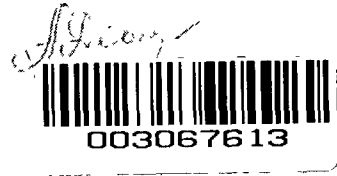


На правах рукописи



ДЕВЯТОВА Анна Юрьевна

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ДЕПОНИРУЮЩИХ СРЕДАХ
И ПРОГНОЗНАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕНОСА ПРИМЕСЕЙ ОТ
СТАЦИОНАРНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ
(НА ПРИМЕРЕ г. НОВОСИБИРСКА)**

25.00.36 – геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск-2006

*Работа выполнена в Институте геологии и минералогии Сибирского
отделения Российской Академии наук*

Научный руководитель доктор геолого-минералогических наук,
профессор,
Бортникова Светлана Борисовна

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор,
Мананков Анатолий Васильевич

доктор геолого-минералогических наук,
профессор,
Аношин Геннадий Никитович

Ведущая организация Томский Политехнический Университет

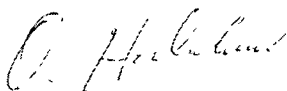
Защита диссертации состоится «21» сентября 2007 г. в 14 час. на
заседании диссертационного совета Д 212,265,02 при Томском
государственном архитектурно-строительном университете.

Адрес: 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.
Факс: 8 (3822) 418910
E-mail: anna@uiggm.nsc.ru

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке
ТГАСУ

Автореферат разослан 20 декабря 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Недавний О.И.

Введение

Актуальность работы. Оценка состояния и состава окружающей среды крупных промышленных городов – одна из наиболее актуальных проблем в науках о Земле на современном этапе, поскольку наличие вредных примесей в воде, почве, воздухе города напрямую отражается на здоровье населения. Выявление закономерностей формирования экологической обстановки города и оценка вклада отдельно взятого источника загрязнения среди множества является весьма сложной задачей, требующей комплексного подхода с применением химико-аналитических, статистических методов и математического моделирования.

Проблема экологического состояния г. Новосибирска исследовалась в работах Ильина, 1997, 2001; Рапуты, Шуваевой и др., 2002, 2003, Артамоновой и др., 2003. Выходят ежегодные доклады МПР России по Новосибирской области, мониторинг отдельных природных компонентов ведут Новосибирский Гидрометеоцентр, Комитет по земельным ресурсам НСО, Центр госэпиднадзора, МУП «Горводоканал», ЦСБС и институты СО РАН. В ИГМ СО РАН проблемами загрязнения р.Обь и почв Новосибирска занимаются ряд специалистов: Росляков Н.А., Ковалев В.П., Сухоруков Ф.В., Щербakov Ю.Г., Щербов Б.Л., Маликова И.Н.

Остаются малоизученными некоторые природные компоненты в черте города, особенно на территории правобережья; основное внимание в ряде работ уделяется нефтепродуктам, тяжелым металлам, фосфатам, фторидам, фенолам, т.е. исследуется достаточно узкий круг элементов. В представленной работе впервые для широкого круга элементов в воде и донных осадках малых рек города, снеговом покрове, почвах показаны закономерности их распределения, выявлены аномальные зоны, показаны пути и закономерности миграции водным и аэрозольным механизмом.

Исследование проводилось при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 04-05-64076), Интеграционного проекта РАН № 16.6 и муниципального проекта «Оценка и прогноз гидрогеохимического состояния малых рек и почв г. Новосибирска», что подтверждает его актуальность.

Целью работы является установление геохимического состояния для территории г. Новосибирска, выявление участков с аномальными содержаниями техногенных компонентов, а также механизмов и путей миграции наиболее токсичных из них.

Основные задачи исследований, решаемые для достижения поставленной цели, представляли собой взаимосвязанные блоки, позволяющие получение адекватной картины состава природных компонентов Новосибирска.

- 1) Выявление уровня концентраций и распределения химических элементов в донных отложениях и водах малых рек г.Новосибирска.
- 2) Определение уровня загрязнения компонентов окружающей среды, выявление участков города с наиболее напряженной экологической ситуацией.
- 3) Оценка распределения химических элементов и полиароматических углеводородов в снеговом покрове, определение структуры и состава загрязнителей, поступающих на территорию города от локальных источников (теплоэлектроцентрали, промышленные предприятия).
- 4) Разработка программной оболочки для прогнозной оценки аэрозольного переноса вещества от точечного источника загрязнения на основе численного моделирования регрессионной зависимости, предложенной д.ф.-м.н. Рапутой В.Ф.

Фактический материал. В основу диссертационной работы положены результаты анализов 34 почвенных проб, 23 пробы воды и донных отложений и 67 снеговых проб, в общей сложности около 4000 элементоопределений, что является достаточным для статистической и геохимической оценки.

Методы исследований. Для исследований использовались методы анализа элементного (РФА-СИ, ИСП-АЕС) и анионного (титриметрические методы определения концентраций Cl^- , HCO_3^- , турбидиметрический метод определения ионов SO_4^{2-}) состава проб, методы жидкостной хроматографии, что обеспечило необходимую достоверность полученных результатов. В дополнение химико-аналитических методов, в результате которых для каждой точки вещество было проанализировано в общей сумме на 35 элементов и 15 полиароматических углеводородов, использовались методы электронной микроскопии, методы ГИС.

Научная новизна работы. Проведенные исследования позволили получить новые знания о геоэкологической ситуации г.Новосибирска:

- Выявлены основные загрязняющие компоненты в природных средах г. Новосибирска на основании изучения широкого круга тяжелых металлов, полиароматических и нефтяных углеводородов.
- Определена сравнительная подвижность макро- и микроэлементов в природных компонентах г.Новосибирска
- Установлен характер распределения загрязняющих примесей в атмосфере города по данным изучения снегового покрова как естественного планшета-накопителя. Разработана методика прогнозной оценки уровня загрязнения городских территорий на основе программного продукта

(WindRoseGrid) для численного моделирования пылеаэрозольного переноса вещества от стационарного источника.

Защищаемые положения:

1. Природные аномалии в воде и донных осадках рек образуют Fe и Mn. Элементы Pb, Ti, As, Ni, Rb формируют аномалии техногенного происхождения. По степени подвижности в системе «вода - донный осадок» элементы выстроены в ряд:

макроэлементы $Ca > Sr > Mn > Fe > K > Ti$

микроэлементы $As > Cd > Br > Ga > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni > Rb > Th > Zr$.

2. При аэрозольном переносе при отсутствии источников загрязнения основными формами нахождения Si, Al, K, Fe, Mn, Pb, V, Ni, Cu является минеральная взвесь, а Zn, Cd, Ag, Br, I, Sb, As, Se – раствор. В зонах влияния ТЭЦ-2, 3, 5 и Оловокомбината долевое соотношение элементов во взвешенной и растворенной формах изменяются. В районах ТЭЦ в растворенной части преобладают Br, Mo, As, Te, а в районе Новосибирского оловокомбината – K, Ca, Sr, Zn, Br, I, Te.

3. Разработанная компьютерная технология численного моделирования аэрозольного переноса позволяет с достаточной адекватностью прогнозировать распространение минеральных и органических примесей от стационарных источников загрязнений на территорию промышленного города.

Практическая значимость состоит:

- в оценке геоэкологического состояния г. Новосибирска;
- дан ретроспективный анализ распространения вредных примесей на территорию города от источников их поступления; разработан программный продукт для прогноза распространения пылеаэрозольных частиц от стационарного источника;
- материалы диссертационной работы использованы при разработке рабочих программ, методических пособий в курсе «Компьютерные методы обработки геологических данных» для студентов ГГФ НГУ, а также при проведении практических работ по оценке длительного аэрозольного загрязнения территории г. Новосибирска в СибНИГМИ Росгидромет.

Личный вклад автора. Автор участвовал в отборе и пробоподготовке образцов, анализировал и интерпретировал полученную геохимическую информацию, разрабатывал базу данных и программное обеспечение для численного моделирования.

Апробация работы. Основные результаты работы по теме диссертации были доложены и обсуждены на международных и молодежных конференциях: Сибирская конференция молодых ученых по Наукам о Земле

(Новосибирск, 2002), International Symposium Environmental Change in Central Asia (Berlin, 2003), Вторая Сибирская конференция пользователей ESRI&ERDAS (Новосибирск, 2003), Молодежная школа-конференция по геоэкологии (Санкт-Петербург, 2004), Международная конференция ENVIROMIS (Томск, 2004), Международная конференция и школа молодых ученых Cites (Новосибирск, 2005), Third International Conference Environmental Change in Central Asia (Ulaanbaatar, 2005), 4th International Symposium of the Kanazawa University, Young Researchers' Network «Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area» (Kanazawa, Japan, 2006).

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 4 статьи, и 9 тезисов докладов. Из них 3 работы опубликованы в рецензируемых журналах входящих в перечень ВАК.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из Введения, 4 глав и Заключения. Объем работы составляет 150 страниц, включая 30 таблиц и 48 рисунков. Список литературы состоит из 108 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю профессору С.Б. Бортниковой за выбор направления исследований, внимание, помощь и ценные советы.

За помощь в понимании моделей атмосферного переноса примесей и участие в сборе фактического материала автор искренне благодарит сокурсника ИВМиМГ СО РАН д.ф.-м.н. В.Ф. Рапуту. Глубокую благодарность автор выражает А.А. Мартынову за личную и техническую поддержку и помощь при подготовке работы. Серьезную помощь при проведении полевых и химико-аналитических исследований оказали д.г.-м.н. А.С. Лапухов, к.б.н. С.Ю. Артамонова, Н.В. Юркевич, О.П. Саева, Л.Б. Трофимова, Ю.П. Колмогоров. Автор благодарит к.г.-м.н: И.Н. Маликову, Н.Н. Добрецова, И.Д. Зольникова, к.т.н. В.Н. Дементьева, к.г.-м.н. С.К. Кривоногова. за советы и всестороннее обсуждение работы

Глава 1. Общая характеристика компонентов среды г. Новосибирска, основные виды и источники загрязнения, технологии обработки и сервиса геохимической информации

В первой главе диссертации рассматривается изученность района исследования, дана характеристика компонентов среды Новосибирска (физико-географические условия и климат, геолого-геоморфологическая характеристика, геолого-геохимические характеристики компонентов окружающей среды), характеристика и виды источников загрязнения. Рассмотрены технологии обработки и сервиса геохимической информации.

Глава 2. Методология исследований

Вторая глава освещает методологию исследований: полевое опробование рек, почв и снегового покрова, аналитические методы определения элементного (РФА-СИ, ИСП-АЭС) и анионного состава проб, метода газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ), использование этих методик позволило охватить максимально возможный спектр компонентов (анионов, элементов и полиароматических углеводородов), для получения более подробных данных о загрязнении (табл. 1).

Таблица 1. Химико-аналитические методы исследования.

Объект	Аналитический метод	Тип пробы
Реки	Потенциометрический метод (рН)	Вода на месте отбора
	Турбидиметрический метод определения ионов SO_4^{2-}	Нефильтрованный раствор
	Титриметрический метод определения концентраций HCO_3^-	
	Титриметрический метод определения концентраций Cl^-	
	ИСП-АЭС	Истинный раствор, полученный путем фильтрования
РФА-СИ	Донный осадок и остаток, полученный при выпаривании	
Почвы	РФА-СИ	Просушенные и гомогенизированные образцы
Снег	ИСП-АЭС, ГЖХ	Истинный раствор, полученный путем фильтрования
	РФА-СИ	Взвесь с фильтра и сухой остаток

Помимо химико-аналитических методов, в результате которых для каждой точки вещество было проанализировано в общей сумме на 35 элементов, использовались методы электронной микроскопии для анализа аэрозольных частиц в снеговом покрове, статистические и математические методы для обработки полученных результатов, нахождения корреляции, а также для построения оценочных и прогнозных моделей, методы ГИС для обработки, визуализации и представления полученной информации.

Глава 3. Оценка загрязнения и выявления аномалий в малых реках

г. Новосибирска

Исследуемые реки слабоминерализованы, но некоторые из них содержат довольно высокое количество микроэлементов и тяжелых металлов. Наиболее высокая степень минерализации наблюдается в р.Иня – 0.7 г/л, далее в порядке уменьшения идут: рр. Плющиха, Зырянка, Березовка, Ноздриха, Мосиха, Шмаковка и наименьшая минерализация наблюдается в р. Ельцовка. Во всех реках отмечено превышение ПДК по Fe и Mn. В реке Иня ион SO_4^{2-} находится на пороге ПДК. В р. Ельцовка ПДК превышены, кроме того, по Pb и Ti, в р. Иня и Плющиха – по Ti, в рр. Ноздриха и Мосиха – по Ni, а в р. Ноздриха – по As.

Макрокомпонентный состав донных осадков довольно сходен во всех опробованных участках рек, содержания основных компонентов варьируют не сильно. Уровень содержаний тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd) в донных осадках довольно высок, лишь небольшое количество точек показывает фоновый уровень. В микрокомпонентном составе рек отмечается высокий уровень содержаний микроэлементов: V, Cr, Ni, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cu, Zn, Cd, Sn, Pb, Br, I, во многих реках были выделены аномальные участки по As, Cu, Zn, Ni, Mo и ряду других элементов. Наиболее загрязнены донные осадки в реке Верхняя Ельцовка (рис. 1).

Установленная картина геохимического состояния малых рек показывает серьезный уровень их загрязнения по целому комплексу металлов, причем как воды, так и донных осадков. В связи с полученными результатами был проведен анализ подвижности всех проанализированных элементов на основе закономерностей их распределения между твердой фазой (донными осадками) и раствором (воды реки).

Для каждой из изученных рек, были рассчитаны коэффициенты распределения (Tessier et al., 1989), которые позволили оценить подвижности элементов: $K_{распр} = \lg(Me_{тв}/Me_{вода})$.

Суммарно во всех реках весьма подвижными являются Ca, Sr и микроэлементы As, Br, I, радиоактивные металлы U, Th в части рек также входят в группу весьма подвижных. К подвижным элементам относятся Fe, Mn и Cd, Zn, Cu, Pb, Cr, Sn, Sb, Ni. Наиболее инертными элементами в системах изученных рек являются K, Ti из макрокомпонентов и Rb, Zr из микрокомпонентов. Инертное поведение последней группы элементов можно объяснить биологической активностью K, Rb, Zr, склонностью сорбироваться на высокодисперсных частицах почв и задерживаться растениями в процессе их питания и роста. Кроме того, Zr, так же, как и Ti в

природных водах может находиться в виде взвеси различных комплексных соединений и коллоидных частиц.

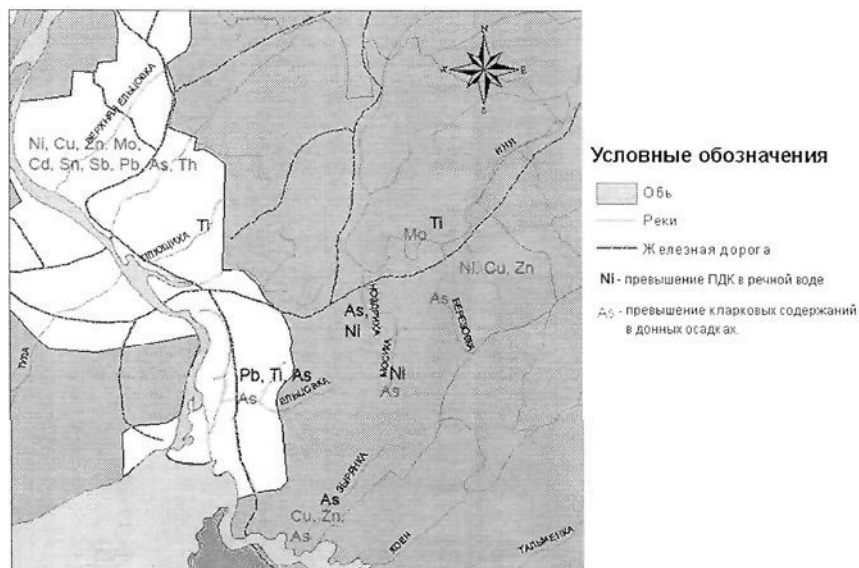


Рис. 1. Схема загрязнения малых рек (воды и донных отложений) Новосибирска

Глава 4. Исследование пылеаэрозольных выпадений в снеговом покрове и модели аэрозольного переноса

Основные источники атмосферного загрязнения г. Новосибирска, помимо транспортных выхлопов, - это предприятия теплоэнергетики и промышленные предприятия. Снеговые пробы отбирались в районах ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-5 и Новосибирского Оловокомбината (НОК), для фоновой оценки было отобрано 11 проб в районе Кольцово и в ЦБС СО РАН.

Максимальное количество элементов, превышающих фон, обнаружено в районе НОК, далее идет ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 (табл. 2). В районе ТЭЦ-5 значительных превышений не наблюдается, это объясняется несколькими факторами. Во-первых, ТЭЦ-2 и 3 строились в 30-40-х годах прошлого века, в то время как последний блок ТЭЦ-5 был сдан в 2004 году, т.е. на ней установлено более технологичное и новое оборудование. Но с другой

стороны, высота трубы ТЭЦ-5 в 2.5 раза выше, чем у ТЭЦ-2 и 3, т.е. аэрозольные выбросы разносятся на более дальние расстояния, и загрязнение происходит на большей площади, с меньшими концентрациями. Различия в химическом составе выбросов связаны с различными типами топлива, ТЭЦ-2 и 3 используют кузнецкие угли, а ТЭЦ-5 - преимущественно мазут, что подтверждается высокими концентрациями брома в её выбросах.

Таблица 2. Преобладающие элементы в снеговых пробах в районах источников загрязнения

Источники	Фильтрат	Взвесь
ТЭЦ-2,3	Sb, U, Ge, Sn, Nb	Sb, Ge, Sn, Br, Cd
ТЭЦ-5	U, Nb, Th, Mo, Se, V, Ge	Br, Se, Mo, I, Sb, Sr
НОК	Sn, As, Cd, Co, Se, U, Zn, Sb	Sn, As, Se, Cd, Sb, Ge, Zn

Основными элементами загрязнения почвы, по данным В.Б. Ильина и А.И. Сысо, в районе ТЭЦ-2,3 являются Zn, Cu, Zr, Mo, а в районе НОК Sn, As, Bi, Cu, Zn, Cd (Ильин, Сысо, 2001). В снеговом покрове ТЭЦ-2, 3 перечисленные элементы также имеют повышенные содержания (в 3-6 раз превышают среднефоновые значения), но максимальные концентрации наблюдаются у Sb, Ge, U, Nb, Br, Cd. В районе НОК основные элементы загрязнители почвенного и снегового покрова практически совпадают, различия составляют Bi, содержания которого были ниже предела обнаружения в снеговых пробах и Se, Co, Sb, Ge, U – не анализировавшиеся в почвах. Таким образом, изучение снегового покрова позволило расширить группу элементов преобладающих в выбросах различных источников загрязнения.

Из проанализированных полиароматических углеводородов (ПАУ) в выбросах ТЭЦ преобладают флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен (300-100 нг/л), наиболее опасным из ПАУ является бенз(а)пирен - канцерогенное вещество, вызывающее генные мутации, раковые и другие заболевания. Он образуется при неполном сгорании топлива и используется в качестве трассера техногенного загрязнения (Рапуга, 2002). Наибольшие концентрации бенз(а)пирена и других ПАУ в снеговом покрове были зафиксированы в районе ТЭЦ-3, в районе ТЭЦ-5 концентрации ПАУ, так же как и микроэлементов, в среднем в 2 раза ниже, чем в районе ТЭЦ-3, но в

связи с использованием мазута в выбросах ТЭЦ-5 преобладает содержание нефтяных углеводородов.

Взвешенные частицы в снеговом покрове, выпавшие от разных источников, отличаются как по химическому составу, так и по морфологии (рис. 2), что было установлено при изучении взвеси с фильтра.

В аэрозольных выбросах оловокомбината преобладают алюмосиликаты, кварцевые частицы, очень часто встречаются микрокристаллы касситерита, олово- и мышьяк-содержащие частицы, их средний размер 30-40 μm (рис. 2а). Отличительной особенностью является наличие хорошо ограненных кристаллов, которые содержались в исходном сырье. В аэрозольных выбросах ТЭЦ-3 встречаются карбонатные и силикатные частицы, средний размер частиц меньше чем в выбросах НОК, он составляет 15-20 μm (рис. 2б).

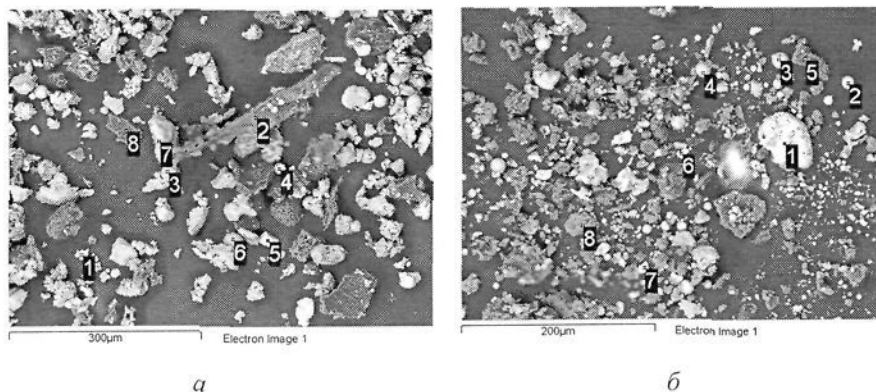


Рис.2. Частицы аэрозоля обнаруженные в районах источников загрязнения

Для снеговых проб фоновый район характерны повышенные содержания в фильтрате по сравнению со взвесью К, Na, Ca, Sr, Rb, Mn, Ag, Cd, Sb, As, Br, I, Te, т.е. элементов с хорошей растворимостью и подвижностью. Однако поведение элементов в снеговом покрове вблизи различных источников загрязнения меняется. Например, в районах теплоэлектростанций К, Sr, Rb, Mn, Sb, I переходят в раствор хуже, даже их абсолютные содержания ниже по сравнению с фоновыми, в истинном растворе преобладают лишь As, Br, Te и Mo.

Построение математической модели аэрозольного переноса от точечного источника

Для прогноза распространения примесей применялось решение обратной задачи оценки аэрозольного переноса, предложенное В.Ф. Рапутой (2002-2006), позволяющее параметры, которые невозможно измерить (турбулентность, скорости осаждения частиц и т.п.) агрегировать в отдельный параметр Θ и построить функцию распределения пылеаэрозольного вещества от точечного источника по минимальному количеству точек. В нашем случае источники загрязнения – это трубы ТЭЦ-2, 3 и Оловокомбината. Оценка вектора неизвестных параметров $\bar{\Theta} = (\Theta_1, \Theta_2)$ проводится с помощью натуральных измерений содержания загрязняющих веществ в снеговом покрове. Для оценивания длительного (месяц, сезон, год) загрязнения местности от точечного источника по данным наблюдений была предложена и апробирована следующая регрессионная зависимость (Рапута и др, 1997):

$$f(r, \Theta_1, \Theta_2) = \Theta_1 r^{\Theta_2} \exp(-c/r), \quad (1)$$

где r – расстояние от источника загрязнения, а c – величина, зависящая от высоты источника, температуры и объема выбрасываемой газо-воздушной примеси и скорости ветра, величина c может быть рассчитана предварительно с учетом соотношения: $c = 2r_{\max}$

Или найдена по результатам наблюдений приземного поля концентрации для слабо оседающей примеси, где r_{\max} – точка максимальной приземной концентрации для невесомой примеси. Противном случае, величину C следует отнести к числу оцениваемых параметров модели.

Регрессионная зависимость (1) верна для двумерного случая, когда точки опробования лежат на одном векторе вместе с источником загрязнения. Для того чтобы рассчитать площадное выпадение аэрозольной примеси, необходимо учитывать розу ветров для приземного атмосферного слоя.

$$p(r, \varphi, \bar{\Theta}) = g(\varphi + 180^\circ) f(r, \Theta_1, \Theta_2), \quad (2)$$

где p – удельное содержание примеси в снеге (почве, воздухе); r, φ – полярные координаты расчетной точки с началом в месте расположения источника; $g(\varphi)$ – климатическая повторяемость направлений ветра для рассматриваемого промежутка времени; $\bar{\Theta} = (\Theta_1, \Theta_2)$ – вектор неизвестных параметров.

Оптимизация системы наблюдений для построения модели

Любое измерение всегда имеет погрешность – ε , которая будет понижать точность модели, но систему опробования можно выстроить таким образом, что погрешность измерения будет незначительно влиять на численную модель. Для функции (1) локально-оптимальный план измерений для двух опорных точек соответствует:

$$\varepsilon(\overline{\Theta}_2) = \left\{ \begin{array}{l} r_1 = \frac{1}{2}r_{\max}, r_2 = \frac{3}{2}r_{\max} \\ p_1 = p_2 = \frac{1}{2} \end{array} \right\}, \quad (3)$$

где r_{\max} - расстояние, на котором происходят максимальные выпадения.

Оптимальные расстояния отбора опорных точек, при которых погрешности аналитических методов будут в наименьшей мере влиять на реконструкцию аэрозольных выпадений - $0,5 r_{\max}$ и $1,5 r_{\max}$. Величина r_{\max} оценивалась по стандартным методикам (Берлянд, 1985), она зависит от высоты трубы и средней скорости ветра в приземном слое атмосферы.

Для численного моделирования предложенной регрессионной зависимости брались 2 опорные точки, лежащие на расстоянии от источника r_1 и r_2 (рис. 3.) с измеренными концентрациями элементов в них, остальные точки служили в качестве контрольных для проверки работы модели. Подставляя измеренные значения в модель, мы получаем функцию распределения (рис. 4.) примесей по радиус-вектору опорных точек, который отклоняется от оси x на угол φ .

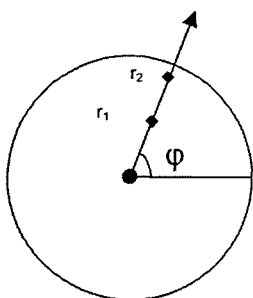


Рис. 3. Расположение опорных точек относительно источника

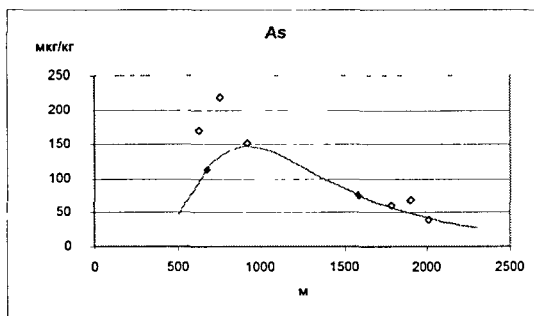


Рис. 4. Функция распространения мышьяка в районе Оловокомбината

Для численного построения площадной модели аэрозольного переноса автором было разработано программное обеспечение WindRoseGrid, которое более подробно описано в 5 главе.

Реконструкция распространения элементов вблизи различных источников загрязнения

На рисунке 5 показана оценка уровня загрязнения мышьяком снегового покрова вблизи Оловокомбината. Приоритетные направления среднегодовой розы ветров в приземном слое атмосферы района Новосибирска Ю, ЮЗ и ЮВ, т.е. основной снос идет в С, СВ и СЗ направлениях. Согласно построенной модели зона с минимальным выпадением аэрозолей ограничивается радиусом в ~ 400 м вокруг трубы НОК. Далее в ближней зоне начинается резкий рост аэрозольного загрязнения, где максимум приходится на 1-1.5 км от трубы – в Бугринской роще и примыкающих к ней дачных участках. В этом районе максимальные концентрации в снеговом покрове достигают (мг/л): As – 160, Sb – 152, Sn – 66, Pb – 40, Cd – 20.



Рис. 5. Восстановленные концентрации мышьяка в районе Оловокомбината

Загрязнение от ТЭЦ-2 распространяется на частный сектор левобережья Оби и на жилой Железнодорожный район правобережной части города (рис. 6). Максимум выпадений приходится на частный сектор в Ленинском

районе города. В меньшей степени идет загрязнение жилой зоны Ленинского района, расположенной на ЮЗ от источника.

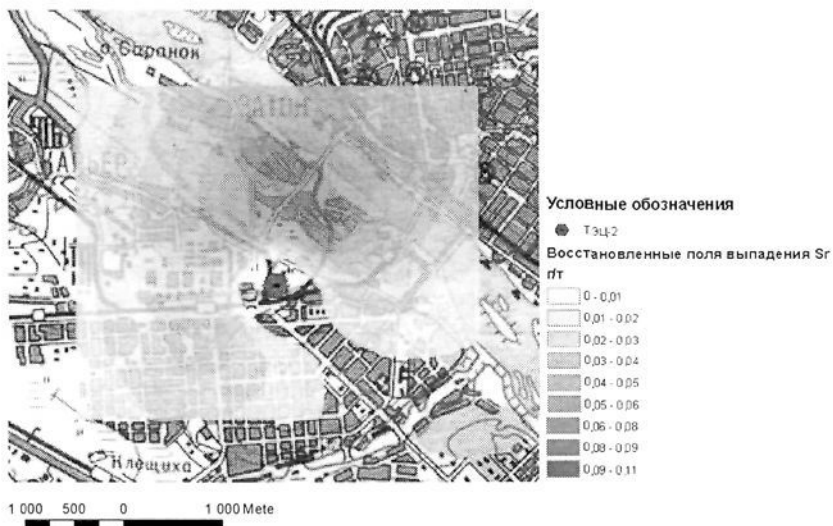


Рис. 6. Восстановленные концентрации стронция в районе ТЭЦ-2

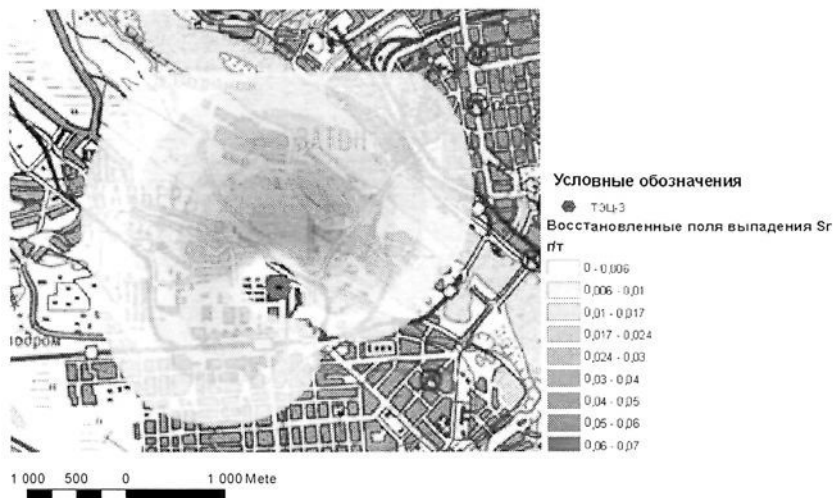


Рис. 7. Восстановленные концентрации стронция в районе ТЭЦ-3

Максимальные выпадения от ТЭЦ-3 также приходятся на частный сектор Ленинского района города (рис. 7). В меньшей степени идет загрязнение жилой зоны Ленинского района, расположенной на ЮЗ от источника. Вынос техногенных примесей от ТЭЦ-3 на правобережную часть города практически не осуществляется.

Высота трубы ТЭЦ-5 (260 м) обуславливает ярко выраженную дифференциацию выпадающих частиц, в связи с этим удалось проследить ближнюю и дальнюю зоны выпадения пылеаэрозольного вещества (рис. 8). В ближней зоне оседают более тяжелые частицы, а в дальней более легкие. Загрязнение от ТЭЦ-5 микроэлементами (Br, Se, Mo, U, Nb, Th), а также рядом полиароматических углеводородов приходится на Октябрьский и Первомайский районы города, однако максимум выпадений находится за пределами городской черты.

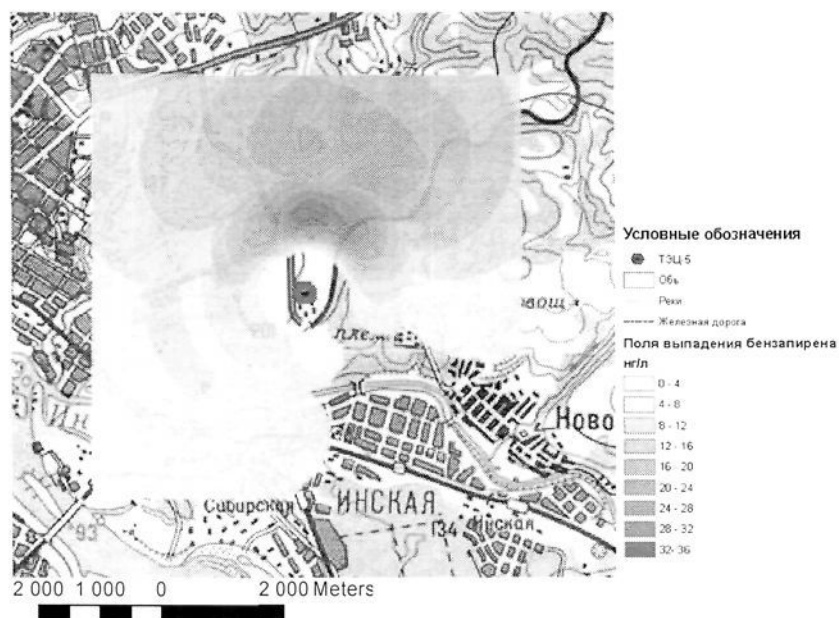


Рис. 8. Восстановленные концентрации бенз(а)пирена в районе ТЭЦ-5

Цикл проведенных работ представляет основу для комплексной системы мониторинга снегового покрова в окрестностях техногенных

источников. Он включает такие элементы системы как проведение измерений с использованием математических методов планирования маршрутных снего съемок, различных методов химического анализа, численное моделирование и реконструкцию полей выпадений аэрозольных частиц.

Глава 5. Информационные технологии в геохимических исследованиях окружающей среды г. Новосибирска

Для численного моделирования регрессионной зависимости было разработано программное обеспечение WindRoseGrid. Данное программное обеспечение позволяет рассчитывать двумерную прогнозную модель распространения примесей от точечного источника на удаленные расстояния, строить регулярную сетку и рассчитывать концентрацию элементов в каждом узле сетки с учетом всех заданных параметров.

По заданным параметрам ячеек и площади покрытия рассчитываются координаты ячеек сетки (x , y). Для каждой ячейки рассчитываются параметры угла и кратчайшего расстояния до точки источника (r и φ). Далее мы строим функцию распределения по 2-м опорным точкам, используя введенные параметры: c – параметр пропорциональный высоте трубы; φ – угол на котором лежат опорные точки; параметры q_1, q_2 – содержания того или иного элемента в этих точках опробования; r_1, r_2 – расстояние до источника загрязнения (для вычисления точных координат трубы источника, мы использовали геопривязанные космоснимки).

И завершающий шаг - создание площадной модели пылеаэрозольного переноса на основе функции распределения примесей и розы ветров в приземном слое атмосферы характерной для данной местности. Данные о розе ветров брались из справочной информации СибНИГМИ Росгидромета. Таким образом, на выходе мы получаем координаты каждой ячейки: x , y и величины концентрации элементов в них - z . Полученная регулярная сетка с тремя координатами визуализировалась в программном пакете ArcGIS. Требуемая функциональность реализована с помощью объектов представленных на UML¹-диаграмме (рис. 9).

¹UML (*Unified Modeling Language* - унифицированный язык моделирования). В разработке программного обеспечения это отраслевой стандарт визуального языка моделирования 3-го поколения, который служит в основном для моделирования программных систем.

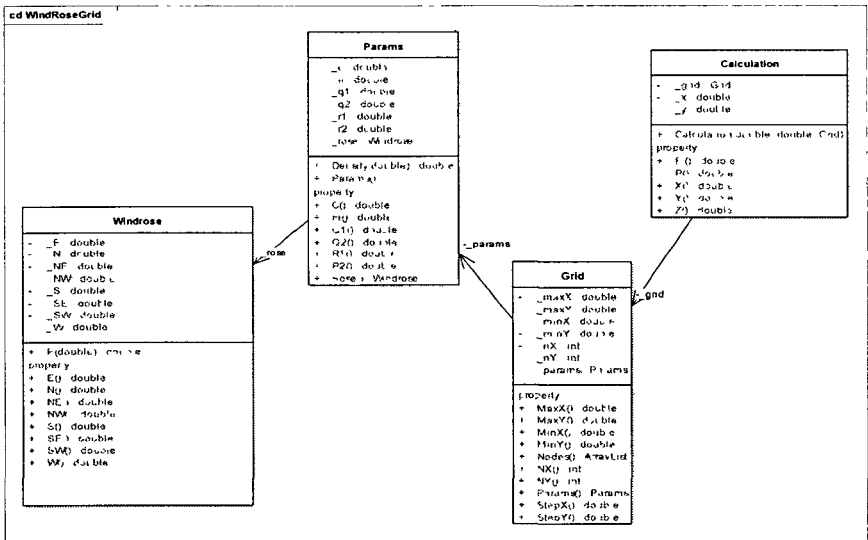


Рис. 9. UML-диаграмма взаимосвязей объектов в программном обеспечении WindRoseGrid

Все параметры для модели сохраняются в файл в формате XML, его пример приведен ниже:

```

<Grid>
<Params Fi="90" Q1="111" Q2="67" R1="680" R2="1585" C="4000">
<Rose N="2" NE="9" E="9" SE="17" S="27" SW="23" W="8" NW="2" />
</Params>
<MinX>-4000</MinX>
<MaxX>4000</MaxX>
<MinY>-4000</MinY>
<MaxY>4000</MaxY>
<NX>81</NX>
<NY>81</NY>
</Grid>
  
```

Результаты расчетов могут быть сохранены в формате CSV или непосредственно переданы в MS Excel, для сохранения в форматах для

последующей визуализации. Программа имеет пользовательскую интерфейсную оболочку (рис. 10).

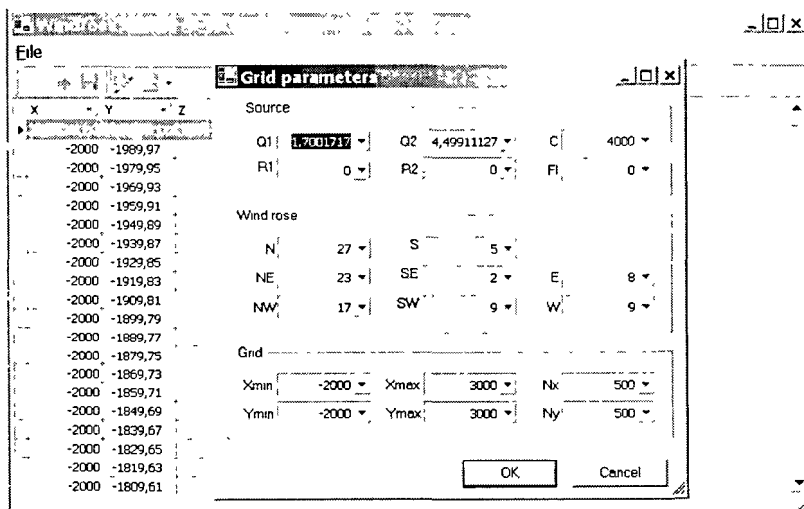


Рис. 10 Интерфейсная оболочка программного обеспечения WindRoseGrid.

Основные результаты и выводы

1. Для депонирующих компонентов природной среды Новосибирска, таких как почва, донный осадок и вода малых рек, характерно повсеместное повышенное содержание Fe и Mn. На некоторых участках города отмечено превышение предельно допустимых значений по ряду элементов - As, Ni, Ti, Pb.

2. Изучение снегового покрова как естественного планшета-накопителя позволило установить, что в аэрозольных выбросах ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 преобладают Sb, Ge, Ni, Nb, V, Cr, Ti, Se, U, флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен, а в выбросах ТЭЦ-5 - Br, Se, Mo, I, Nb, U, Th, нафталин, флуорен, фенантрен, флуорантен, пирен, нефтяные углеводороды. Выбросы Оловокомбината имеют максимальную, концентрацию загрязняющих веществ среди рассмотренных предприятий Sn, As, Se, Cd, Sb, Se, Co, Ge, U.

3. Разработана технология геоэкологического мониторинга на основе решения обратной задачи переноса примесей. Построены численные модели

восстановления полей выпадений пылеаэрозольных частиц по данным наблюдений и мощности источников для ряда предприятий (ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, ТЭЦ-5, Новосибирский Оловокомбинат).

4. Для вышеперечисленных предприятий построены локально-оптимальные планы расположения точек опробования с учетом ряда параметров, таких как высота источника, характеристики дисперсного состава пылеаэрозольных выпадений, с учетом ограничений на размещение точек опробования и среднегодовой розы ветров, характерной для приземного слоя атмосферы г. Новосибирска.

Список основных публикаций по теме диссертации:

Статьи

1. **Девятова А.Ю.** Сравнительный анализ технологий для обработки, хранения и публикации различных типов геологической информации.// География и природные ресурсы, 2005, № 01, с. 97-102
2. **Девятова А.Ю.** Представление геологических данных с помощью информационных технологий.// Вычислительные технологии, 2005, том 10, часть 2, с. 32-39
3. **Маликова И.Н., Страховенко В.Д., Сухоруков Ф.В., Девятова А.Ю..** Современное состояние загрязнения радиоцезием почв Алтайского края. // Сибирский экологич. журнал, 2005, №6, с. 999-1011

Учебное пособие

Дементьев В.Н., Девятова А.Ю., Суткина Е.П. Геоинформационное обеспечение геологического картирования на учебном полигоне Шира. Новосибирск, НГУ, 2006, 44с.

Тезисы докладов.

1. **Devyatova A.Y., Ozerleva N. V.** Estimation of geochemical situation in Novosibirsk city // Международная конференция по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды «ENVIROMIS 2006», Томск, 2006г, с 108-109.
2. **Девятова А.Ю., Кабанник В.Г.** Информационная система по радионуклидам и тяжелым металлам Алтая // Труды Третьей интеграционной междисциплинарной конференции молодых ученых СО РАН и высшей школы, Иркутск, 2005, Том 1, с 85-88.
3. **Девятова А.Ю., Жданова А.** Моделирование поступления осадочного вещества в озеро Хубсугул, Северная Монголия // Пятая межвузовская молодежная научная конференция "Школа экологической геологии и рационального недропользования", СПбГУ, 2004, с.215

4. Zolnikov I.D., Krivonogov S.K., Balandis V.A., **Devyatova A.Y.** Using of GIS technologies for creation of regional data banks, providing ecogeological scientific researches // International Symposium Environmental Change in Central Asia - Climate - Geodynamics - Evolution - Human Impact. March 10-15, Berlin, 2003, 140-141.
5. Зольников И.Д., Кривоногов С.К., Баландис В.А., **Девятова А.Ю.** Использование ГИС-технологий для создания региональных банков данных, обеспечивающих НИР по экологии // Тезисы Второй Сибирской конференции пользователей программных продуктов ESRI и ERDAS. Новосибирск: Дата Ист. 2003 г. CD-ROM
6. **Devyatova A.Y.**, Zhdanova A., Krivonogov S., Solotchina E. GIS model of the sediments transportation into the Hovsgol Lake, Northern Mongolia // 32nd Int. Geol. Congr., 2004, Abs.Vol., pt.1, 61-19, p. 305.
7. **Девятова А.Ю.**, Кривоногов С.К. Сравнительный анализ подходов к обеспечению сервиса разных типов геологической информации // Международная конференция по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды «ENVIROMIS 2004», Томск, 16 - 25 июля 2004г, с 52.
8. **Девятова А.Ю.** Представление геологических данных с помощью информационных технологий // Международная конференция и школа молодых ученых по вычислительным технологиям для наук об окружающей среде «Cites 2005», Новосибирск, 2005, с 48-49
9. **Devyatova A.Y.** Databases and Internet services for the Environmental Sciences projects: overview and local solutions // Young Researchers' Network «Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area», Japan, Kanazawa, 2006, p. 23-25

Технический редактор О.М.Вараксина

Подписано к печати 15.12.2006

Формат 60x84/16. Бумага офсет №1. Гарнитура Таймс.

Офсетная печать

Печ. л. 1,2. тираж 100. Заказ №406

НП АИ «Гео». 630090, Новосибирск, пр. Ак.Коптюга, 3