

На правах рукописи

ШАТИЛОВ АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ПЫЛЕВЫХ АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ
ОБСКОГО БАССЕЙНА**

Специальность 25.00.36:

Геоэкология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

ТОМСК - 2001

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук,
профессор Л.П. Рихванов

Официальные оппоненты - доктор геолого-минералогических наук,
профессор А.В. Мананков
- кандидат геолого-минералогических наук,
профессор А.И. Летувнинкас

Ведущая организация - ТЦ «Томскгеомониторинг», г.Томск

Защита состоится « 27 » ноября 2001 г. в 14⁰⁰ час. на заседании диссертационного совета Д.212.265.02 в Томском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 634003, г.Томск, пл.Соляная, 2, корп. 2 , ауд. 117 . E-mail: geolog@tisi,tomsk.su

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Томского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан « 22 » октября 2001 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук

Г.Г. Щербак

Введение

В настоящее время промышленные центры являются мощными источниками выбросов загрязняющих веществ, которые оказывают воздействие на окружающую среду, меняя ее химические и физические характеристики. Масштаб этого процесса достаточно велик, так что можно говорить об интенсивном формировании биогеохимических провинций в окрестностях больших городов, с одной стороны, и изменении глобального уровня загрязнения - с другой. В атмосферу в мире ежегодно выбрасывается 200 млн. т. окиси углерода, 150 млн. т. двуокиси серы и другие загрязняющие вещества. Только в глобальном масштабе 6-10% массы аэрозоля образуется за счет деятельности человека, в ближайшем будущем эта величина может возрасти до 15% (Батчер, Чарлсон, 1977).

Иногда месячного срока работы предприятия достаточно для того, чтобы угнетение жизнедеятельности растений в его окрестностях проявилось вполне отчетливо (Вавельский, Чебан, 1990 и др.).

Одной из особенностей загрязнения атмосферного воздуха является полиэлементность состава аэрозольных выпадений. Это связано с тем, что выбросы предприятий основных отраслей промышленности и ТЭЦ содержат широкий спектр химических элементов («Геохимия...», 1990; Титаева и др., 1993 и др.). Многочисленные исследования атмосферного воздуха в зоне воздействия предприятий черной и цветной металлургии, машиностроения и приборостроения показывают накопление в воздухе широкой ассоциации не только химических элементов, характерных для основного цикла производства, но и элементов-спутников, присутствующих в сырье или использующихся при вспомогательных технологических процессах. Это в свою очередь приводит к увеличению поступления ингаляционным путем в организм человека химических элементов, что оказывает неблагоприятное воздействие на его здоровье (Воробьева и др., 1992; Байковский, 1994 и др.).

Актуальность проблемы определяется общей задачей оздоровления окружающей среды. Изучение максимально возможного круга элементов в депонирующих средах позволяет определить пространственную структуру их распределения и идентифицировать источник загрязнения. В условиях увеличения техногенной нагрузки на окружающую среду все это представляется весьма актуальным.

Основная цель работы - изучение вещественного состава пылевых атмосферных выпадений и установление уровня накопления в них химических элементов для разработки и внедрения приемов и методов эколого-геохимических исследований при оценке состояния природной среды. Для ее решения поставлены следующие задачи:

1. Изучение вещественного состава пылеаэрозольных выпадений на территориях с разной техногенной нагрузкой;
2. Установление взаимосвязи уровня накопления химических элементов в твердом осадке снегового покрова, по данным нейтронно-активационного анализа, с различными по физическим свойствам фракциями пылеаэрозольных выпадений (магнитными, электромагнитными и немагнитными);
3. Установление уровня загрязнения снегового покрова редкими, редкоземельными и радиоактивными элементами при наличии различных антропогенных источников выбросов;
4. Установление ассоциаций редких, редкоземельных и радиоактивных элементов, характерных для пылеаэрозольных выбросов промышленных предприятий различных отраслей промышленности.

Основные защищаемые положения

1. Вещественный состав нерастворимой фазы твердого осадка снегового покрова в районах с разной степенью техногенной нагрузки отличается по соотношению частиц природного и техногенного происхождения и зависит от специфики функционирующих промышленных производств.

2. Степень техногенной нагрузки определяется уровнем запыленности, притока микроэлементов с атмосферной пылью и их концентрации в фиксируемых снеговом покровом выпадениях. Качественный состав нерастворимой фазы твердого осадка снегового покрова отражает геохимическую специфику функционирующих комплексов: угледобывающих и углеперерабатывающих; горнодобывающих и перерабатывающих; нефтехимической промышленности; машиностроения; теплоэнергетической промышленности; сельского хозяйства, с интенсивным использованием удобрений; производства ядерно-топливного цикла.

3. Особенностью вещественного состава нерастворимой фазы твердого осадка снегового покрова в районах расположения предприятий ядерно-топливного цикла (на примере Сибирского химического комбината) является присутствие "горячих" частиц и сложного геохимического спектра редкоземельных и радиоактивных элементов, уровень накопления которых в 10-100 раз превышает фоновые значения. Зоны влияния Сибирского химического комбината выделяются по величине отношений микроэлементов: $Th/U < 2,5$; $La/Yb > 12$; $(La+Ce)/(Yb+Lu) < 26$ и $(La+Ce)/(Yb+Lu) > 34$. Поля концентрации индикаторных компонентов образуют единую структуру, характеризующуюся вытянутостью оси ореолов преимущественно по преобладающей «розе ветров».

Научная новизна работы. Впервые оценен уровень накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в пылеаэрозольных выпадениях на территории Обского бассейна. Выявлена возможность получения приближенной оценки техногенной нагрузки на основе изучения вещественного состава твердого осадка снегового покрова. Предложен метод выделения зон влияния предприятий ядерно-топливного цикла, основанный на использовании величины отношений между изученными элементами и их группами.

Практическая ценность работы. Изучен вещественный состав пылевых атмосферных выпадений в различных районах Обского бассейна. Установлена структура полей распределения притока микроэлементов из атмосферы и их накопления в нерастворимом осадке снегового покрова. Выявлены типоморфные ассоциации химических элементов (в пределах рассмотренного спектра) в зоне влияния выбросов предприятий различных отраслей промышленности. Откартированы ореолы загрязнения снегового покрова на территории ряда городов, пригородных зон и сельских населенных пунктов, а также промышленных предприятий. Даны рекомендации по расширению спектра микроэлементов, предусматриваемых ГОСТом 17.4.1.02-83, при расчете суммарного показателя загрязнения снегового покрова для оценки опасности загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Апробация и публикации. Основные положения и отдельные результаты исследований докладывались и обсуждались на I Международном симпозиуме в рамках Международного научного конгресса студентов, аспирантов и молодых ученых "Молодежь и наука - третье тысячелетие" (ТПУ, г.Томск, 1997 г.), Первом всероссийском научном молодежном симпозиуме "Безопасность биосферы - 97" (УГТУ, г.Екатеринбург, 1997 г.), Международной конференции "Экологическая геофизика и геохимия" (Москва-Дубна, 1998 г.), Международной научной конферен-

ции "Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий" (ТГАСУ, г.Томск, 1999 г.), Межрегиональной научно-практической конференции «Природа и природопользование на рубеже XXI века» (г.Омск, 1999 г.), Международной научно-практической конференции "Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде" (Республика Казахстан, г.Семипалатинск, 2000 г.), Региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-востока России, посвященной 300-летию горно-геологической службе России (г.Томск, 2000), Международной научно-практической конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства» (г.Томск, 2001). Основное содержание работы изложено в четырнадцати публикациях и в материалах пяти научно-производственных отчетов.

Фактическим материалом для написания диссертации послужили результаты исследований, полученные сотрудниками кафедры Полезных ископаемых и геохимии редких элементов Томского политехнического университета при личном участии автора в течение 1989 -1998 годов в 38 населенных пунктах Западно-Сибирского региона и Восточного Казахстана, расположенных в бассейне реки Обь. Работы выполнялись по заданиям Государственных областных и городских комитетов экологии Томской и Кемеровской областей, городов Северска, Междуреченска, Стрежевого, Новокузнецка, а также конкретных предприятий и организаций. Для изучения вещественного и элементного состава пылевых атмосферных выпадений отобрано 538 проб. Из них методом нейтронно-активационного анализа проанализировано 309 образцов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 205 страницах машинописного текста, иллюстрированных 141 рисунком и 31 таблицей. Список литературы содержит 150 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность профессору, д.г.-м.н. Л.П. Рихванову и к.г.-м.н. Е.Г. Языкову за научное руководство данной работой на разных этапах ее подготовки. Искреннюю благодарность автор приносит к.г.-м.н. С.И. Арбузову, к.г.-м.н. А.А. Поцелуеву, к.г.-м.н. И.С. Соболеву, к.г.-м.н. В.В. Ершову, к.ф.-м.н. А.Е. Янковской, Т.А. Чуриловой, В.В. Архангельскому, П.И. Ляпунову, Г.А. Бабченко, Е.А. Муратовой за ценные советы при написании и помощь при оформлении работы, а также сотрудникам ядерно-геохимической лаборатории ТПУ к.т.н. Е.Г. Вертману, А.Ф. Судыко и В.М. Левицкому за проведение большого объема аналитических исследований.

Содержание работы и обоснование защищаемых положений

В первой главе **«Использование снегового покрова в качестве естественного планшета-накопителя пылеаэрозольных выпадений из атмосферы для оценки состояния окружающей среды»** освещены основные научные достижения в области изучения атмосферного аэрозоля, в том числе и атмосферной пыли. Кратко охарактеризованы основные методы исследований, при этом показано, что снеговой покров является естественным планшетом-накопителем «мокрых» и «сухих» атмосферных выпадений, о чем свидетельствуют исследования В.Д. Виленского (1972, 1976 и др.), А.З. Миклишанского (1977, 1980 и др.), В.А. Ветрова (1980 и др.), А.Л. Пословина (1984 и др.), А.Х. Остромогильского (1984 и др.), В.Н. Василенко (1985, 1991 и др.), Н.Ф. Глазовского (1982, 1983 и др.), А.П. Бояркиной (1993 и др.) и других.

В холодный период года в местах сплошного развития снегового покрова, когда исключается перенос частиц почвы на его поверхность, вещественный и химический состав твердого осадка становится функцией атмосферных выпадений (Василенко и др., 1985 и др.).

Возможность использования снегового покрова в качестве косвенного индикатора состояния атмосферы в условиях крупной урбанизированной зоны с множеством источников загрязнения доказана экспериментальными и натурными исследованиями («Методические рекомендации ...», 1982; Василенко и др., 1985; «Атмосферные загрязнения ...», 1992; Бояркина и др., 1993; Летувнинкас и др., 1993, 1999, 2000 и др.).

Начиная с 1980 года, на базе снегомерной съемки Госкомгидромета действует мониторинг загрязнения снегового покрова; получены данные о выпадении пыли и основных загрязняющих веществ на территории бывшего СССР (Василенко и др., 1985, 1991 и др.).

Мониторинговые исследования атмосферы на территории Западной Сибири активно ведут сотрудники Института оптики атмосферы СО РАН (г.Томск), Томского государственного университета, «Геоэкоцентра» ФГУП «Березовгеология» и многих других организаций.

Во второй главе **«Характеристика региона исследований и экологические проблемы»** приведена краткая характеристика региона проведения настоящих исследований и освещены экологические проблемы.

В связи со спецификой работы, основной акцент при обзоре экологических проблем сделан на состояние атмосферного воздуха. Глава написана с использованием материалов ежегодных отчетов Государственных комитетов экологии субъектов Федерации, входящих в Западно-Сибирский регион, и их обобщения, выполненного А.М. Адамом и Р.Г. Маминым (2000).

В третьей главе **«Методика исследований и лабораторные методы изучения проб»** описаны методы отбора и обработки снеговых проб, приведены характеристика применяемого аналитического метода определения химических элементов в твердом осадке снегового покрова и методика математической обработки геохимической информации.

Отбор и подготовка снеговых проб для получения геохимической информации проводились в соответствии с методическими рекомендациями по геохимической оценке загрязнения территории городов («Методические ...», 1982), широко апробированными нами при исследованиях площадей с разной техногенной нагрузкой (Язиков и др., 1996; Шатилов, Язиков, 1998, 2000 и др.).

Вещественный состав твердого осадка снеговых проб изучался при помощи стереоскопического бинокулярного микроскопа (МБС-9). При этом, методом магнитной и электромагнитной сепараций начальная проба разделялась на магнитную, электромагнитную и неэлектромагнитную фракции.

Качественный состав отдельных пылевых частиц изучался при помощи лазерного микроанализатора LMA-10 в лаборатории кафедры Полезных ископаемых и геохимии редких элементов Томского политехнического университета (ПИГР ТПУ).

Микроэлементный состав твердого осадка снегового покрова в целом определялся методом ИНАА, который наиболее часто применяется для изучения химического состава аэрозолей (Ровинский, Петрухин, 1985 и др.). Анализ выполнялся в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры ПИГР ТПУ.

Согласно «Методическим рекомендациям ...» (1982) рассчитывались некоторые количественные характеристики твердого осадка снегового покрова: пылевая нагрузка (P_n); уровень аномальности накопления микроэлементов (K_c); общая нагрузка, создаваемая поступлением химического элемента в окружающую среду ($P_{общ}$); суммарный показатель загрязнения (Z_c) и

нагрузки (Z_p), характеризующие эффект воздействия группы элементов.

В четвертой и пятой главах «**Вещественный состав пылевых атмосферных выпадений**», «**Геохимическая характеристика пылевых атмосферных выпадений по данным изучения загрязнения снегового покрова**» дается развернутое обоснование защищаемых положений.

И защищаемое положение: *Вещественный состав нерастворимой фазы твердого осадка снегового покрова в районах с разной степенью техногенной нагрузки отличается по соотношению частиц природного и техногенного происхождения и зависит от специфики функционирующих промышленных производств.*

Анализ вещественного состава пылеаэрозольных выпадений показал, что они состоят как из частиц естественного (природного), так и антропогенного происхождения.

Критериями для отнесения частиц к природной или техногенной составляющей пылеаэрозольных выпадений послужили их типоморфные признаки: форма, цвет, прозрачность, блеск, твердость, микроэлементный состав. При этом предварительно был изучен вещественный состав отходов основных производств, развитых на исследуемых площадях.

В целом, было выделено 16 типов наиболее характерных частиц, из которых девять представляют природную компоненту атмосферной пыли, а оставшиеся семь - техногенную, хотя не всегда удается достоверно определить генезис некоторых частиц.

Природная компонента атмосферной пыли состоит преимущественно из частиц терригенного (образующихся при эрозии почв и горных пород) и биогенного происхождения.

Присутствие в исследованных пробах частиц природного происхождения подтвердилось рентгенфазовым анализом, выполненным в ГПП «Волковгеология» (г.Алматы) Л.С. Вятчинниковой. Анализу был подвергнут твердый осадок снегового покрова г.Междуреченска. В результате анализа, в пробах на фоне рентгеноаморфного вещества (угольная пыль и сажа) были определены кварц, кальцит, гематит (гетит) и смешенно-слоистые образования (глинистые минералы или слюды). Специальных исследований глинистых составляющих не проводилось.

Антропогенная компонента состоит из частиц пыли, связанной с производственными процессами, автотранспортом, а также образующейся при сжигании бытового мусора.

Соотношение частиц природного и искусственного происхождения в твердом осадке снегового покрова разных территорий различно и зависит от степени антропогенного воздействия на окружающую среду (рис.1).

В фоновом районе (Васюганское болото) природная компонента пылеаэрозольных выпадений, накапливаемых снежным покровом, составляет 70-75%. Из антропогенной составляющей 95% представлено микрочастицами сажи, наиболее вероятным источником которой являются горящие факела нефтяных месторождений Обского бассейна.

Магнитная и электромагнитная сепарация фоновых проб показала, что магнитная фракция состоит из единичных металлических микросферул и частичек гидроокислов железа, и составляет менее одного процента от общего объема пробы; электромагнитная фракция составляет 10-15% от объема пробы и состоит преимущественно из микрочастиц сажи.

В пробах Рубцовского завода запасных тракторных частей, НПО «Сибэлектромотор» (г.Томск) и города Междуреченска, характеризующегося высокой техногенной нагрузкой, природные компоненты составляют в среднем 31%, 38% и 35% соответственно, тогда как в городах Стрежевом и Кедровом, где отсутствует крупное промышленное производство, они состав-

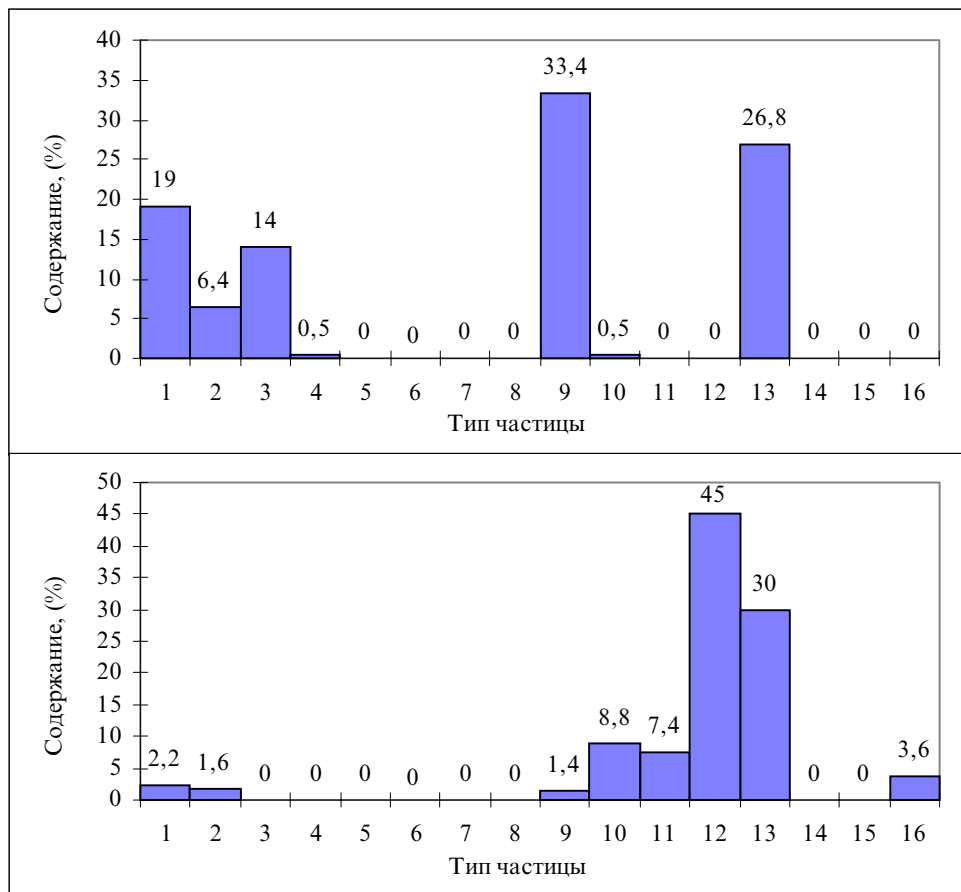


Рис. 1. Сравнительная характеристика вещественного состава твердого осадка снежного покрова фонового (Васюганское болото - сверху) и угледобывающего (г.Междуреченск - внизу) районов Обского бассейна.

Примечание: Природные составляющие (1-9): 1 - прозрачные бесцветные частицы, неокатанные (кварц); 2 - полупрозрачные частицы желтоватого цвета, окатанные (кварц); 3 - бесцветные полупрозрачные частицы, окатанные (кварц); 4 - бурые частицы неправильной формы (гидроокислы железа); 5 - частицы молочно-белого цвета, полуокатанные (кальцит); 6 - чешуйки слюды; 7 - частицы желтого цвета, неокатанные; 8 - частицы красноватого цвета, окатанные (полевые шпаты); 9- микрочастицы древесно-растительного происхождения. Техногенные составляющие (10-16): 10 - металлические сферулы; 11 - силикатные сферулы; 12 - черные скорлуповатые частицы (угольная пыль); 13 - частицы сажи; 14 - черные бесформенные частицы с металлическим блеском (отходы металлообработки); 15 - угловатые частицы красновато-бурого цвета (оренопласт); 16 - округлые частицы серого цвета.

ляют соответственно в среднем 86% и 60%.

Состав пылеаэрозольных выпадений в зоне влияния промышленных предприятий во многом зависит от их специфики. Так, в твердом осадке снеговых проб Рубцовского завода тракторных запасных частей преобладают микрочастицы металлургического шлака и продуктов металлообработки. Эти частицы входят в состав магнитной и электромагнитной фракций, составляющих в среднем 30% и 25% от объема пробы соответственно. В целом, твердый осадок снежного покрова территории Рубцовского завода ЗТЧ состоит из микрочастиц шлака металлургического производства.

В твердом осадке снеговых проб НПО «Сибэлектромотор» (г.Томск) преобладают частицы металлургического шлака, отходов металлообработки и производства пластмассы (оренопласт). Магнитная фракция составляет в среднем 10-15% от общего объема пробы, электромагнитная - 7-10%.

В пробах города Междуреченска преобладают частицы угольной пыли, что связано с деятельностью угледобывающей и углеперерабатывающей промышленности. Магнитная и электромагнитная фракции составляют в среднем по 15% от общего объема пробы.

Основу пылеаэрозольных выпадений на территории города Стрежевого составляют

микрочастицы терригенного происхождения. Источником частиц антропогенного происхождения (сажа, металлические и неметаллические сферулы) являются строительные организации (сварочный аэрозоль), частный сектор, ремонтные базы, автотранспорт, а также многочисленные горящие факела нефтяных месторождений. Магнитная фракция составляет в среднем 2-3% от общего объема пробы, электромагнитная - 5-7%.

Проведенный микроспектральный анализ частиц техногенного происхождения выявил присутствие в их составе широкого спектра химических элементов (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав частиц техногенного происхождения в составе твердого осадка снеговых пробы (по данным лазерного микроспектрального анализа)

№ п/п	Описание частиц	Преобладающий спектр элементов
1	Металлические сферулы	Fe, Mg, Ti, Mn, Zn, Ni, Ca, Cd, La
2	Неметаллические сферулы	Si, Fe, Mg, Mn, Ca, Ti, Al, Cd
3	Желто-бурые частицы (гидроокислы Fe)	Fe, Ca, Ni
4	Частицы сажи	C, Fe, Ca
5	Угольная пыль	C, Fe, Ca
6	Черные частицы неправильной формы с металлическим блеском (продукты металлообработки)	Fe, Mn, Mg, Al, Ti, Cu, Ca, Cd
7	Полуугловатые серые частицы	Si, Fe, Mn, Mg, Al, Ca, Cd

Примечание: анализ выполнен Т.А. Чуриловой на установке LMA-10 в лаборатории кафедры ПИГР ТПУ.

Сравнительный анализ химического состава фракций твердого осадка снегового покрова, выделенных по магнитным свойствам частиц (Язиков, Шатилов, 1998), показал, что для магнитной фракции характерен более высокий уровень концентрации Fe и Co, для электромагнитной - La, Ce, Tb, Yb и Th, для немагнитной - Ba и U. Повышенные концентрации Cr, Sr, Sc и Rb определены в магнитной и электромагнитной фракциях, а для остальных элементов четкой приуроченности к какой-либо фракции не обнаружено.

Таким образом, вещественный состав пылевых атмосферных выпадений отражает степень техногенной нагрузки и позволяет определить источник загрязнения. При этом, величину антропогенного воздействия наиболее объективно отражает содержание магнитной фракции в твердом осадке снегового покрова.

II защищаемое положение: *Степень техногенной нагрузки определяется уровнем запыленности, притока микроэлементов с атмосферной пылью и их концентрации в фиксируемых снеговым покровом выпадениях. Качественный состав нерастворимой фазы твердого осадка снегового покрова отражает специфику функционирующих комплексов: угледобывающих и углеперерабатывающих; горнодобывающих и перерабатывающих; нефтехимической промышленности; машиностроения; теплоэнергетической промышленности; сельского хозяйства, с интенсивным использованием удобрений; производства ядерно-топливного цикла.*

При исследовании загрязнения окружающей среды вопрос о фоне имеет первостепенное значение. Для этих целей в центральной части Томской области на удалении 20-30 километров от п. Мыльджино и п. Среднего Васюгана были отобраны пробы, место отбора которых удовлетворяет условию минимальной урбанизации прилегающей территории, что позволило автору принять уровень накопления микроэлементов в этих пробах за региональный фон.

Анализ полученных материалов показал, что для фоновых районов Западно-Сибирско-

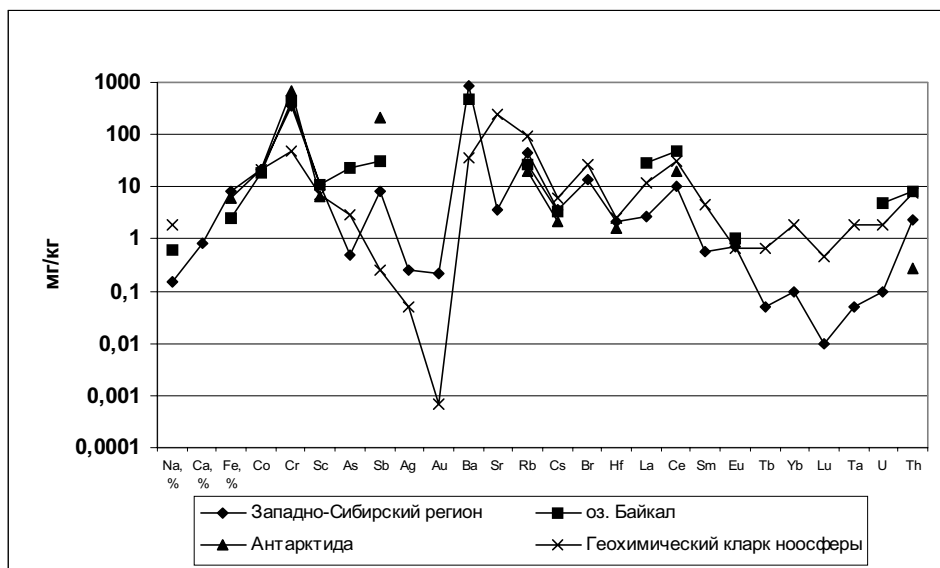


Рис. 2. Уровень накопления микроэлементов в снеговом покрове фоновых районов, мг/кг (Na, Ca, Fe в %).
Примечание: по оз.Байкал использованы данные Ветрова и Кузнецова, 1997; по Антарктиде - данные Миклишанского и др., 1980; геохимический кларк ноосферы - по Глазовскому, 1982.

го региона наблюдается превышение содержания Cr, Sc, Sb, Au, Ag, Ba и Eu в пылеаэрозольных выпадениях над их ноосферными кларками, а по сравнению с фоновыми районами других регионов - Fe, Ba и Rb (рис. 2).

Расчет величины потока химических элементов из атмосферы на подстилающую поверхность проводился исходя из среднесуточной пылевой нагрузки, наблюдаемой в районе расположения фоновой площадки и составляющей 6 кг/(км² × сут).

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что для фоновых районов Западно-Сибирского региона характерно превышение уровня поступления из атмосферы Fe и Sb по отношению к Байкальскому фоновому региону, охарактеризованному с использованием аналогичных методов анализа (Ветров, Кузнецов, 1997).

Анализ полученной информации по пылеаэрозольным выпадениям территорий с разной техногенной нагрузкой показал, что уровень запыленности атмосферы, по данным изучения загрязнения снегового покрова, увеличивается по экспоненциальному закону от фоновых районов к промышленным площадкам (рис. 3), тем самым подтверждая предположение о том,

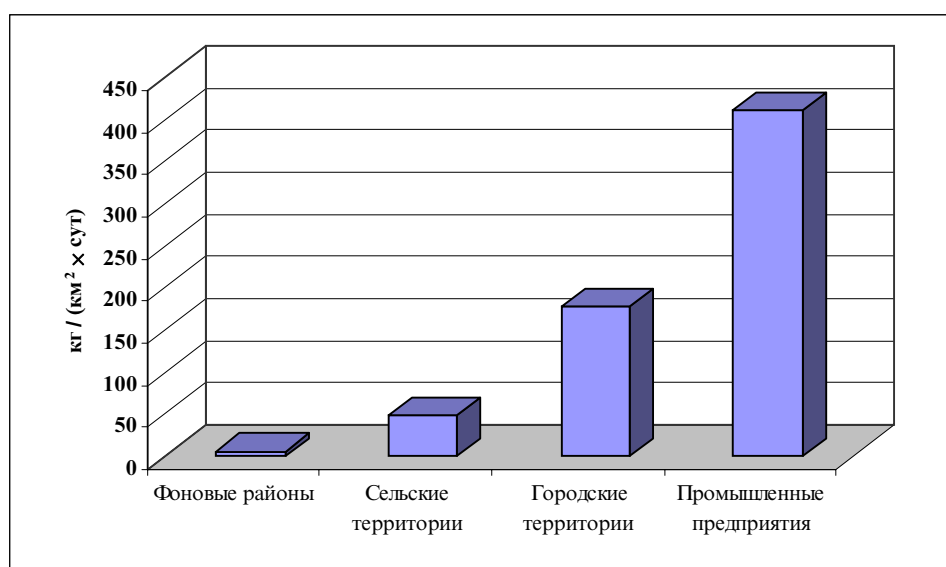


Рис. 3. Уровень запыленности территорий с различной техногенной нагрузкой по данным изучения загрязнения снегового покрова.

что в условиях развития сплошного снегового покрова, основным поставщиком пыли в атмосферу являются промышленные предприятия (Василенко и др., 1985 и др.).

Анализ имеющейся геохимической информации выявил многократное (в 10-100 раз) превышение уровня накопления микроэлементов в пылеаэрозольных выпадениях на изученных участках территории Обского бассейна с различным уровнем техногенной нагрузки по сравнению с фоновым районом. Так, например, в 50-100 и более раз фиксируется превышение по Sr, Ag, As; в 10-50 раз - по U, Ta, Lu, Sm, La, Ce и Yb.

Более объективную оценку степени техногенной нагрузки по сравнению с уровнем концентрации микроэлементов в твердом осадке снегового покрова, на наш взгляд, дает уровень притока микроэлементов из атмосферы ($P_{\text{общ}}$) и рассчитываемый на его основании суммарный показатель нагрузки (Z_p). Как показал анализ полученной информации, по этим показателям максимальная нагрузка устанавливается для территорий городов и промышленных предприятий, а минимальная - для фоновых районов (рис. 4, 5).

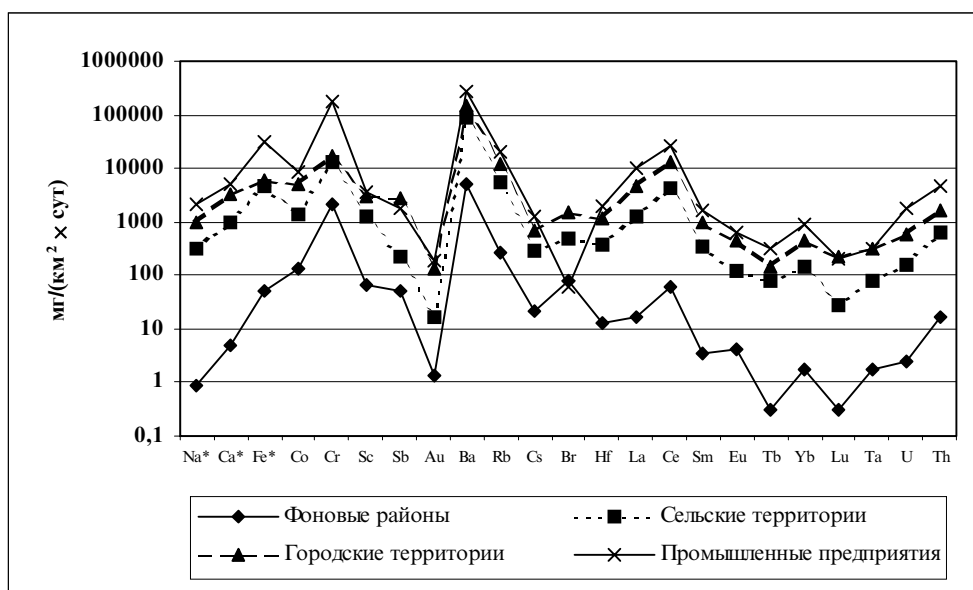


Рис. 4. Уровень притока микроэлементов из атмосферы на территории с различной техногенной нагрузкой по данным изучения загрязнения снегового покрова, мг/(км² × сут).

Примечание: * - в г/(км² × сут).

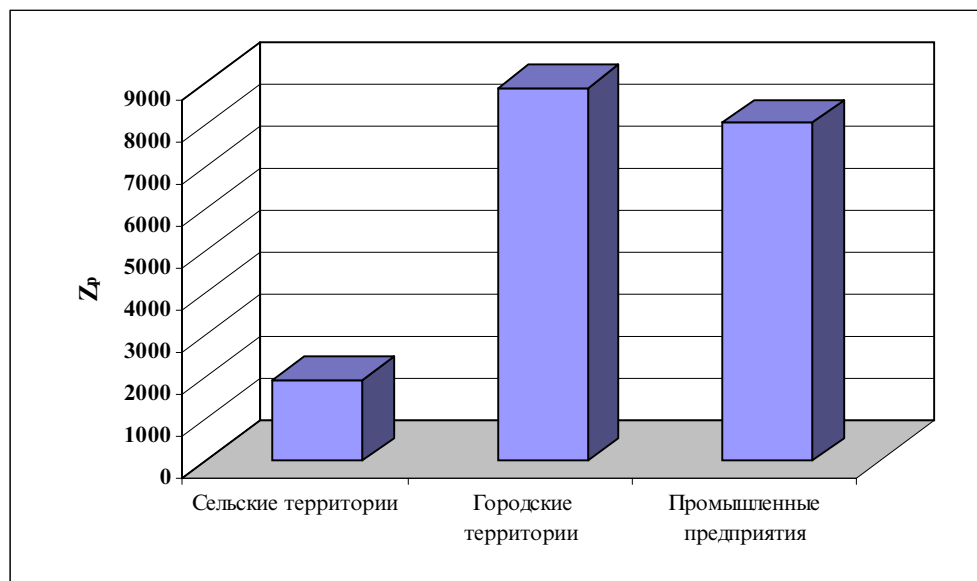


Рис. 5. Уровень нагрузки на территории с различной степенью техногенного воздействия по данным изучения загрязнения снегового покрова.

При этом, более высокие значения суммарного показателя нагрузки (Z_p) для городских территорий по сравнению с промышленными площадками обусловлены выпадением пылеаэрозольных выбросов предприятий не в пределах их санитарно-защитных зон, а на прилегающие территории вследствие большой высоты труб.

Анализ полученной информации показал, что пылеаэрозольные выпадения различных территорий отличаются по спектру накапливающихся в них микроэлементов, в чем проявляется влияние промышленных производств, развитых в этих районах. Так, для г.Северска наблюдаются максимальные уровни концентрации Rb, Cs, Br, Lu и Th; для г.Междуреченска - As, Au, Sr, La, Sm, Yb и Th; для г.Усть-Каменогорска - Fe, Co, Sc, Sb, Ag, Ce, Eu, Ta и U.

Пылеаэрозольные выпадения, фиксируемые снежным покровом на территории Рубцовского завода запасных тракторных частей, характеризуются высокими содержаниями Fe, Cr и Th.

Определение источников поступления химических элементов в окружающую среду следует проводить, вероятно, одновременно по схемам распределения уровня накопления микроэлементов в твердом осадке снежного покрова и их притока из атмосферы. При этом, в случае совпадения ореолов максимальных значений этих показателей, вопрос об источнике поступления микроэлементов решается однозначно, как, например, для Lu (рис. 6), а при несовпадении - определение источника выбросов требует привлечения дополнительной информации о характере развитой на данной территории промышленности и более сложных методов анализа и интерпретации имеющейся информации: например, методов логико-комбинаторного и других анализов («Экология Северного ...», 1994 и др.).

Об этом может свидетельствовать пример использования кластерного анализа для обработки геохимических данных по пылеаэрозольным выпадениям Северного промышленного узла г.Томска, благодаря которому было выделено три ассоциации микроэлементов (рис. 7), характеризующих основные производства, развитые на прилегающей территории.

Имеющиеся материалы позволили отнести поступление в природную среду Br и Sb на счет производственной деятельности Томского нефтехимического комбината (ТНХК); в качестве источника поступления Fe, Sc, Hf, Ba, Th, Co, Cr, Sm, Ce, Rb, Ta и Cs принять выбросы промышленных предприятий г.Томска, преимущественно ТЭЦ и ГРЭС; U, Lu, Yb и La - промышленные выбросы г.Северска и Сибирского химического комбината (СХК).

Тесная корреляционная связь Ca с третьей ассоциацией элементов, вероятно, не случайна, т.к. в качестве сырья для получения фтора, используемого в процессе разделения изотопов U, на СХК применяется флюорит (CaF_2). Природа Na в данной ассоциации нам не ясна и требует проведения специальных исследований.

Таким образом, пылеаэрозольные выбросы различных видов промышленных производств отличаются по спектру накапливающихся в них микроэлементов. Сравнительный анализ геохимической информации по рассмотренным территориям позволил выделить следующие особенности микроэлементного состава твердого осадка снежного покрова (в рамках изученного спектра) в зависимости от типа функционирующих производств:

- угледобывающая и углеперерабатывающая промышленность (г.Междуреченск): As, Sr, Au, La, Sm, Yb;

- горнодобывающая и перерабатывающая промышленность (г.Усть-Каменогорск): Fe, Co, Sc, Sb, Ag, Ce, Eu, Ta, U;

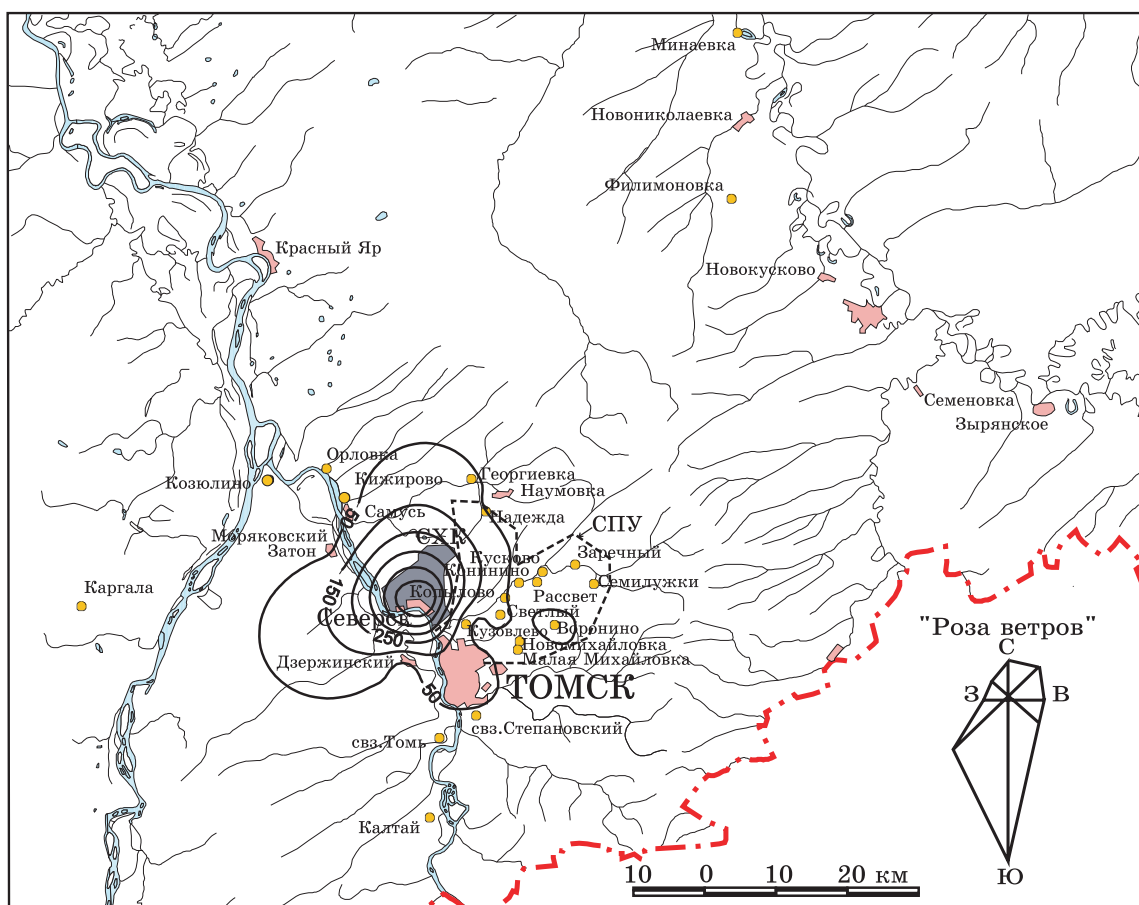
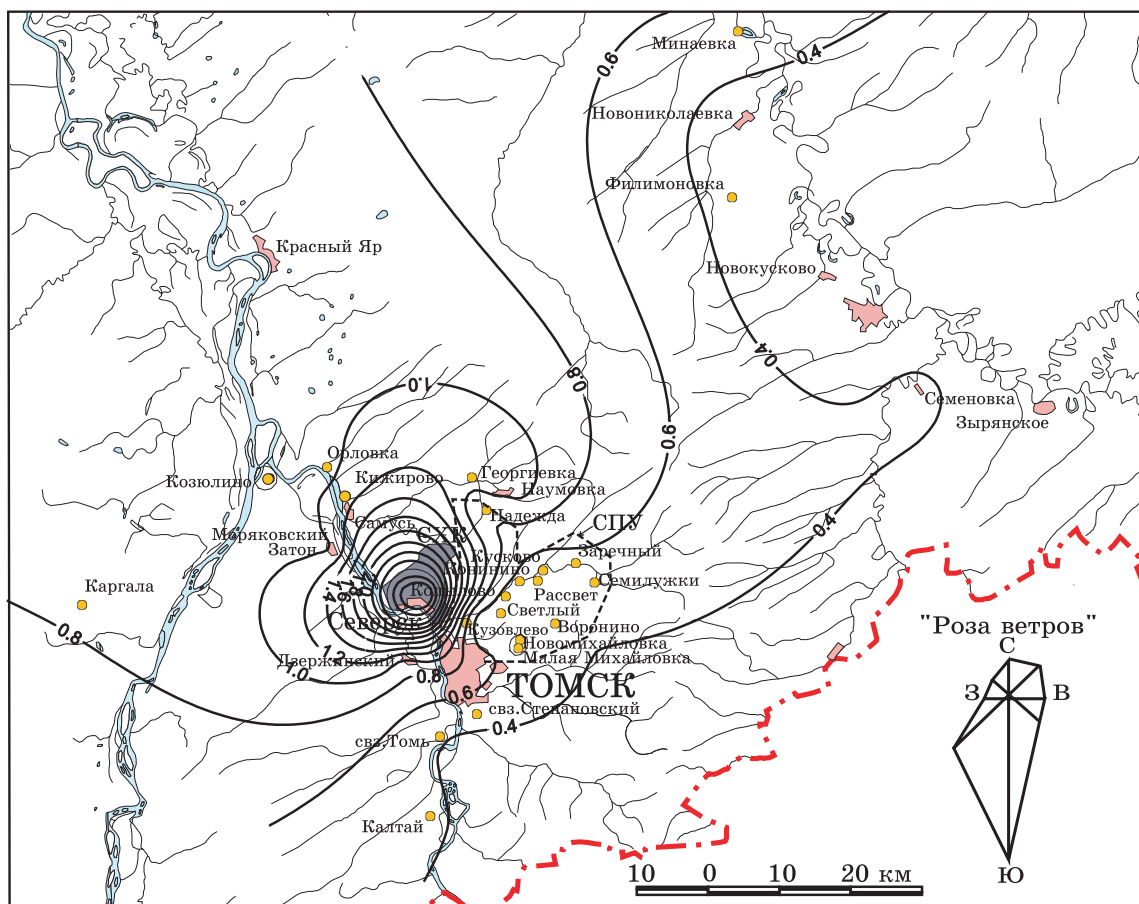


Рис. 6. Схема распределения уровня накопления лутетция в снеговом покрове (мг/кг) (вверху) и уровня его притока с атмосферной пылью (мг/(км² × сут)) (внизу) по данным снегового геохимического опробования.

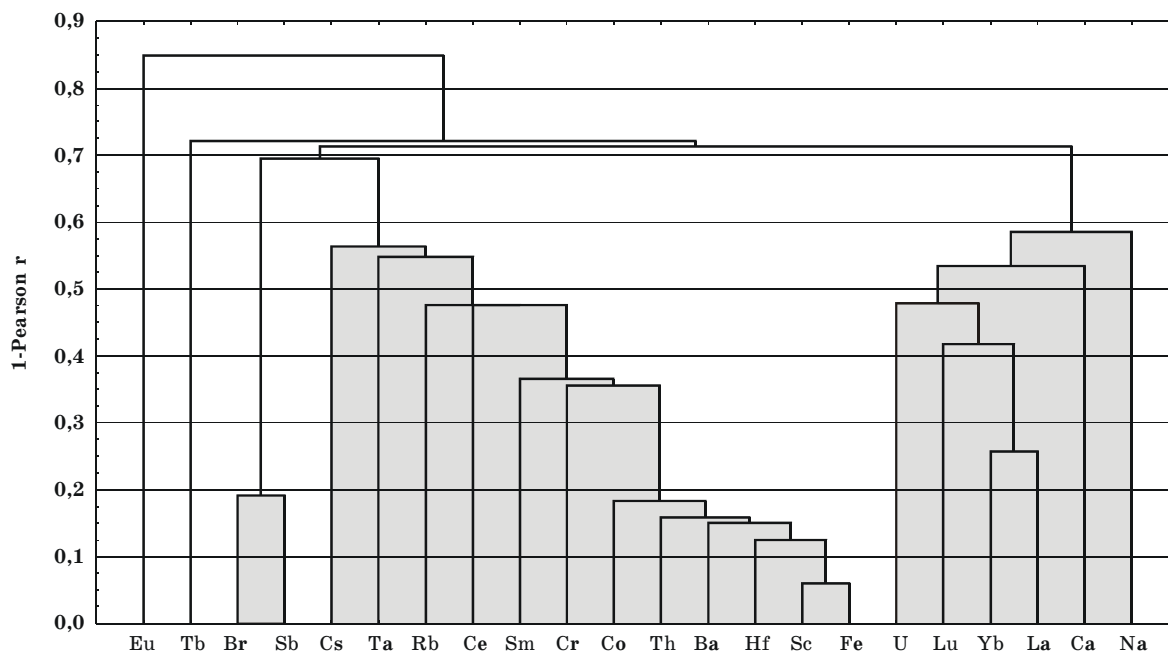


Рис. 7. Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра твердого осадка снегового покрова Северного промышленного узла г.Томска ($1-\text{Pearson } r_{0,05} = 0,65$).

- нефтехимическая промышленность: Sb, Br;
- машиностроение: Fe, Co, Cr;
- теплоэнергетическая: Ba, Sr, La, Ce, Sm, Yb, Th, U;
- производства ядерно-топливного цикла (г.Северск): U, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Br;
- сельскохозяйственные районы с интенсивным использованием удобрений: As, Sr.

Влияние промышленности городов и отдельных предприятий распространяется далеко за пределы установленных санитарно-защитных зон и прослеживается на многие километры.

III защищаемое положение: Особенностью вещественного состава нерастворимой фазы твердого осадка снегового покрова в районах расположения предприятий ядерно-топливного цикла (на примере Сибирского химического комбината) является присутствие "горячих" частиц и сложного геохимического спектра редкоземельных и радиоактивных элементов, уровень накопления которых в 10-100 раз превышает фоновые значения. Зоны влияния Сибирского химического комбината выделяются по величине отношений микроэлементов: $\text{Th}/\text{U} < 2,5$; $\text{La}/\text{Yb} > 12$; $(\text{La}+\text{Ce})/(\text{Yb}+\text{Lu}) < 26$ и $(\text{La}+\text{Ce})/(\text{Yb}+\text{Lu}) > 34$. Поля концентрации индикаторных компонентов образуют единую структуру, характеризующуюся вытянутостью оси орелов преимущественно по преобладающей «розе ветров».

Инцидент, произошедший в апреле 1993 года на Сибирском химическом комбинате (СХК), дал толчок к проведению многочисленных исследований воздействия этого объекта на различные природные среды, в том числе и на состав пылеаэрозольных выпадений.

Оценивая особенности геохимического состава пылеаэрозольных выпадений (в рамках изученного автором спектра элементов) по данным изучения загрязнения снегового покрова в зоне влияния СХК, вся территория проведения настоящих исследований была районирована по фактору расположения относительно предполагаемого источника загрязнения (рис. 8).

Сравнительный анализ уровней накопления микроэлементов в пределах санитарно-защитной зоны СХК ($R = 30$ км) подтвердил ранее сделанные выводы (Рихванов, 1994 и др.; Меркулов, 1994 и др.) о распространении максимального влияния комбината на окружающую

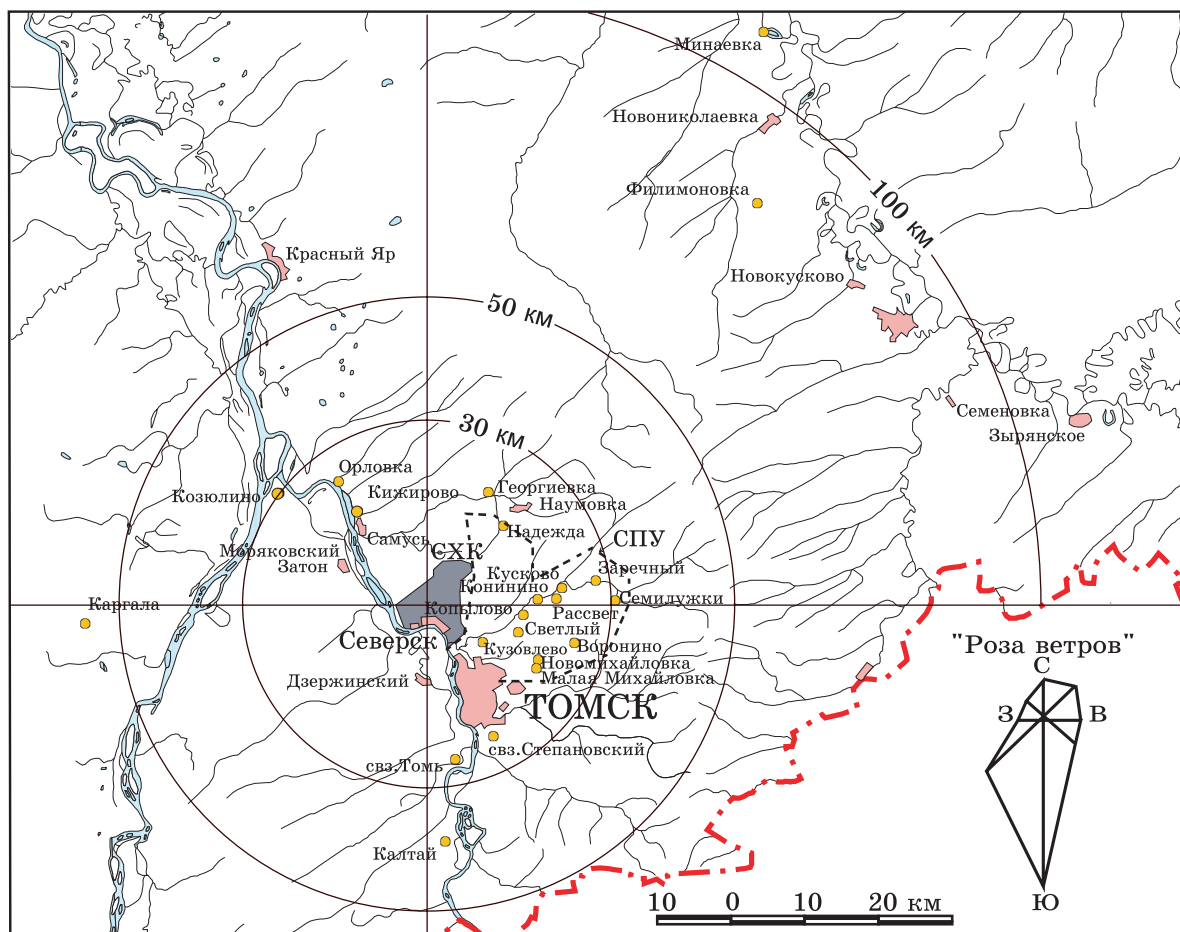


Рис. 8. Схема расположения объектов исследования и районирования территории южной части Томской области относительно Сибирского химического комбината.

природную среду в направлении главенствующей «розы ветров». При этом, северо-восточный сектор характеризуется повышенными значениями уровня накопления в твердом осадке снежного покрова Co, Sc, Br, Hf, Ta, TR и радиоактивных элементов.

Влияние СХК наблюдается и в юго-западном направлении, на что указывают близкие, по отношению к северо-восточному сектору, геохимические показатели твердого осадка снежного покрова юго-западного сектора.

Уровень накопления абсолютного большинства микроэлементов изученного спектра в пылеаэрозольных выпадениях снижается по мере удаления от промышленной площадки СХК (рис. 9). При этом, дискретный характер распределения содержания микроэлементов в твердом осадке снежного покрова удаленных территорий (в данном случае $R > 50$ км) указывает на то, что влияние СХК распространяется далеко за пределы установленной санитарно-защитной зоны.

Обращает на себя внимание характер распределения урана и тория. В отличие от других элементов четко прослеживается тенденция к накоплению урана по мере удаления от СХК в северо-восточном направлении, по крайней мере, на расстояние 100-120 километров, а ось основного загрязнения проходит через д. Филимоновку. Такой характер распределения урана может быть обусловлен высокой летучестью и, в связи с этим, выпадением на отдаленных территориях его фтористых соединений, используемых при газодиффузионном разделении изотопов этого элемента («Экологические проблемы ...», 1997). При этом, распространение загрязнения природных вод ионом фтора установлено в северо-восточном направлении от СХК на расстояние 50 и более километров (Рихванов и др., 1994; Зув и др., 1994).

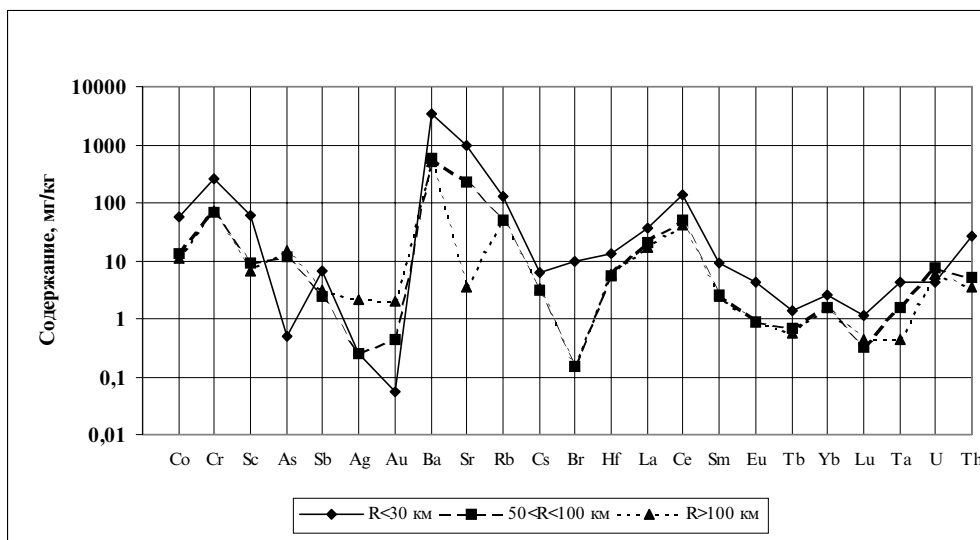


Рис. 9. Содержание микроэлементов в пылеаэрозольных выпадениях северо-восточного сектора относительно СХК.

Установленное увеличение уровня концентрации тория в твердом осадке снегового покрова в северо-западном направлении, на наш взгляд, может быть обусловлено несколькими причинами: во-первых, переносом пылеаэрозольных выбросов промышленных предприятий г.г. Томска и Северска в силу аэродинамических закономерностей распределения потоков воздуха по долинам рек Томь и Обь; во-вторых, твердый осадок снегового покрова этого сектора может наследовать геохимические особенности подстилающего почвенного покрова. Ранее установлено, что для почв левобережья р.Оби характерны более высокие концентрации тория, чем для почв правобережья (Рихванов, 1997).

По материалам детальных работ, проведенных на территориях г.Северска и Северного промышленного узла г.Томска (СПУ), влияние СХК устанавливается по ореолам накопления Be, Zr, Cd, Sr, Ba, Sm, Ta, U, Th, Hf, Cs и других редких, редкоземельных и радиоактивных элементов («Экология Северного ...», 1994; Сарнаев и др., 1995).

В пределах г.Северска отмечается поступление в окружающую среду редких, редкоземельных и радиоактивных элементов не только с промышленными выбросами СХК, но и с пылеаэрозольными выбросами других предприятий: научно-исследовательских лабораторий технологического и других институтов г.Северска, ГРЭС г.Северска, а также промышленных предприятий г.Томска (Сарнаев и др., 1995).

Проведенный кластерный анализ геохимической информации по твердому осадку снегового покрова г.Северска и Северного промышленного узла г.Томска выделил ассоциацию элементов, поступление которых может быть обусловлено преимущественно пылеаэрозольными выбросами СХК, или роль последних является доминирующей, что подтверждается и результатами детального картирования загрязнения снегового покрова данных территорий. В эту ассоциацию входят U, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Cs, а также Br, Hf и Sb. Присутствие других микроэлементов в зоне влияния Сибирского химического комбината обусловлено их поступлением с пылеаэрозольными выбросами от других источников.

Радиоизотопный анализ твердого осадка снегового покрова выявил более высокий уровень концентрации в снеговых пробах г.Северска ^{239}Pu , ^{238}U , ^{234}U и ^{235}U по сравнению с г.Томском (Сарнаев и др., 1995). При этом, все повышенные концентрации изотопов урана наблюдаются вблизи объекта, а отношение ^{235}U к ^{238}U равное 0,635 указывает на их явное техногенное происхождение.

Нами установлено, что весьма хорошими индикаторами выделения зон воздействия Сибирского химического комбината по результатам изучения загрязнения снегового покрова являются величины отношения между отдельными элементами и их группами. Анализ получаемой информации следует проводить с учетом многофакторности поступления микроэлементов в окружающую среду и разной способности к их миграции. Наиболее информативными признаками при выделении зон воздействия СХК оказались отношения Th/U , La/Yb и $(\text{La}+\text{Ce})/(\text{Yb}+\text{Lu})$ (Шатилов, Язиков, 2000).

По величине торий-уранового отношения (рис. 10) все детально изученные площади могут быть разделены на четыре группы:

I. Th/U близкое к 1 и ниже;

В эту группу входят населенные пункты, относящиеся к дальней зоне воздействия СХК. Высокие содержания урана в пылеаэрозольных выпадениях этих населенных пунктов обусловлены их расположением по основной «розе ветров» относительно СХК и высокой летучестью фторидов урана, вырабатываемых в процессе разделения изотопов этого элемента. Ограниченность фактического материала не позволила замкнуть ореол северо-восточного простираения с $\text{Th}/\text{U}1$, прослеживаемый на 100 и более километров.

II. Th/U от 2,5 до 5;

К этой группе относятся населенные пункты, подверженные воздействию как со стороны г.Томска, так и со стороны г.Северска и СХК.

III. Th/U от 5 до 10. В этой группе выделяется две подгруппы:

III.a. Населенные пункты, расположенные в междуречье рек Обь и Томь, которые нахо-

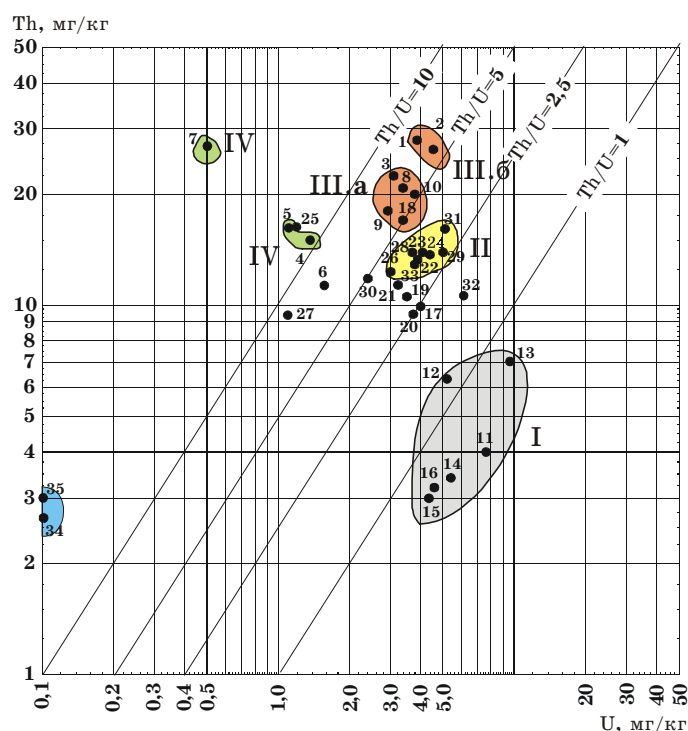


Рис.10. Поля реализации содержания тория и урана в пылеаэрозольных выпадениях юга Тоской области (по данным снеговой геохимической съемки).

1-36 – населенные пункты: 1 – Георгиевка; 2 – Наумовка; 3 – Самусь; 4 – Орловка; 5 – Кижирово; 6 – Каргала; 7 – Красный Яр; 8 – Моряковский Затон; 9 – Козюлино; 10 – Дзержинский; 11 – Минаевка; 12 – Новониколаевка; 13 – Филимоновка; 14 – Новокусово; 15 – Зырянское; 16 – Семеновка; 17 – Калтай; 18 – свз.Степановский; 19 – свз.Томь; 20 – Томск; 21 – Северск; 22 – Кузовлево; 23 – Малая Михайловка; 24 – Новомихайловка; 25 – Светлый; 26 – Копылово; 27 – Воронино; 28 – Конинино; 29 – Рассвет; 30 – Кусково; 31 – Надежда; 32 – Семилужки; 33 – Заречный; 34 – Мыльджино; 35 – Средний Васюган.

дятся под воздействием СХК и г.г. Томска, Северска;

III.б. Населенные пункты, наиболее близко расположенные к СХК и подверженные его воздействию, в том числе в результате инцидента 1993 года.

IV. Th/U более 10.

В эту группу входят населенные пункты, для которых характерны низкие содержания урана и высокие содержания тория. Как правило, такие значения торий-уранового отношения характерны для фоновых районов Томской области.

По величине лантан-иттербиевого отношения отчетливо прослеживается зона с максимальными значениями в северо-восточном направлении (рис. 11). При этом, ограниченность фактического материала не позволяет пока достоверно определить причины формирования ореола с центром в районе д.Семеновки. Возможно, это обусловлено как выпадением атмосферной пыли, так и влиянием природных источников загрязнения - Яйское бурогольное месторождение, угли которого обогащены ураном и редкоземельными элементами (Пономаренко, 1961; Горюхин, 1962). Ореолы повышенных значений La/Yb фиксируются также в юго-западном и юго-восточном направлениях относительно СХК.

По величине $(\text{La}+\text{Ce})/(\text{Yb}+\text{Lu})$ следует различать ближнюю и дальнюю зоны воздействия СХК (рис. 12). При этом, территория, непосредственно прилегающая к промышленной площадке СХК ($R < 10$ км), характеризуется наиболее низкими значениями $(\text{La}+\text{Ce})/(\text{Yb}+\text{Lu})$. Ореол имеет слегка вытянутую форму в направлении основной «розы ветров», а его центр находится на территории СХК.

Местоположение ореолов повышенных значений $(\text{La}+\text{Ce})/(\text{Yb}+\text{Lu})$ в целом совпадают с ореолами распространения повышенных значений лантан-иттербиевого отношения.

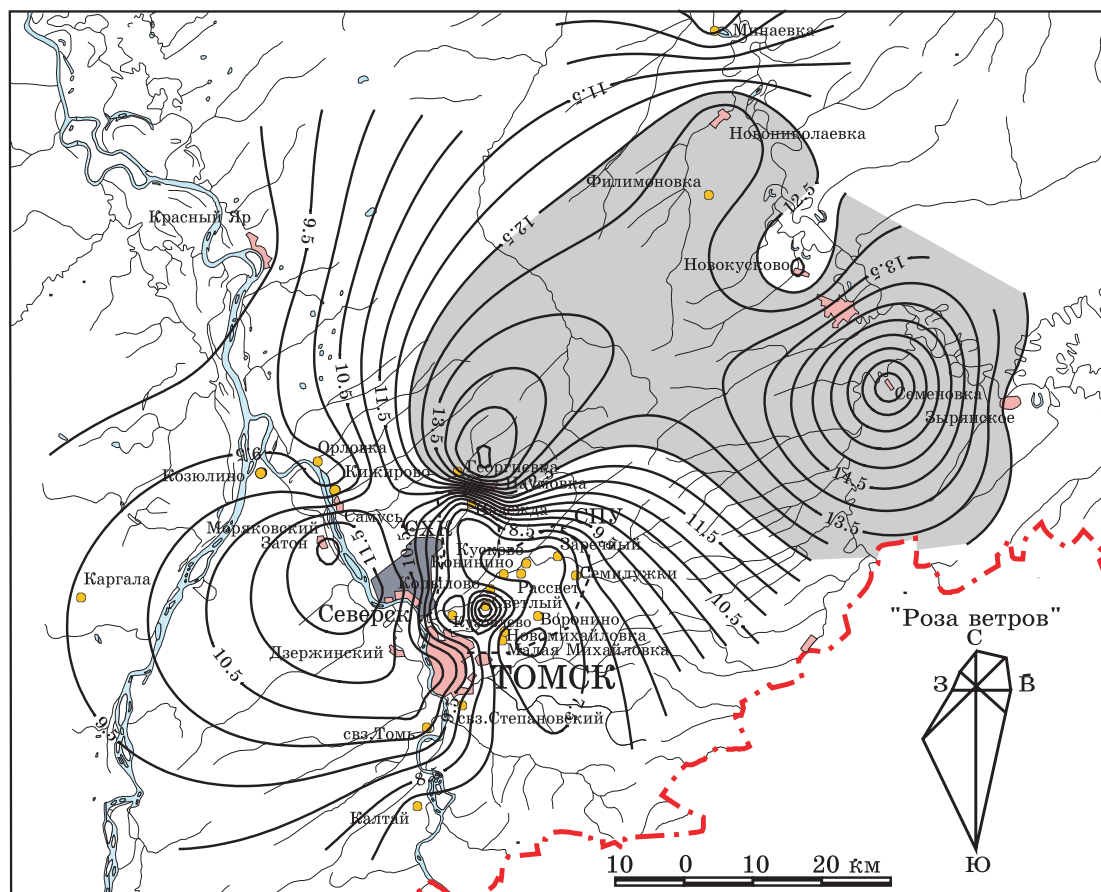


Рис. 11. Характер распределения La/Yb в твердом осадке снегового покрова на территории юга Томской области.

СХК в районе следа в снеговом покрове было установлено присутствие большого количества частиц микронного размера (10 мкм) с мощностью гамма-излучения от них более 24 мР/час. В гамма-спектре этих частиц присутствовали изотопы ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{106}Rh и другие (Рихванов, 1996).

Есть все основания предполагать, что "горячие частицы" с производств СХК выбрасывались в окружающую среду и в другие периоды. Их присутствие установлено в различных биологических объектах (Берзина и др., 1992; Ильинских и др., 1995, 1996 и др.) и почвах, в том числе на глубинах 5-10 см (Рихванов и др., 2000).

Выпадение пылеаэрозольных выбросов СХК приводит к загрязнению почвенного покрова и природных вод, обуславливая формирование специфических техногенных биогеохимических аномалий (Рихванов, 2000 и др.).

Заключение

Снеговой покров, являясь естественным планшетом-накопителем, отражает загрязнение окружающей среды, обусловленное поступлением химических элементов от различных источников. При этом, в условиях развития сплошного снегового покрова, загрязнение, фиксируемое в нем, является функцией выпадения микроэлементов из атмосферы, в том числе в составе твердых частиц.

Величина общей запыленности изученных территорий в зимнее время изменяется от 2 до 1594 мг/м² в сутки, уменьшаясь в целом по мере удаления от городов и промышленных площадок. Последнее обусловлено, главным образом, не рассеиванием городских выбросов, а уменьшением масштабов производственно-хозяйственной деятельности. В контрастных аномалиях пыль имеет преимущественно местное происхождение.

При отсутствии мощного локального источника загрязнения состав пылеаэрозольных выпадений обусловлен глобальными и региональными факторами. Так, по составу пылеаэрозольных выпадений фоновых районов Западно-Сибирского региона четко прослеживается влияние многочисленных действующих факелов нефтяных месторождений Обского бассейна.

Вещественный состав твердого осадка снегового покрова территорий с разной техногенной нагрузкой отражает специфику и степень воздействия производств, развитых на этих территориях, что проявляется в различном соотношении частиц природного и антропогенного происхождения. При этом, величину антропогенного воздействия наиболее объективно отражает содержание магнитной фракции в твердом осадке снегового покрова.

Сравнительный анализ химического состава фракций твердого осадка снегового покрова, выделенных по магнитным свойствам частиц, показал, что для магнитной фракции характерен более высокий уровень концентрации Fe и Co, для электромагнитной - La, Ce, Tb, Yb и Th, для немагнитной - Ba и U. Повышенные концентрации Cr, Sr, Sc и Rb определены в магнитной и электромагнитной фракциях.

Уровень концентрации микроэлементов в пылевых атмосферных выпадениях территорий с высокой техногенной нагрузкой многократно (иногда в сотни раз) превышает фоновые значения, а преобладающий спектр накапливающихся элементов отражает специфику разнотипных производств: угледобывающая и углеперерабатывающая промышленность - As, Sr, Au, La, Sm, Yb; горнодобывающая и перерабатывающая промышленность - Fe, Co, Sc, Sb, Ag, Ce, Eu, Ta, U; нефтехимическая промышленность - Sb, Br; машиностроение - Fe, Co, Cr; теплоэнергетическая - Ba, Sr, La, Ce, Sm, Yb, Th, U; производства ядерно-топливного цикла - U, La,

Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Bg; сельскохозяйственные районы с интенсивным использованием удобрений - As, Sr.

Это позволяет идентифицировать источник загрязнения по устойчивым во времени количественным связям между уровнями содержания отдельных элементов и их групп. Так, например, зоны влияния Сибирского химического комбината отчетливо проявляются по Th/U , La/Yb и $(\text{La}+\text{Ce})/(\text{Yb}+\text{Lu})$.

Определяющим фактором границ зоны загрязнения от промышленных предприятий является преобладающее направление воздушных потоков. При этом максимальную нагрузку испытывают не сами объекты-загрязнители, а сопредельные (подветренные) территории. Это обусловлено прямолинейной зависимостью интенсивных пылеаэрозольных загрязнений от объемов выбросов и высот расположения источников выбросов. Площади зон загрязнения, в пределах которых фиксируется воздействие предприятий на окружающую среду, варьирует в зависимости от производственных характеристик объекта и используемых ингредиентов.

Для оценки опасности загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами, группой исследователей под руководством Ю.Е. Саета («Геохимия ...», 1992) на основании экспериментальных данных была разработана классификация геохимических обстановок по уровню суммарного показателя загрязнения (СПЗ) почв и снега, общей запыленности. Однако, СПЗ, рассчитываемый только для элементов I, II и III классов опасности (по ГОСТу 17.4.1.02-83), на наш взгляд, не позволяет реально оценить опасность загрязнения окружающей среды всем комплексом тяжелых металлов, в том числе редкими, редкоземельными и радиоактивными, т.к. помимо прямого токсичного воздействия для многих элементов характерны отдаленные эффекты, которые затрагивают основополагающие функции живых организмов. По этой причине расчет СПЗ нами проводился с учетом всего спектра изученных химических элементов.

Полученные данные показали, что большинство исследованных территорий характеризуются высоким и чрезвычайно высоким уровнем загрязнения снегового покрова относительно фонового участка, что позволило, в свою очередь, спрогнозировать увеличение частоты хронических заболеваний, функциональных отклонений и т.д. Полученные прогнозные показатели удовлетворительно коррелируют с результатами изучения здоровья населения («Экология Северного ...», 1994).

Таким образом, принимая во внимание тот факт, что на живой организм воздействует вся совокупность имеющихся тяжелых металлов, тем более, что санитарно-гигиеническая роль отдельных из них уже достаточно хорошо изучена (Андреева и др., 1990 и др.), расчет СПЗ для оценки опасности загрязнения окружающей среды следует проводить по максимально возможному количеству химических компонентов.

Первоочередными задачами по дальнейшему изучению пылеаэрозольных выпадений в Обском бассейне следует считать:

1. Изучение геохимического состава фракций аэрозолей различных производств;
2. Исследование аэрозолей на содержание альфа-излучающих элементов (^{235}U , ^{239}Pu и др.) и легколетучих фторидных соединений урана, в том числе в режиме многократных прямых наблюдений в районах действия предприятий ядерно-топливного цикла;
3. Создание и адаптация математических моделей распространения редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в пылеаэрозолях в зонах со сложной техногенной нагрузкой;
4. Создание мониторинговой сети наблюдения за природными средами, в том числе и за составом пылеаэрозольных выпадений.

5. Изучение влияния редких, редкоземельных и радиоактивных элементов на развитие биологических объектов, в том числе и на здоровье человека.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Язиков Е.Г., **Шатилов А.Ю.**, Ляпунов П.И. Состояние окружающей среды в районе территории экспериментального хозяйства Сибирского ботанического сада // Проблемы геологии Сибири: Тезисы докл. науч. конф. - Томск: ТГУ, 1996. - Т. 2. - С. 277-278.

2. **Шатилов А.Ю.**, Ляпунов П.И. Оценка эколого-геохимического состояния территории Куйбышевского района г.Новокузнецка // Молодежь и проблемы геологии: Тезисы докл. I межд. науч. симп. - Томск: ТПУ, 1997. - С. 215-216.

3. **Шатилов А.Ю.** Вещественный состав и геохимическая характеристика аэрозольных выпадений городов Томска и Междуреченска // Безопасность биосферы - 97: Тезисы докл. I всероссийского науч. симп. - Екатеринбург, 1997. - С. 117.

4. **Шатилов А.Ю.**, Язиков Е.Г. Минералогические исследования твердого осадка снежного покрова урбанизированных территорий бассейна реки Обь // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: Материалы науч. конф. - Томск: ТГУ, 1998. - Т. 3. - С. 298-300.

5. Язиков Е.Г., **Шатилов А.Ю.** Особенности накопления микроэлементов в магнитных фракциях природных сред некоторых урбанизированных территорий Западной Сибири // Экологическая геофизика и геохимия: Материалы межд. конф. - Москва-Дубна, 1998. - С. 92-93.

6. **Шатилов А.Ю.** Вещественный состав и геохимическая характеристика аэрозольных выпадений в городах бассейна реки Оби // Конференция по итогам Всероссийского конкурса на лучшую научную работу студентов ВУЗов горного профиля: тезисы докл. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1998. - С. 22-23.

7. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., **Шатилов А.Ю.**, Миков О.А. Оценка экологического состояния урбанизированных территорий геохимическими методами // Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий: Труды межд. науч. конф. - Томск: ТГАСУ, 1999. - С. 83-84.

8. Язиков Е.Г., Виснап И.А., Анисимов В.Р., **Шатилов А.Ю.** Оценка состояния природных сред урбанизированных территорий геохимическими методами в зоне влияния угледобывающего производства и заболеваемость (на примере г.Междуреченска) // Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию: Материалы межд. научно-практ. конф. - Кемерово: Кузбассвуиздат, 1999. - С. 251-257.

9. Язиков Е.Г., **Шатилов А.Ю.**, Подольская М.В. Особенности эколого-геохимического состояния природных сред населенных пунктов Томской области // Природа и природопользование на рубеже XXI века: Материалы межрегион. научно-практ. конф. - Омск: Курьер, 1999. - С. 311-314.

10. **Шатилов А.Ю.**, Язиков Е.Г. Геохимическая характеристика твердого осадка снежного покрова сельских населенных пунктов юга Томской области // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: Материалы межд. научно-практ. конф. - Семипалатинск: ПК "Семей-Печать", 2000. - С. 245-246.

11. **Шатилов А.Ю.** Характеристика пылеаэрозольных выпадений в фоновых районах Западно-Сибирского региона по данным мониторинга снежного покрова // Проблемы геологии и освоения недр: Труды IV межд. симп. - Томск: Изд-во НТЛ, 2000. - С. 498-499.

12. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., **Шатилов А.Ю.** Методика комплексной эколого-геохимической оценки территорий для решения геоэкологических задач // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и северо-востока России. - Томск: Изд-во ОГУП "Асиновская типография", 2000. - Том II. - С. 246-248.

13. Математическая обработка геохимических данных при оценке состояния окружающей среды (на примере мониторинга снегового покрова) / Берестнева О.Г., Муратова Е.А., Рихванов Л.П., **Шатилов А.Ю.**, Янковская А.Е. // Геоинформатика-2000: Труды межд. научно-практ. конф. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. - С. 199-204.

14. **Шатилов А.Ю.**, Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Особенности пылеаэрозольных выпадений в зоне влияния Сибирского химического комбината // Гидрогеология и инженерная геология. Геоэкология и мониторинг геологической среды.: Материалы международной научно-практической конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства» / Ответственные редакторы С.Л. Шварцев, Л.П. Рихванов. - Томск: Изд-во ТПУ, 2001. - С. 206-210.