

На правах рукописи

ЗЫКОВА Елена Николаевна

**НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В
ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА
ПРИМЕРЕ СЕВЕРОДВИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО
РАЙОНА**

25.00.36 - «Геоэкология»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва – 2007

Работа выполнена в Институте экологических проблем Севера
Архангельского научного центра Уральского отделения Российской
академии наук (Россия, Архангельск)

Научный руководитель: кандидат геолого-
минералогических наук
Главатских Сергей Петрович

Официальные оппоненты: доктор географических наук
Кочуров Борис Иванович,
кандидат геолого-
минералогических наук
Шишкина Диана Юрьевна

Ведущая организация: Поморский государственный
университет им. М.В.Ломоносова
(Россия, Архангельск)

Защита состоится «2» марта 2007 г. в 11⁰⁰ на заседании
диссертационного совета Д 002.046.03 при Институте географии
РАН по адресу: 119017, г. Москва, Старомонетный пер., 29.

Факс дисс. совета: (495) 959 0027.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
географии РАН по адресу: 119017, г. Москва, Старомонетный пер.,
29.

Автореферат разослан «29» февраля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор географических наук

И.А. Воропаев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) - избыточное накопление в почве группы экотоксичных химических элементов, в которую обычно включаются Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Co, Sb, Sn, Bi, Hg, Mo, V, Mn, Ti, W. Нередко к ним присоединяются (Реймерс, 1990) «не тяжелые» металлы и некоторые металлоиды - Be, Ti, Sr, Ga, Ge, As, Se, В. К ТМ условно относят (Ильин, 1991) химические элементы с атомной массой свыше 50, обладающие свойствами металлов или металлоидов.

Токсические свойства малых концентраций многих элементов усугубляются их способностью к аккумуляции в живых организмах (Ревич и др., 1984). Главная опасность ТМ заключается чаще не в непосредственном отравляющем действии, а в том, что они способны постепенно концентрироваться в пищевых цепочках экосистем. По правилу трофической пирамиды органическое вещество каждого последующего звена пищевой цепи прогрессивно уменьшается в объеме, количество же поглощенных ТМ сохраняется, т.е. концентрация их последовательно возрастает. Начало этого процесса связано с загрязнением почв, куда ТМ поступают в основном с аэротехногенными выпадениями, листовным опадом, отмершей корневой системой и т.д. В большей мере почвы должны рассматриваться в качестве интегрального индикатора многолетнего загрязнения окружающей среды в целом (Добровольский, 1983).

Помимо прямого токсического воздействия, для многих ТМ характерны так называемые отдаленные эффекты токсичности, затрагивающие такие важнейшие функции живых организмов, как воспроизводство и биопродуктивность. Тем самым загрязнение среды обитания ТМ создает угрозу не только для отдельных организмов, но и для целых поколений и популяций. В отличие от многих других загрязняющих веществ (нефтепродуктов, пестицидов и других) они не разрушаются и не преобразуются. В природе в процессах миграции меняются лишь формы их нахождения и концентрации. Для многих ТМ характерен кумулятивный эффект - суммирование вредного действия от отдельных загрязнителей (Бандман и др., 1989).

Особенно актуальна оценка техногенного загрязнения окружающей среды ТМ в условиях северных широт, где компоненты окружающей среды отличаются низкой устойчивостью и степенью восстановления. Включаясь во все типы миграций и биологический круговорот, ТМ неизбежно приводят к загрязнению важнейших жизнеобеспечивающих природных сред: воды, воздуха, почвы. При анализе экологических проблем города, расположенного в северных широтах, необходимо подробное изучение степени загрязнения почв.

Объект исследований. Почвы Северодвинского промышленного района (СПР).

Предмет исследований. Накопление ТМ в почвах техногенных ландшафтов СПР.

Цель настоящей работы - исследование эколого-геохимического состояния почв СПР, оценка интегрального воздействия антропогенных источников загрязнения, анализ полученных данных о техногенных нагрузках на почвы.

Для достижения этой цели в процессе исследования решались следующие **задачи**:

1) выполнить функциональное зонирование территории СПР, разработать систематику техногенного воздействия, провести типизацию и ранжирование источников и видов воздействия, оценить масштабы проявления последних;

2) провести ландшафтно-геохимическое районирование территории СПР;

3) определить степень геохимической устойчивости почв СПР к техногенному загрязнению;

4) на основе ландшафтно-геохимического районирования территории произвести эколого-геохимическое картирование и установить пространственную структуру загрязнения, дифференцирующую территорию по степени экологической опасности.

Методы исследований. Полевой метод – отбор проб почв и их первичная обработка, лабораторный метод – аналитические исследования эколого-геохимических проб, камеральный метод - функциональное зонирование, ландшафтно-геохимическое районирование, обработка результатов анализов с помощью специализированных компьютерных программ на основе методов математической статистики.

Научные положения диссертации, выносимые на защиту.

На основе комплексного анализа данных сформулированы следующие основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Большую часть территории СПР занимают болотные, болотно-подзолистые и глеевые почвы с низкой устойчивостью к загрязнению тяжелыми металлами. Техногенные геохимические аномалии, образовавшиеся в этих почвах, являются устойчивыми, чему также способствует слабое развитие процессов самоочищения ландшафтов.

2. Город Северодвинск проявляет себя как интегральный загрязнитель прилегающих к нему территорий. Максимальный экологический прессинг испытывают почвы, расположенные южнее города на расстоянии 5-10 км. В аномальных зонах почв изучаемого района происходит накопление элементов первого (Pb, Zn) и второго классов опасности (Cr, Ni, Mo, Cu) в концентрациях, превышающих ПДК.

3. Установленные эколого-геохимические особенности Северодвинского промышленного района принципиально отличаются от модели ИГАП разработанной сотрудниками ИМГРЭ. В отличие от

общепринятой модели центростремительного типа, в пределах СПР наблюдается центробежная концентрически зональная модель эколого-геохимического поля.

Научная новизна. Охарактеризованы функциональные зоны Северодвинского промышленного района как системы взаимодействия человеческого общества и природной среды. На основе многочисленных данных были выполнены типизация и ранжирование источников воздействия, видов воздействия, оценены масштабы проявления последних. На основе анализа спектра приоритетных элементов-загрязнителей был определен оптимальный, информативный спектр поллютантов.

Оценена устойчивость почв и ландшафтов района к химическому загрязнению ТМ, обусловленному техногенным воздействием.

Установлена пространственная структура распределения уровней концентрации ТМ в зоне влияния выбросов предприятий на почвы СПР. Установленные эколого-геохимические особенности СПР принципиально отличаются от модели интегрального геохимического аномального поля разработанной сотрудниками ИМГРЭ. В отличие от общепринятой модели центростремительного типа, в пределах СПР наблюдается центробежная концентрически зональная модель эколого-геохимического поля.

Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается применением методов картографирования, математической статистики и компьютерных технологий; объемом обработанного фактического материала (402 точки опробования).

Практическое значение результатов исследований связано с: выявлением значительного химического загрязнения почв СПР; установлением особенностей строения интегрального геохимического аномального поля, позволившим осуществлять рациональное функциональное использование территории; обоснованием необходимых мер, направленных на снижение уровня загрязнения почв; созданием основы для организации и отработки технологии объективного ведения мониторинговых исследований.

Исходные материалы и личный вклад автора.

Основой диссертации послужили результаты исследований почв СПР, выполняемые автором с 1999 года. Работы проводились в рамках темы ФНИР «Разработка методики интегральной оценки техногенного воздействия на компоненты природной среды и население на примере Архангельского промышленного узла», с 2001 – 2005 годы.

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач, сборе, обработке и анализе результатов исследований, составлении картографических материалов, подготовке публикаций.

Апробация работы. Основные положения работы обсуждались и получили одобрение на Международном молодежном экологическом форуме (Архангельск 2001), Международной конференции «Экология Северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения» (Архангельск 2002), Международной молодежной конференции «Экология

2003» (Архангельск), Всероссийской конференции с международным участием «Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов» (Архангельск 2005), Всероссийской конференции с международным участием «Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России» (Архангельск 2006).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 9 печатных работах.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, библиографического списка использованной литературы. Основной текст изложен на 127 страницах, включая 9 таблиц и 19 рисунков. Список литературы содержит 113 работ, из них 12 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность директору Института экологических проблем Севера УрО РАН д.г.-м.н. Ю.Г. Кутинову, директору Архангельского Научного центра член-корр. РАН Ф.Н. Юдахину, оказавшим активную поддержку предложенному направлению исследований и внесшим ряд ценных рекомендаций в ходе работы. Автор благодарен своему научному руководителю – к.г.-м.н. С.П. Главатских, чье внимательное отношение в большой степени способствовало написанию этой диссертации. За неоценимую помощь в процессе сбора материалов для диссертационной работы автор благодарен Н.А. Шадрину, Л.Г. Водяниковой, М.А. Шановой.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дана оценка физико-географического положения изучаемого района. Рассмотрены объекты, материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований были выбраны почвы СПР. Важными аргументами в пользу их выбора следует считать то, что последние являются одной из основных депонирующих систем окружающей среды и характеризуют степень наиболее длительного химического воздействия антропогенных процессов на окружающую среду, и как следствие оказывают более длительное воздействие на прочие экосистемы, пространственно связанные с ними.

Исследования проводились как в пределах города, так и на площадях, расположенных южнее города, подвергающихся максимальному техногенному воздействию (рис. 1).

Подробно описаны методы исследования.

Полевой метод эколого-геохимических исследований.

Исследованиям подвергался верхний 10 см почвенный горизонт. В случае почв подзолистого типа отбирался совмещенный гумусово-подзолистый горизонт, на площадях развития болотных отложений - верхний слой торфа непосредственно из под очеса, в районах техногенных ландшафтов – верхняя часть почвенных грунтов.

Эколого-геохимические исследования по почвенному покрову

Лабораторный метод эколого-геохимических исследований.

Для определения содержания ТМ в почвах изучаемого района использовался приближенно-количественный спектральный метод анализа (ПКСА), позволяющий с необходимой чувствительностью определять около 40 химических элементов, в том числе все основные индикаторы загрязнения. Исключение здесь представляют лишь ртуть, мышьяк, сурьма, фтор и кадмий. Определение данных элементов с желательной чувствительностью может быть произведено специальным количественным способом спектрального анализа (Зырин, Малахов, 1981).

Аналитические исследования проводились в Производственном химико-аналитическом центре ОАО «Архангельскгеолдобыча» аттестат аккредитации Госстандарта России N РОСС RU 0001.21 АЮОЗ действителен до 10.08.2003.

Камеральный метод эколого-геохимических исследований.

В методических рекомендациях (Ревич, Саэт, 1982) оценка загрязнения почв дается по геохимическим показателям, которые учитывают распределение как отдельных металлов, участвующих в загрязнении, так и их ассоциаций, обусловленных полиэлементностью химического состава техногенных потоков, формирующих загрязнения. К таким показателям относят коэффициент концентрации химических элементов (K_{ci}) и суммарный показатель загрязнения (Z_c).

Коэффициент концентрации – это показатель кратности превышения содержания химических элементов в точке опробования над его средним содержанием в аналогичной природной среде на фоновом участке:

$$K_{ci} = C_i / C_{ф}, \quad (1)$$

где C_i – содержание химического элемента в точке опробования,

$C_{ф}$ – среднее содержание элемента в аналогичной среде на фоновом участке.

Поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав, для них рассчитывались суммарные показатели. Суммарный показатель загрязнения представляет собой сумму превышений коэффициентов концентрации химических элементов, накапливающихся в аномалиях, и рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ci} - (n - 1), \text{ где } n - \text{ количество аномальных элементов.} \quad (2)$$

Перечисленные показатели могут быть определены как для содержания в отдельной пробе, так и для участка территории (района). Обработка эколого-геохимической информации ведется по фоновым геохимическим выборкам, составленным на основании функционального зонирования и ландшафтного районирования. Главная задача исследования выборок – выявить химические элементы, накапливающиеся в почвах и провести сравнительную характеристику качественных и количественных

особенностей их накопления в почвах разного типа.

Для каждой выборки рассчитываются основные параметры распределения химических элементов: среднее значение – S_f , стандартное отклонение – S , а также коэффициент вариации $V\%$, который отражает меру неоднородности выборки.

После расчета коэффициентов концентрации составляется генеральная выборка, которая представляется в виде набора относительных характеристик аномальности химических элементов. Такая выборка позволяет дать качественную и количественную оценку эколого-геохимических особенностей исследуемого объекта. Интегральную количественную оценку ассоциации объекта дополняет суммарный показатель.

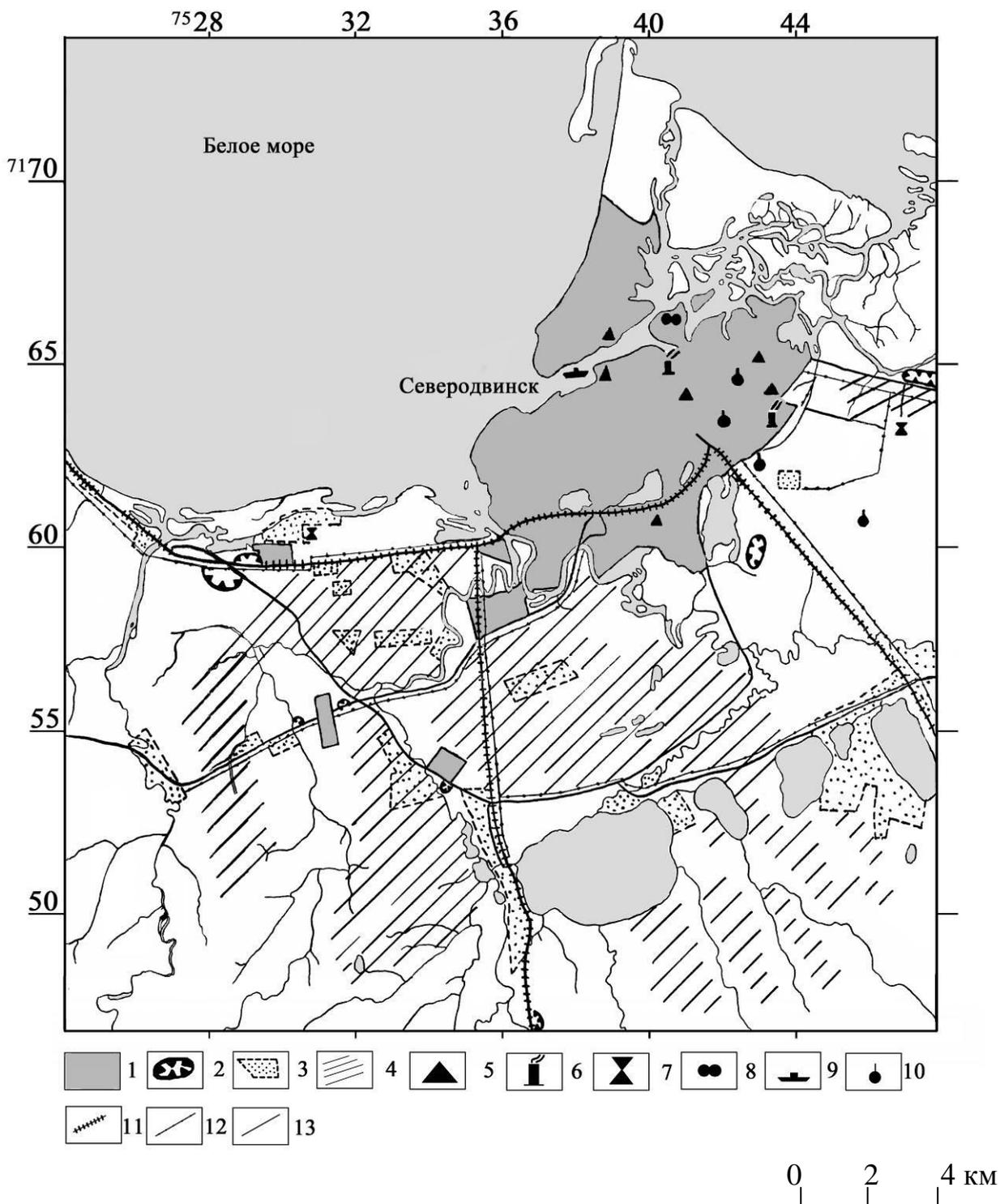
Во второй главе рассмотрены особенности пространственной структуры размещения промышленных объектов города. Северодвинск относится к специализированным городам, т.к. он возник в связи с крупным предприятием атомного судостроения «Севмашпредприятие» и группой вспомогательных предприятий: «Звездочка» - судоремонтное предприятие, «Полярная звезда» - приборостроительное предприятие, завод дорожных машин «Севдормаш», производственное объединение «Арктика». Эти предприятия ВПК, являющиеся градообразующими и главными источниками выбросов загрязняющих веществ. Также крупными источниками выбросов являются предприятия энергетического комплекса (ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2), автотранспорт. Промышленные объекты города объединены единым производственным циклом. Основное промышленное производство размещается на северной окраине города и южной части острова Ягры, вдоль побережья Никольского устья Двинского залива (рис. 2).

Промышленное (собственно техногенное) загрязнение – это загрязнение, вызываемое отдельными промышленными, энергетическими, транспортными, по утилизации и переработке промышленных и бытовых отходов, горнорудными предприятиями или их совокупностью (Саэт, Ревич, Янин и др., 1990).

Основной путь миграции загрязняющих веществ - с воздушными потоками в виде твердых частиц (сажи, пыли, летучей золы), аэрозолей и в парогазовой фазе. В атмосферу загрязняющие вещества попадают через выводные устройства (трубы) энергетических установок, промышленных предприятий, из вентиляционных каналов, выхлопных труб двигателей внутреннего сгорания, различных негерметичных установок металлургических, машиностроительных и др. предприятий, при дефляции хранилищ токсичных отходов (свалки) и т.д.

На основе анализа спектра приоритетных элементов загрязнителей был определен оптимальный, информативный спектр поллютантов: Zn, Cr, Ni, Cu, Pb, Mo, V. Кроме частоты встречаемости при этом учитывались методологические особенности приближенно-количественного спектрального анализа (ПКСА), чувствительность определения элементов,

существующие предельно допустимые концентрации (ПДК) утвержденные Госкомсанэпиднадзором России, гн 2.1.7.020-94.



Объекты техногенного воздействия: 1 - районы промышленной и жилой застройки, 2 - карьеры, 3 - садово-огородные участки, 4 - мелиорируемые земли.

Предприятия и объекты повышенной опасности: 5 - предприятия машиностроения и металлообработки, 6 - ТЭЦ, 7 - объекты животноводства

и переработки агропродукции, 8 – нефтебазы, 9 – объекты морского и речного флота, 10 – свалки отходов, отстойники, шлако- и золонакопители. Линейные объекты: 11 – железные дороги, 12 – линии электропередач, 13 – автодороги.

Рис. 2. Схема функционального зонирования Северодвинского промышленного района.

В третьей главе проведено ландшафтно-геохимическое районирование изучаемой территории и дана оценка устойчивости ландшафтных комплексов к загрязнению ТМ.

Выделение природных комплексов является результатом районирования территории на самостоятельные природные, обусловленные естественными факторами, единицы, каждая из которых характеризуется спецификой состава и условий миграции вещества. Основным принцип районирования – однородность условий миграции (Касимов, 2002).

Выделение ландшафтных таксонов в пределах Северодвинского промышленного района проводилось по четырем классификационным уровням (табл. 1).

Таблица 1

Критерии ландшафтного районирования Северодвинского промышленного района (Морозова, Гетманский, 1989).

Наименование таксономических единиц	Критерии выделения	Природные условия	Индекс таксона на карте
Ряд	Суммарный эффект неотектонических движений	Области опусканий	1 ● ● ●
		Области слабых поднятий	2 ● ● ●
Класс	Щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные свойства почвенного покрова	Кислый	● 1 ● ●
		Кислый глеевый	● 2 ● ●
Род	Расчлененность рельефа	Нерасчлененный	● ● 1 ●
		Слаборасчлененный	● ● 2 ●
Вид	Генезис четвертичных отложений	Эоловые	● ● ● 0
		Аллювиально-морские	● ● ● 1
		Морские	● ● ● 2
		Аллювиальные	● ● ● 3
		Ледниковые	● ● ● 4
		Озерно-ледниковые	● ● ● 5
		Озерные (глины)	● ● ● 6
		Болотные (торф)	● ● ● 7
Морские (лужский горизонт)	● ● ● 8		

Всего на территории СПР выделено 37 типов ландшафтов, каждый из которых характеризуется своими особыми условиями миграции вещества (рис. 3).

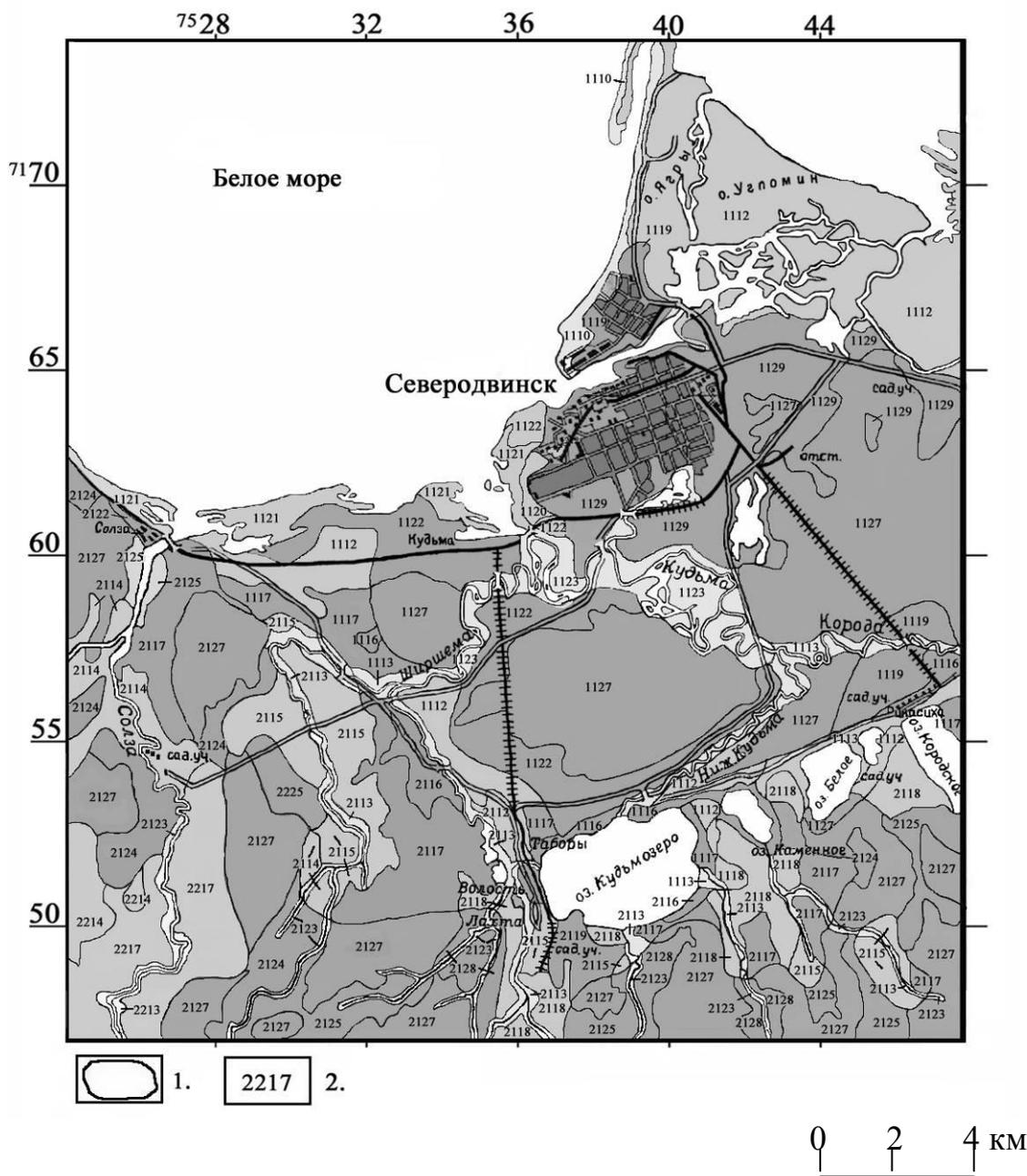
Выделенные ландшафты были классифицированы по степени устойчивости, при этом под устойчивостью понимается способность системы сохранять свои свойства при внешних воздействиях. Геохимическая устойчивость – это способность к самоочищению от загрязняющих веществ. Устойчивость ландшафтных комплексов к загрязнению техногенными веществами определяется условиями разложения, рассеяния и удаления привнесенных в ландшафт веществ (Садовникова, Орлов, Лозановская, 2006).

Для оценки устойчивости природных комплексов региона были выбраны следующие критерии: неотектонический режим территории, тип ландшафта по условиям миграции веществ, состав почвообразующих отложений, щелочно-кислотные условия почв, содержание гумуса в почвенном профиле (табл. 2).

Таблица 2

Критерии оценки геохимической устойчивости ландшафтных комплексов (Морозова, Гетманский, 1989).

Оценка устойчивости	Неотектонический режим	Условия миграции веществ	Состав почвообразующих отложений	Щелочно-кислотные условия среды	Содержание гумуса в почве, %
Высокая 	Области поднятий	Расчлененный рельеф	Пески	Кислый класс	До 2
Средняя 	Зоны стабилизаций	Слаборасчлененный рельеф	Супеси	Кислый переходный к кальциевому	3 - 5
Низкая 	Зоны опускающих	Нерасчлененный	Глины, суглинки, торфа	Кислый глеевый	6



Условные обозначения: 1—границы ландшафтов; 2—индекс ландшафта.
 Оценка устойчивости природных комплексов Северодвинского промышленного района к химическому загрязнению:

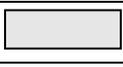
Устойчивость	Индекс ландшафта
низкая 	1116, 1117, 1119, 1212, 1219, 1217, 2116, 2117, 2127, 2215, 2218, 1127, 1122, 1129, 2124, 2125
средняя 	1112, 1118, 1210, 1211, 2112, 2114, 2115, 2118, 2127, 2212, 2214, 2217, 1213, 1113, 2113, 2213, 1123, 1123
высокая 	1110, 1121, 1122

Рис. 3. Карта устойчивости ландшафтных комплексов Северодвинского

промышленного района к химическому загрязнению техногенного воздействия.

Анализ ландшафтных особенностей СПР позволил установить что:

-высокой устойчивостью обладают трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты песчаных пойм рек и побережья Белого моря;

-средняя степень устойчивости характерна для элювиальных и трансэлювиальных ландшафтов с развитием супесчаных подзолистых и болотно-подзолистых почв;

-низкой устойчивостью к химическому загрязнению характеризуются супераквальные ландшафты, расположенные в районах неотектонических опусканий с широким развитием болотных, болотно-подзолистых и глеевых почв на суглинистом субстрате, на площадях с затрудненным дренажем.

Большая часть территории СПР представлена ландшафтами с низкой степенью устойчивости к химическому загрязнению.

В четвертой главе рассмотрены почвы района и дана оценка устойчивости почв к загрязнению химически активными техногенными веществами.

На территории СПР выделены следующие основные типы почв (Кашенко, Бенидовский, Савич и др., 1980): подзолистые, болотно-подзолистые, болотные верховые, болотные переходные, аллювиальные (рис. 4).

Устойчивость почв определяется условиями разложения, рассеяния и удаления привнесенных веществ (Найштейн, 1980).

Для оценки устойчивости почв региона выбраны следующие критерии (Орлов, 1992):

-механический состав почвообразующих отложений - определяет фильтрационные и сорбционные свойства, чем больше крупность материала, тем выше фильтрация отложений, чем тоньше состав, тем выше сорбционная способность;

-щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия - определяют различную степень миграции поллютантов по профилю почв;

-мощность органогенных горизонтов - определяет величину сорбционной емкости этих горизонтов;

-содержание гумуса в верхних почвенных горизонтах - определяет биогенную аккумуляцию токсинов.

В целом по СПР большую часть территории занимают почвы с низкой устойчивостью к загрязнению химически активными техногенными веществами (болотные почвы). Подзолистые почвы обладают средней устойчивостью. Высокой устойчивостью – аллювиально-пойменные слаборазвитые (пески) почвы и городские почвы. В Северодвинске городские почвы – это насыпные, намывные или перемешанные песчаные грунты с высокой степенью устойчивости к техногенному загрязнению.

Рис. 4. Карта устойчивости почв Северодвинского промышленного района к химическому загрязнению техногенного воздействия.

В пятой главе представлены результаты экспериментальных исследований.

По степени отрицательного воздействия на почву, растения, животных и людей ТМ подразделяются согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 на три класса опасности:

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| 1-й класс (высоко опасные) | Zn, As, Cd, Hg, Pb, F, Se |
| 2-й класс (умеренно опасные) | Cr, B, Co, Ni, Cu, Mo, Sb |
| 3-й класс (мало опасные) | V, Mn, W, Sr, Ba |

Для установления пространственной структуры загрязнения, дифференцирующей территорию по степени экологической опасности, были построены моноэлементные и интегральные карты суммарного показателя загрязнения по классам опасности, характеризующие уровни содержания элементов в почвах СПР (табл. 3).

Таблица 3.

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c) (Саэт и др., 1990)

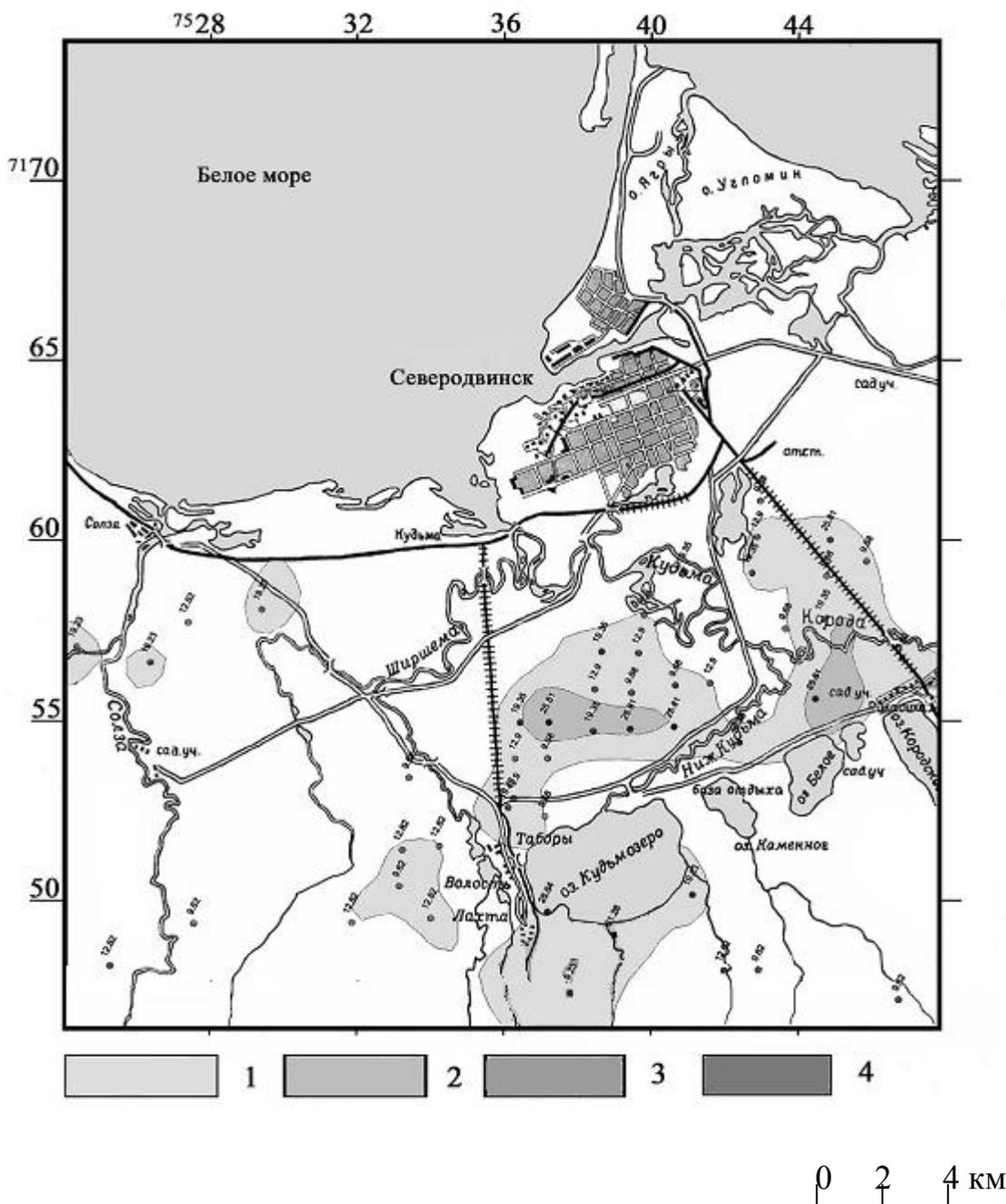
Экологическая обстановка	Уровни загрязнения почв	Величина Z_c	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Относительно удовлетворительная	Допустимый	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Напряженная	Умеренно опасный	16 - 32	Увеличение общей заболеваемости
Критическая	Опасный	32 - 128	Увеличение общей заболеваемости, числа болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушение функционального состояния сердечно – сосудистой системы
Чрезвычайная	Высоко опасный	64 - 128	
Экологического бедствия	Чрезвычайно опасный	Более 128	Увеличение заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Особенности распределения элементов первого класса опасности (Pb, Zn) в почвах СПР по суммарному показателю загрязнения.

Из элементов первого класса опасности на территории СПР выявлены два элемента в содержаниях, превышающих ПДК: свинец и цинк.

Значения свинца в аномальных зонах почв района исследований достигают 60-80 мг/кг, что в 2-3 раза превышает ПДК (32 мг/кг). Значения цинка в аномальных зонах почв района исследований достигают 160-170 мг/кг, что в три раза превышает ПДК (55 мг/кг).

При анализе карты суммарного показателя загрязнения, элементов первого класса опасности, выявлены две аномальные зоны (рис. 5).



Уровни загрязнения: 1 ($16 < Z_c < 32$) – умеренно опасный, 2 ($32 < Z_c < 64$) – опасный, 3 ($64 < Z_c < 128$) – высоко опасный, 4 ($Z_c > 128$) – чрезвычайно опасный.

Рис. 5. Особенности распределения элементов первого класса опасности (Zn, Pb) по суммарному показателю загрязнения (Z_c) в почвах СПР.

Первая аномальная зона расположена на расстоянии 5-6 км южнее города. На ее территории расположены садово-огороднические хозяйства «Спектр», «Автомобилист», «Теремок-1». Значения Z_c элементов первого класса опасности колеблются от 19.35 до 25.81, что соответствует умеренно опасному и опасному уровням загрязнения почв.

Вторая аномальная зона расположена на расстоянии 10-11 км от города. Данная аномалия по уровню содержания элементов является умеренно опасной. Аномалия сопряжена с садово-огородническим хозяйством «Космос».

На территории города, аномальным является район площади Ломоносова. Значение Z_c элементов первого класса опасности в почвах данного района соответствует 47,83, что является опасным ($32 < Z_c < 64$) для здоровья населения. Умеренно опасный ($16 < Z_c < 32$) уровень загрязнения почв выявлен в районе площади Победы и ул. Советских Космонавтов. Допустимыми значениями Z_c ($8 < Z_c < 16$) характеризуются почвы остальной части города.

Высокие концентрации этих токсичных металлов в почвах СПР вызваны атмотехногенным воздействием предприятий приборостроения, машиностроения и металлообработки («Севмаш», «Полярная звезда», «Звездочка», «Севдормаш»), сжиганием каменного угля на ТЭЦ-1, автотранспортом.

Особенности распределения элементов второго класса опасности в почвах СПР по суммарному показателю загрязнения.

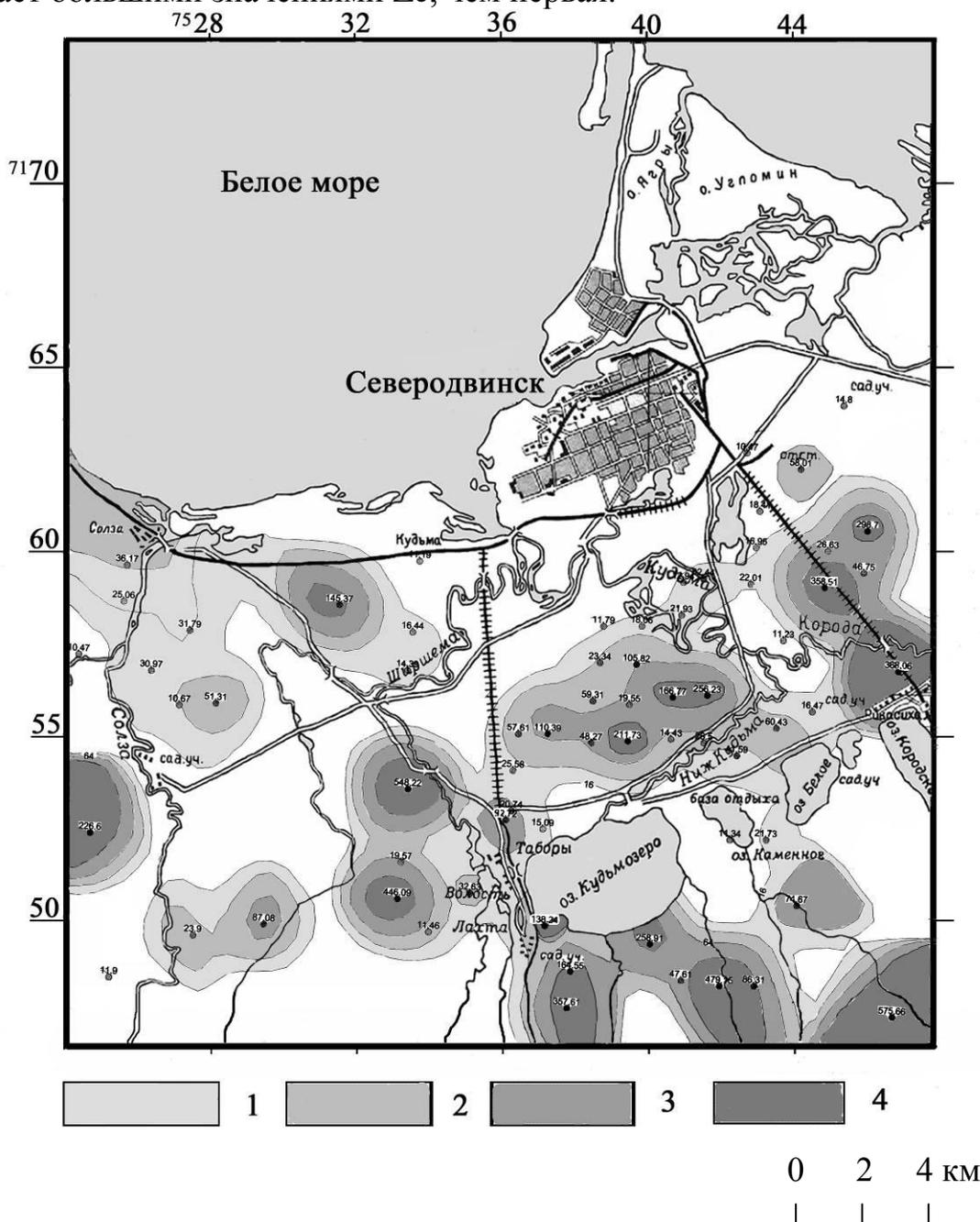
Из элементов второго класса опасности в почвах СПР в содержаниях превышающих ПДК обнаружены Mo, Cu, Ni, Cr.

Участки аномальных значений суммарного показателя загрязнения, элементов второго класса опасности, выявлены на некотором удалении от города, при этом образуют две высоко-аномальные зоны (рис. 6).

Первая аномальная зона установлена на расстоянии 5-6 км южнее города. Она имеет дугообразную форму и обрамляет в пределах суши город с запада на восток. Аномальная зона сопряжена с участками ранее проведенных мелиоративных работ и организованных на них садово-огородническими хозяйствами. Высоко опасный уровень загрязнения ($64 < Z_c < 128$) почв характерен для следующих садово-огороднических хозяйств: «Лесная Поляна» ($Z_c=51,31$), «Спектр» ($Z_c=110$), «Онега» ($Z_c=74,67$). Чрезвычайно опасный уровень загрязнения ($Z_c > 128$) обнаружен в почвах садовых участков «Строитель» ($Z_c=145,37$), «Автомобилист» ($Z_c=211$), «Теремок-1» и «Теремок-2» ($Z_c=368,06$).

Вторая аномальная зона выявлена на расстоянии 10-11 км южнее города. Ширина зоны варьирует от 1 до 5 км. В отличие от первой, рассматриваемая зона более прерывистая. Высокие значения суммарного показателя загрязнения в пределах ее перемежаются со слабо и средне контрастными аномальными участками. Пространственно аномальная зона сопряжена с садово-огородническими хозяйствами на осушенных болотах

или площадях сведенных лесных массивов (западная часть), а также с местами развития сосновых и смешанного состава лесных массивов (центральная и восточная части). На территории аномальной зоны с чрезвычайно опасным уровнем загрязнения ($Z_c > 128$), расположены дачные кооперативы «Двина» ($Z_c = 548,22$), «Артемида» ($Z_c = 446,09$), «Космос» ($Z_c = 164,55$), а также болота Пихтальское ($Z_c = 357,61$) и Кудьмозерский Мох ($Z_c = 479,15$), где местные жители собирают ягоды. Вторая аномальная зона обладает большими значениями Z_c , чем первая.



Уровни загрязнения: 1 ($16 < Z_c < 32$) – умеренно опасный, 2 ($32 < Z_c < 64$) – опасный, 3 ($64 < Z_c < 128$) – высоко опасный, 4 ($Z_c > 128$) – чрезвычайно опасный.

Рис. 6 Особенности распределения элементов второго класса опасности (Mo, Cu, Ni, Cr) по суммарному показателю загрязнения (Z_c) в почвах СПР.

На территории города элементы второго класса опасности не превышают ПДК. Можно сделать вывод, что максимальному загрязнению элементами второго класса опасности (Mo, Cu, Ni, Cr) подвержены территории расположенные на расстоянии 10-15 км от города в южном направлении. Источниками поступления данных элементов в почвы СПР являются: сжигание минерального топлива (ТЭЦ-1) и мазута (ТЭЦ-2) на энергетических предприятиях города, выбросы предприятий ВПК.

Значения элементов третьего класса опасности на территории СПР не превышают значений ПДК.

В шестой главе проведен аналитический обзор эколого-геохимического состояния почв СПР.

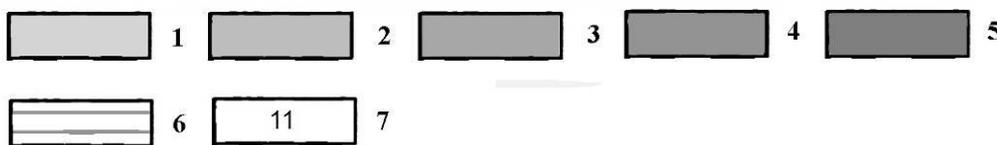
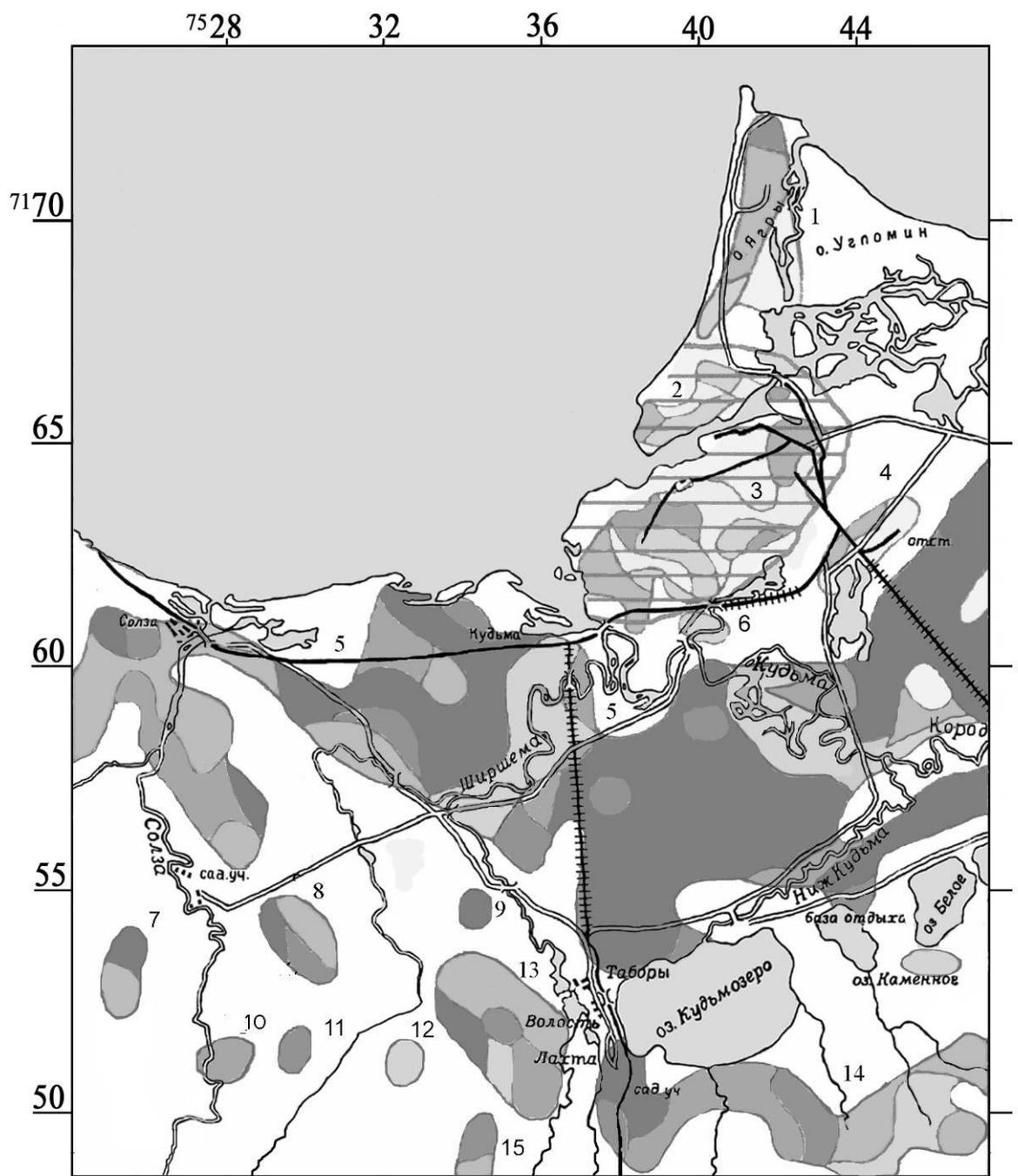
Установленные эколого-геохимические особенности Северодвинского промышленного района принципиально отличаются от модели ИГАП разработанной сотрудниками ИМГРЭ (Летувнинкас, 2002). В отличие от общепринятой модели центростремительного типа, в пределах СПР наблюдается центробежная концентрически зональная модель эколого-геохимического поля.

Ядро аномального поля наиболее контрастная, сложная по составу и значительных размеров аномальная зона № 5 отмечается в 5-6 км к югу от города (рис. 7). Данная аномалия пространственно сопряжена с областью развития ландшафтов, характеризующихся низкой степенью устойчивости к загрязнению ТМ. Пестрый спектр состава аномалии (наличие в ее пределах элементов различной подвижности в зоне гипергенеза) позволяет сделать вывод о том, что она образовалась в результате выпадения различных фаз нахождения элементов как твердой «минеральной», так собственно «аэрозольной» и «парогазовой» фаз атмосферных выбросов.

Переходная зона пространственно сопряжена с промышленно-селитебной зоной города (аномалии № 2, 3, 4, 6) и аномалиями № 8, 9, 13, 14 расположенными на удалении 10-11 км от города. Данная зона отличается снижением плотности информации, что выражается в более низких (по отношению к ядру) значениях суммарного показателя загрязнения.

Периферическая зона (аномалии № 7, 10, 11, 12, 15) характеризуется пониженным уровнем химического загрязнения почв. Отличия от переходной зоны сводятся к меньшим размерам и менее значительному уровню химического загрязнения. Анализ спектра поллютантов позволяет предположить, что приоритетная форма нахождения солевая, аэрозольная.

Анализ особенностей распределения выявленных эколого-геохимических аномальных зон в пределах СПР, их морфологические особенности, специфика элементного состава позволили разработать новую модель аэротехногенного эколого-геохимического поля локального промышленно-городского центра, находящегося в определенных физико-географических условиях.



0 2 4 км

Уровни загрязнения почв: 1-допустимый $8 < Z_c < 16$; 2-умеренно опасный $16 < Z_c < 32$; 3-опасный $32 < Z_c < 64$; 4-высоко опасный $64 < Z_c < 128$; 5-чрезвычайно опасный $Z_c > 128$; 6-урбанизированные территории (г.Северодвинск); 7- номера аномалий.

Рис. 7. Карта интегрального геохимического аномального поля Северодвинского промышленного района.

Выводы

На примере Северодвинского промышленного района проанализированы закономерности накопления тяжелых металлов в почвах техногенных ландшафтов. В ходе исследования изучено эколого-геохимическое состояние почв и сделаны следующие выводы:

1. Анализ полученных данных показал, что почвы Северодвинского промышленного района подвержены мощной техногенной нагрузке, в них происходит накопление следующих химических элементов: свинец, цинк, хром, никель, молибден, медь. Значения данных элементов в аномальных зонах почв района превышают предельно допустимые концентрации.

2. Город Северодвинск проявляет себя как интегральный источник загрязнения прилегающих к нему территорий, особенно в направлении преобладающих ветров. Пригородная зона отличается от города более высокой степенью загрязнения почв. Максимальный экологический прессинг испытывают почвы, расположенные южнее города на расстоянии 5-10 км. Они представлены в основном болотными почвами. Техногенные геохимические аномалии, образовавшиеся в этих почвах, являются устойчивыми, чему также способствует слабое развитие процессов самоочищения ландшафтов.

3. Основными источниками загрязнения почв исследуемого района являются атмосферные выбросы предприятий военно-промышленного комплекса и теплоэнергетики.

4. Значительный вклад в экологическую нагрузку на изучаемой территории оказывают элементы первого класса опасности (Zn, Pb). Интегральное воздействие их в пределах территории города и пригородной зоне варьирует от умеренно опасного до опасного уровня загрязнения почв.

5. Концентрации элементов второго класса опасности (Mo, Cu, Ni, Cr) в почвах города не превышают ПДК. В пригородной зоне уровни суммарного показателя загрязнения элементов в почвах аномальных зон варьируют от умеренно опасного до чрезвычайно опасного.

7. Интегральное геохимическое аномальное поле Северодвинского промышленного района принципиально отличается от модели центростремительного интегрального геохимического аномального поля разработанной сотрудниками ИМГРЭ. В отличие от общепринятой модели в пределах изучаемого района наблюдается центробежная концентрически зональная модель интегрального геохимического аномального поля.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Зыкова Е.Н.** Оценка устойчивости почв Северодвинского промышленного района к загрязнению химически активными техногенными веществами // Мат. межд. молодеж. экологич. форума стран Баренц – региона. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2001. С. 117-118.
2. **Зыкова Е.Н.** Оценка устойчивости почв Северодвинского промышленного района к химическому загрязнению // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения. Мат. докл. межд. конф. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2002. Т. 2. С. 50-54.
3. **Зыкова Е.Н.** Ландшафтное районирование и оценка устойчивости ландшафтов Северодвинского промышленно-городского района к химическому загрязнению // Сергеевские чтения. Выпуск 5. Молодежная сессия. Мат. годич. сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии - М.: ГЕОС, 2003. С. 171-176 .
4. **Зыкова Е.Н.** Особенности распределения свинца в почвах Северодвинского промышленного района // Экологические проблемы промышленных регионов. Тезисы докл. конф. Екатеринбург 2003. С. 118.
5. **Зыкова Е.Н.** Накопление тяжелых металлов в почвах Северодвинского промышленного района // Экология 2003. Мат. докл. межд. молодеж. науч. конф. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2003. С. 28-29.
6. **Зыкова Е.Н.** Функциональное зонирование территории Северодвинского промышленного района // Межвузовский сборник науч. тр. Экологические проблемы Севера. Архангельск: АГТУ, 2004. С. 129-133.
7. **Зыкова Е.Н.** Накопление высоко опасных тяжелых металлов в почвах Северодвинского промышленного района // Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. Мат. всероссийской конференции с международным участием. Т. 1. Архангельск: ИЭПС УрО РАН, 2005. С. 329-332.
8. **Зыкова Е.Н.** Эколого-геохимическое состояние почв Северодвинского промышленного района // Академическая наука и ее роль в развитии производительных сил в северных регионах России. Сборник докладов совещания. Архангельск: MCG/DonySuXX; ИЭПС УрО РАН, 2006. CD-ROM.
9. **Зыкова Е.Н.** Эколого-геохимическая комфортность проживания населения в городе Северодвинске // Вестник Поморского университета. Серия естеств. и точн. науки. 2006. №3 С. 31-34.