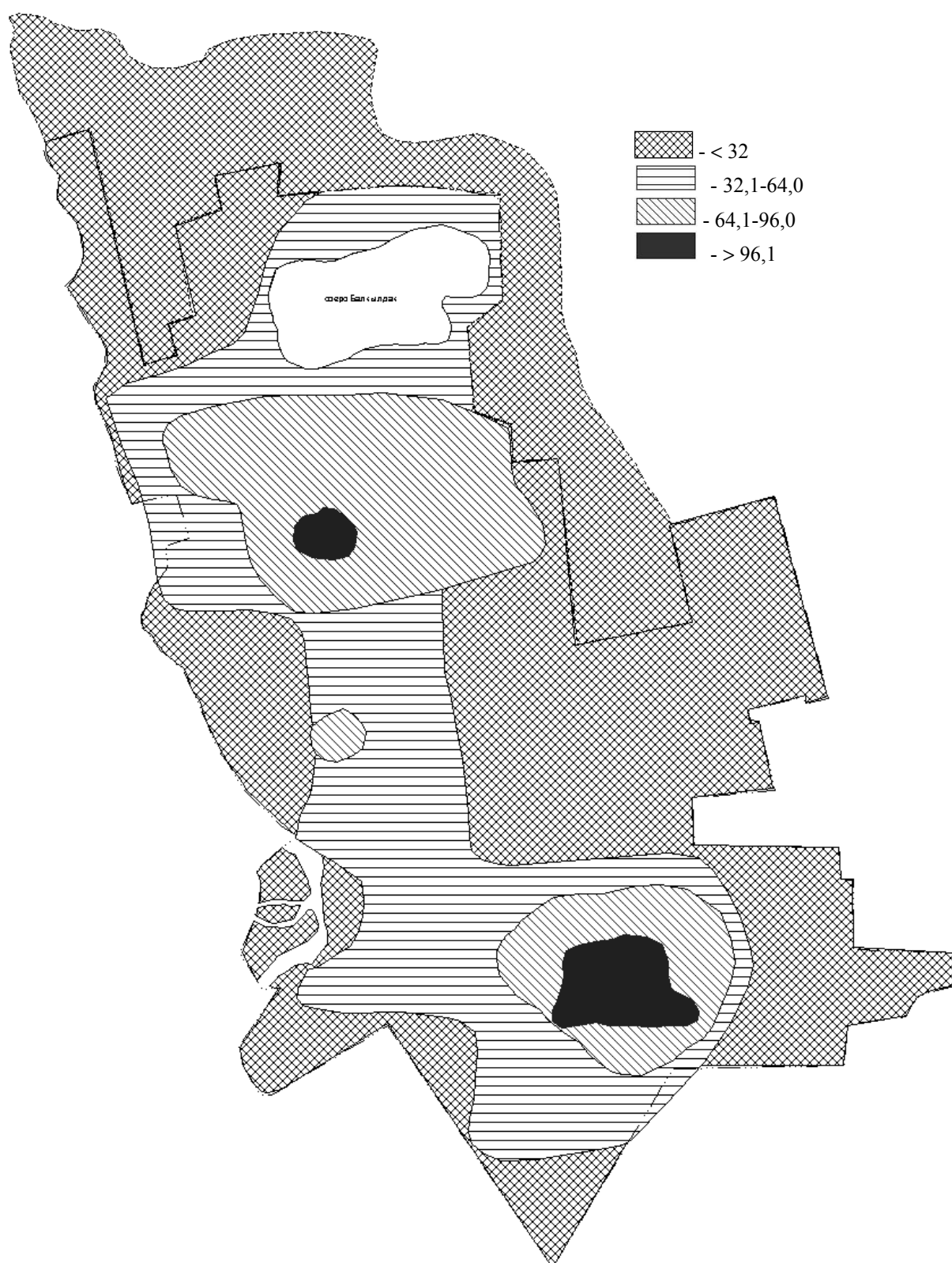


Содержание кадмий в водной фазе снегового покрова г. Павлодара, мкг/дм³

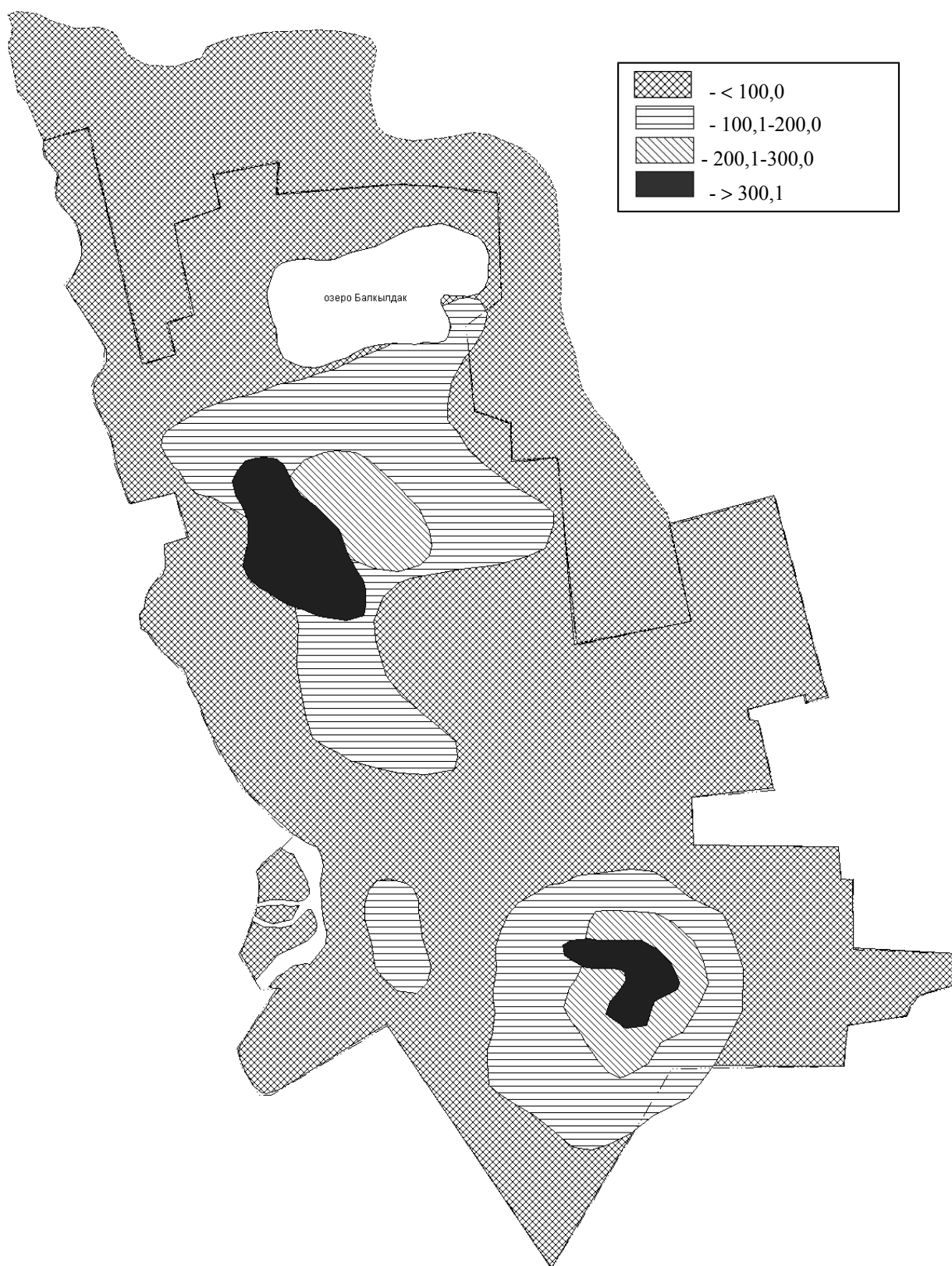


Содержание свинца в водной фазе снегового покрова г. Павлодара, мкг/дм³

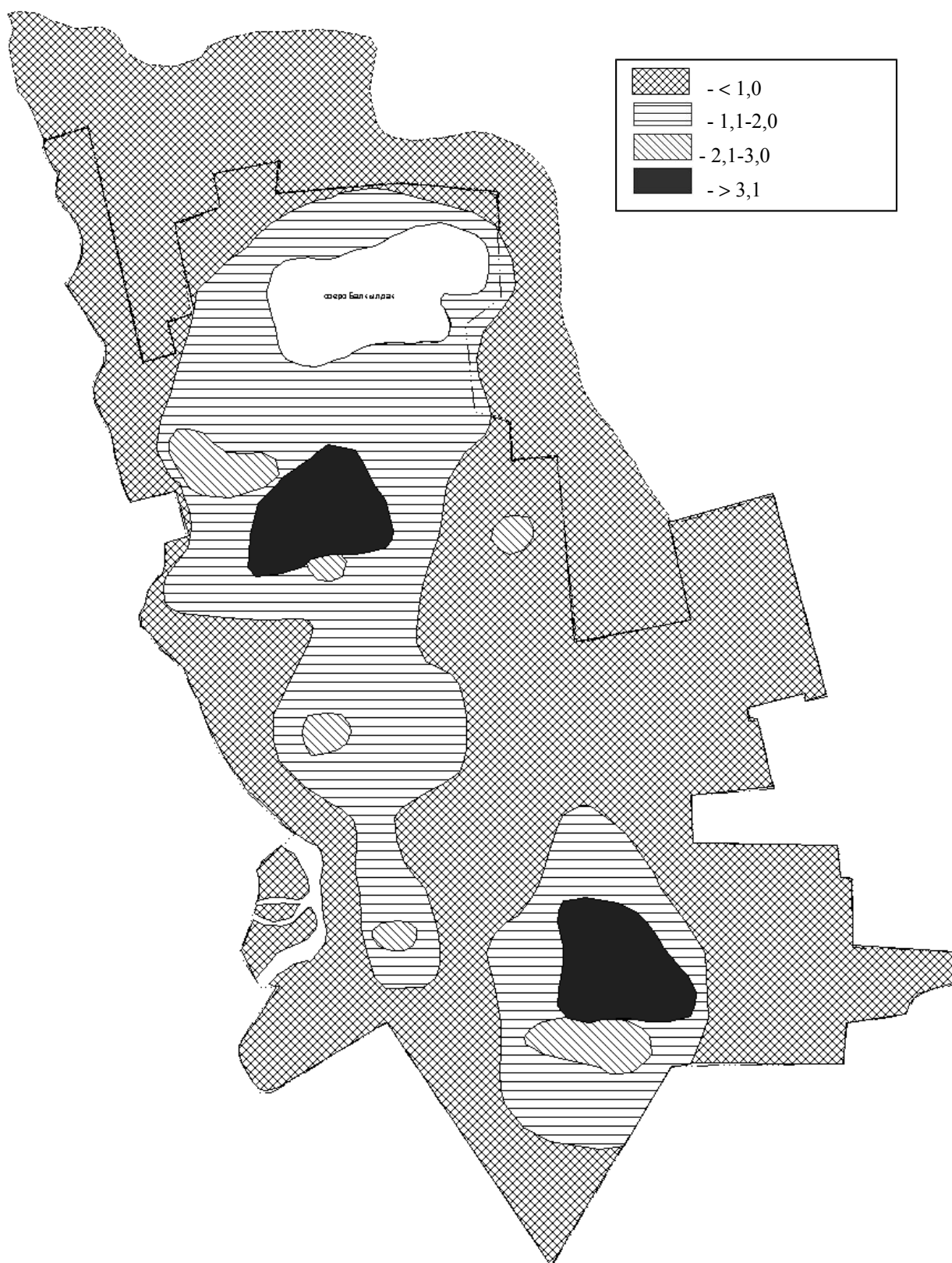
ПРИЛОЖЕНИЕ В



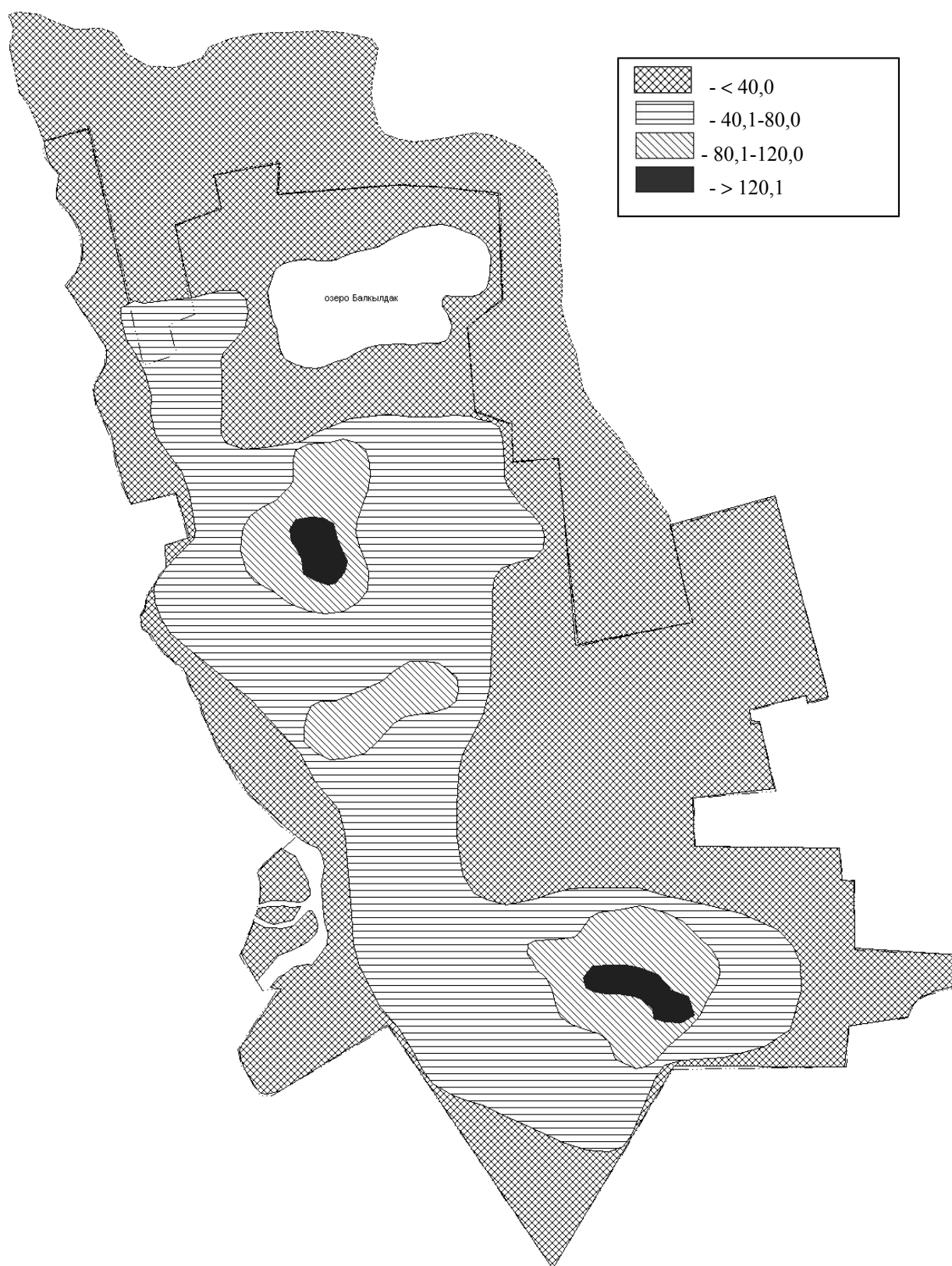
Валовое содержание меди в почвах г. Павлодара, мг/кг



Валовое содержание цинка в почвах г. Павлодара, мг/кг



Валовое содержание кадмия в почвах г. Павлодара, мг/кг



Валовое содержание свинца в почвах г. Павлодара, мг/кг