

*На правах рукописи*



**Языков Егор Григорьевич**

**ЭКОГЕОХИМИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени доктора  
геолого-минералогических наук

Томск, 2006

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный консультант: доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Леонид Петрович Рихванов

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Олег Николаевич Грязнов

доктор геолого-минералогических наук,  
Светлана Борисовна Бортникова

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Дмитрий Сергеевич Покровский

Ведущая организация: Всероссийский институт минерального сырья, г. Москва

Защита состоится 15 ноября 2006 г. в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.265.02 при Томском государственном архитектурно-строительном университете по адресу: 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, ТГАСУ.

Факс: (8-3822) 41-89-10

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

Автореферат разослан «    » сентября 2006 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



О.И. Недавний

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследований.** Во многих городах России и других стран экологическая ситуация близка к критической. Наиболее сильно техногенное геохимическое воздействие на природную среду и население проявляется в крупных промышленных центрах, которые уже сейчас по интенсивности загрязнения и площади аномалий загрязняющих веществ представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические субпровинции. Сами города выступают как мощные источники техногенных веществ, включающихся в региональные миграционные циклы. Для Западной Сибири с её ландшафтами равнинного типа, которые занимают 90 % всей территории, характерны трансграничные переносы загрязняющих веществ промышленных центров, которые расположены в бассейне одной реки – Оби. Атмосферные трансграничные переносы доставляют из промышленных центров, промышленных и военных полигонов, расположенных на значительных расстояниях, техногенные аэрозоли и газы, в том числе токсичные и радиоактивные. Радиационная опасность Западно-Сибирского региона в пределах бассейна р. Обь обусловлена ядерными испытаниями на Семипалатинском и Новоземельском полигонах, а также деятельностью объектов ядерно-технологического цикла ПО «Химконцентрат» (г. Новосибирск), Сибирский химический комбинат (г. Северск) и НПО «Маяк» (г. Озёрск). Следует отметить, что проявление радиационных факторов протекает на фоне общего химического загрязнения территории бассейна р. Обь.

Впервые в нашей стране широкие научно-методические и прикладные геохимические исследования урбанизированных территорий были начаты под руководством Ю.Е. Саета в 1976 году. Эти исследования опирались, с одной стороны, на разработки А.П. Виноградова, В.В. Ковальского, В.А. Ковды и их последователей, а с другой, на опыт поисковой геохимии, возникшей впервые под влиянием научных идей В.И. Вернадского, А.Е. Ферсмана, В. Гольдшмидта, а затем развитые в работах А.П. Соловова, Е.А. Сергеева, С.Д. Миллера, М.А. Глазовской, А.Н. Еремеева, Е.М. Квятковского, А.И. Перельмана, В.В. Поликарпочкина, Л.Н. Овчинникова, Л.В. Таусона, Н.И. Сафронова, Д.П. Малюги, А.А. Саукова, И.И. Гинзбурга, В.И. Красникова, С.В. Григоряна, Н.Ф. Глазовского, В.А. Алексеенко, Э.К. Буренкова, Н.С. Касимова и многих других.

В последующие годы большой вклад в совершенствование методики эколого-геохимических исследований и геоэкологического картирования, основанной на теории и методах поисковой геохимии (Принципы ..., 1979), внесены сотрудниками ИМГРЭ, ВСЕГИНГЕО, ВИМС, ВСЕГЕИ, МГУ, СПбГУ, институтами геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (г. Москва), геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (г. Иркутск), ОИГГМ СО РАН (г. Новосибирск) и многими другими научно-исследовательскими и производственными организациями.

Анализ ранее проведённых эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий показывает, что они характеризуются

недостаточной комплексностью исследований с учётом радиоэкологических особенностей компонентов природной среды, в спектре изучаемых элементов часто отсутствуют радиоактивные, редкие и редкоземельные элементы, практически нет сведений о минеральной составляющей техногенных образований, не уделяется внимание особенностям распределения радиоактивных делящихся элементов, мало используются экспрессные способы оценки территорий с точки зрения их соответствия для экологически безопасного проживания человека

Коллективом кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета, в составе которого автор принимал участие на различных этапах проведения эколого-геохимического мониторинга, начиная с 1989 года, накоплен обширный фактический материал, позволяющий впервые на современной аналитической базе выполнить комплексную эколого-геохимическую оценку состояния компонентов природной среды территорий со сложной разнопрофильной техногенной нагрузкой на юге Западной Сибири.

Объектом исследования являются урбанизированные территории разнопрофильных районов юга Западной Сибири. Предметом исследования выступают депонирующие компоненты окружающей среды.

**Целью исследований** является выявление эколого-геохимического состояния компонентов окружающей среды урбанизированных территорий с разнопрофильной техногенной нагрузкой юга Западной Сибири и разработка методологии их комплексной оценки.

**Задачи исследований:**

1. Оценить уровни накопления элементов и выявить геохимические особенности различных компонентов природной среды урбанизированных территорий в зонах воздействия разнопрофильных промышленных предприятий.

2. Изучить особенности вещественного состава твёрдофазных выделений в компонентах природной среды урбанизированных территорий со сложной техногенной нагрузкой.

3. Обосновать использование геохимического состава солевых отложений как индикатора качества питьевой воды и критерия выделения территорий экологического неблагополучия.

4. Разработать новые методы экспрессной оценки определения загрязнённости снегового и почвенного покровов тяжёлыми металлами.

5. Апробировать методы биотестирования для оценки токсичности отходов горнорудных предприятий, пылеаэрозольных выпадений и загрязнённых почв.

6. Обосновать методические подходы к комплексной эколого-геохимической оценке и районированию урбанизированных территорий со сложной техногенной нагрузкой.

7. Провести типизацию урбанизированных территорий с размещением разнопрофильных производств на основе минералого-геохимического изучения компонентов природной среды.

**Фактический материал и методы исследований.** В основу диссертационной работы положены материалы, полученные лично автором или совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ при проведении научно-исследовательских работ на территории юга Западной Сибири, начиная с 1989 года. За этот период на кафедре по данному направлению с участием автора в качестве консультанта или научного руководителя защищено 6 кандидатских диссертаций и готовятся к защите 3 работы, подготовлено 26 научно-производственных отчетов.

Работы выполнялись в рамках госбюджетных тем 2.10, 2.88с (номер гос. регистрации № 01920000326, № 01960008457, № 01200406068), договорных работ с ОАО «Томскгеомониторинг» согласно «Программы ведения государственного мониторинга состояния недр на территории Томской области» в рамках контрактов № 1-К/2001 с КПП по Томской области и № 19/2001м с ФГУГП «Гидроспецгеология», а также в рамках государственной программы радиационного мониторинга Областного комитета экологии и охране окружающей среды по Томской области при выполнении научно-исследовательской работы «Оценка качества среды обитания человека на юге Томской области с целью возможного выделения радиационного фактора заболеваемости», хоздоговорных тем с промышленными предприятиями и гранта АОЗ-2.13-765 по Минобразованию России. Основным фактическим материалом получен при выполнении договорных работ с администрациями Томской, Кемеровской областей, Алтайского края, Республики Хакасия, а также при проведении инициативных исследований в Тюменской, Челябинской, Курганской областях и Восточном Казахстане.

С разной степенью детальности изучены урбанизированные территории районов с разнопрофильным производством (нефтегазодобывающий, деятельности предприятий с ядерно-топливным циклом, угле- и горнодобывающие), включающие семь городов: Стрежевой, Томск, Междуреченск, Северск, Мегион, Кедровый, Новокузнецк; пять промышленных предприятий (ОАО «Сибэлектромотор», НПФ «Квадро», ОАО «ТНХК» (Томский нефтехимический комбинат), АОЗТ «Рубцовский завод ТЗЧ»); районы четырёх месторождений (Тейское железорудное, Кибик-Кордонское мраморов, Изербельское гранитов, участок Чалпан Бейского угольного месторождения); три тепличных хозяйства (Кузовлевское, агрофирма «Томич» и ОАО «Тепличное») и 27 сельхозпредприятия (ОАО «Степановский», «Томич» и др.) (рис. 1).

Диссертация базируется на большом количестве аналитических материалов, полученных методами полевой гамма-радиометрии (2270 точек измерений) и гамма-спектрометрии (2527 точек измерений), а также методами многоэлементного анализа проб почв и почвогрунтов (2893 пробы), снега (442 пробы), накипи (108 проб), растительности и растительной продукции (254 пробы), отходов производства (96 проб), воды (186 проб), донных отложений (60 проб), волос (182 пробы), молока (73 пробы) и картофеля (75 проб).

Аналитические определения получены методами лазерно-

люминесцентного, рентгено-спектрального, эмиссионно-спектрального полуколичественного и атомно-абсорбционного анализами – в ЦАЛ ССП «Березовгеология» ГФУГП «ЦГЭ» МПР РФ (г. Новосибирск), а также атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционным с электротермической атомизацией, потенциометрическим – в региональном аналитическом центре ЗАО «Механобр-Аналит» (г. Санкт-Петербург) и атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой – в центральной научно-исследовательской лаборатории АО «Кара-Балтинский горнорудный комбинат» (г. Кара-Балта).

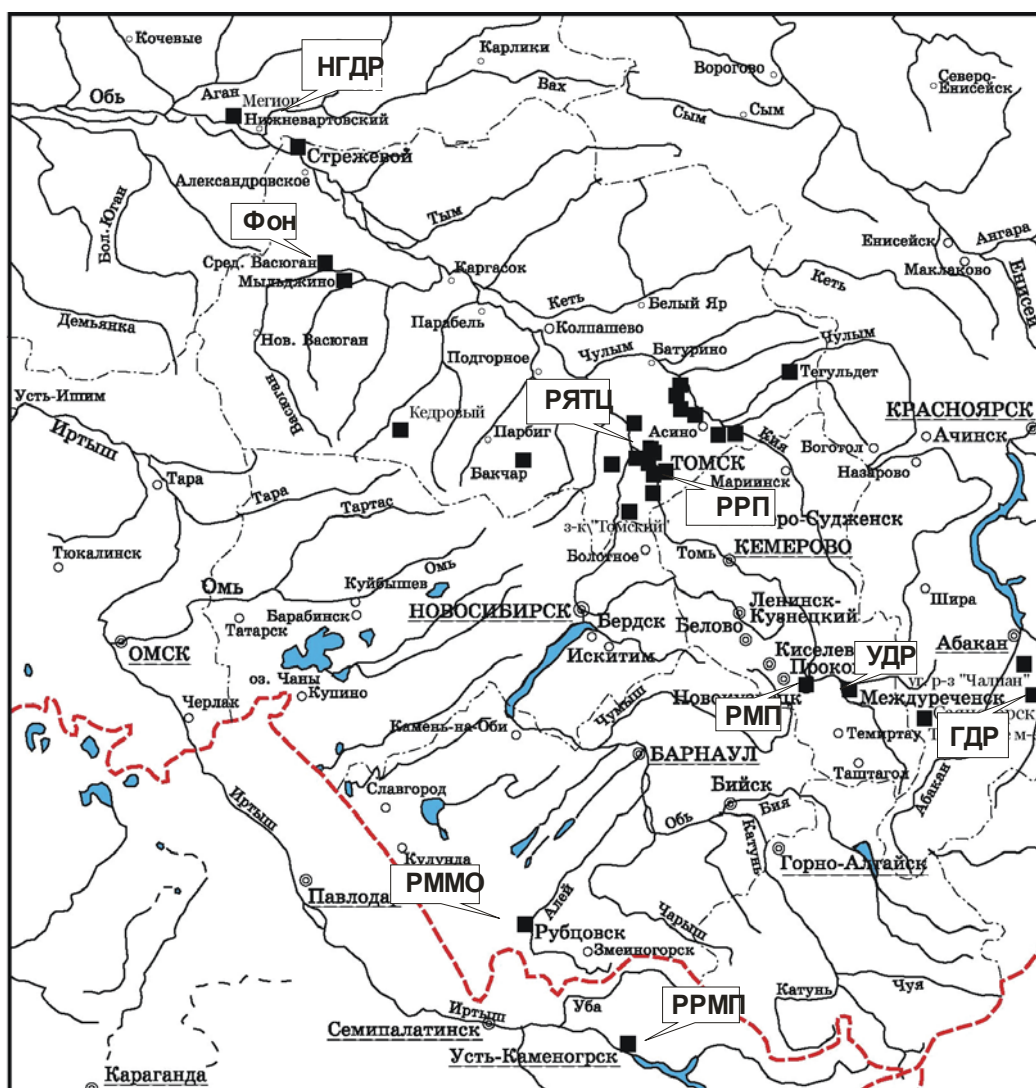


Рис. 1. Схема исследования объектов на территории юга Западной Сибири: **ФОН**; **НГДР** – нефтегазодобывающий район; **РЯТЦ** – район с предприятиями ядерно-топливного цикла; **РРП** – район с многопрофильным производством; **УДР** – угледобывающий район; **РМП** – район с металлургическим производством; **ГДР** – горнодобывающий (железорудный) район; **РММО** – район машиностроения и металлообработки; **РРМП** – район с редкометалльным производством

Значительная часть аналитических определений выполнена методом инструментального нейтронно-активационного анализа в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии, функционирующей на базе исследовательского ядерного реактора института

ядерной физики Томского политехнического университета. Все анализы выполнялись в аккредитованных лабораториях, по аттестованным методикам, с использованием стандартных образцов сравнения и контролировались параллельными определениями элементов несколькими аналитическими методами, а также данными внешнего и внутреннего контроля.

Исследования минерального состава почв и твердого осадка снега проводились рентгенофазовым и дифференциально-термическим анализами, электронной микроскопией на растровом электронном микроскопе с рентгеновской микрозондовой приставкой Tesla-BS-301 и в просвечивающем электронном микроскопе, а электронно-зондовый микроанализ выполнялся на энергодисперсном рентгеновском спектрометре Link 8601500 (Великобритания) с микроанализатором Camebax-MBX. Все исследования выполнены в аналитическом центре Всероссийского института минерального сырья им. Н.М. Федоровского (г. Москва). Микрорентгеноспектральный микрозондовый анализ проводился на установке JXA-5 GEOL в лаборатории Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и микрозонде MS-46 К.А.М.Е.К.А. в лаборатории Уральского государственного горного университета.

#### ***Научная новизна работы:***

1. Впервые проведена комплексная эколого-геохимическая типизация урбанизированных территорий юга Западной Сибири, подверженных воздействию разнопрофильных производств (нефтегазодобывающего, угледобывающего, горнорудного, металлургического, нефтехимического, с предприятиями ядерно-топливного цикла, теплоэнергетического, аграрного и других комплексов) с использованием редких, редкоземельных и радиоактивных элементов.

2. Разработана методология комплексной эколого-геохимической оценки и выполнено районирование территории со сложной техногенной нагрузкой в зоне воздействия многопрофильных производств.

3. Впервые установлены особенности минерального состава и определены уровни накопления редкоземельных и радиоактивных элементов твёрдофазных выделений в компонентах природной среды урбанизированных территорий с многопрофильным производством. Выявлены формы нахождения радиоактивных делящихся элементов в пылеаэрозольных выпадениях методом осколочной радиографии и доказано присутствие в зоне воздействия предприятий ядерно-топливного цикла собственных микровключений оксидов урана.

4. Предложены новые методы оценки состояния урбанизированных территорий и опасности отходов горнорудных производств на основе изучения минерально-вещественного состава и магнитных свойств твёрдофазных выделений снега и почв, геохимического состава солевых образований питьевых вод и методов биотестирования.

#### ***Защищаемые положения.***

1. Выявлена специфическая особенность загрязнения компонентов природной среды урбанизированных территорий с разнопрофильным

производством, которая характеризуется присутствием типоморфных элементов и минеральных образований: нефтегазодобывающий район – Br, Tь, сажа, кварц; угледобывающий – Zr, As, Ta, Y, Au, S<sub>общ.</sub>, S<sub>сульфид.</sub>, C<sub>общ.</sub>, C<sub>орг.</sub>, угольная пыль, муллит; горнодобывающий железорудный – Fe, Co, U, оксиды и гидроокислы железа; машиностроения и металлообработки – Fe, Cr, Mn, Ni, Hg, магнезиоферрит; металлургический – Ca, Ba, As, Sb, Sm, Au, La, Lu, Cr, Li, Pb, магнезиоферрит; нефтехимический – Br, Sb; районов с многопрофильным производством – Cu, Mo, Pb, W, муллит, магнезиоферрит; с предприятиями ядерно-топливного цикла – U, Lu, Zn, F, графит, оксиды урана; с редкометалльным производством – U, Ta, Co, Sc, Sb, Ag и сельскохозяйственных угодий – Na, As, Yb, Mn, Sr, Cr, Co, Ni, Sc, Mo.

2. В зоне долговременного воздействия предприятий Томск-Северской промышленной агломерации установлена комплексная техногенная геохимическая субпровинция с ярко выраженной структурой геохимического поля, характеризующаяся повышенными уровнями накопления ряда микроэлементов, являющихся характерным для того или иного вида производств, а также специфическими геохимическими ассоциациями и формами их нахождения. Основными источниками загрязнения выступают предприятия ядерно-топливного цикла, нефтехимического производства и теплоэнергетического комплекса.

3. Оценка степени экологического состояния урбанизированных территорий определяется техногенной минеральной составляющей снега и почв, а также величиной их магнитной восприимчивости. Новый альтернативный предмет исследования – солевые образования на теплообменной аппаратуре, содержание микроэлементов, например, урана, в которых отражает качество питьевых вод и фиксирует участки экологического неблагополучия. Оценка опасности для окружающей среды отходов производства, пылеаэрозольных выпадений и загрязнённых почв устанавливается комплексным исследованием, включающим геохимические методы и методы биотестирования.

4. Методологические подходы к комплексной эколого-геохимической оценке урбанизированных территорий со сложным характером техногенного воздействия базируются на исследовании основных депонирующих компонентов природной среды, отбирающихся в точках сближенных в пространстве и по времени, а также анализируемых на максимальный спектр химических элементов. Определение химических компонентов и минеральной составляющей твердофазных выделений проводится по единым унифицированным методикам с использованием высокочувствительных методов анализа и методов экологической минералогии.

### ***Практическая значимость работы и реализация результатов исследований.***

Принципы методологических подходов к комплексной эколого-геохимической оценке территорий деятельности предприятий ядерно-топливного цикла, использованные при оценке юга Томской области, позволили обосновать и в настоящее время осуществлять работы по ведению

государственного мониторинга состояния недр на полигоне «Томский» совместно с ОАО «Томскгеомониторинг» в рамках программы «Ведения государственного мониторинга состояния недр на территории Сибирского федерального округа». Данные разработки могут стать также методической основой районирования для территорий с опасным производством как в Сибири, так и в регионах России и других стран.

Проведённая автором типизация урбанизированных территорий с выделением приоритетного типа загрязнения послужит основой для разработки и внедрения системных природоохранных мероприятий, а также медико-гигиенических и лечебно-профилактических мер для обеспечения здоровья персонала разнопрофильных предприятий и населения, проживающего в зонах их влияния.

Разрабатываемое направление изучения особенностей распределения элементов в пылеаэрозольных выпадениях снегового покрова, вносит существенный вклад в развитие теоретических представлений о влиянии техногенных факторов на геохимические и биогеохимические процессы формирования элементного химического состава аэрозолей Сибири.

Полученные новые способы экспрессной оценки определения загрязнённости снегового и почвенного покровов тяжёлыми металлами и техногенными компонентами, по которым получено четыре патента, позволяют совершенствовать технологию геоэкологического картирования и мониторинга.

Реализация результатов работы проведена в период с 1989 по 2005 годы при разработке отдельных разделов к экологическим паспортам промышленных предприятий – ОАО «Сибэлектромотор», ОАО «Томский нефтехимический комбинат» (Томская область), АОЗТ «Рубцовский завод тракторных запасных частей» (Алтайский край); предприятиям сельскохозяйственного назначения – АОЗТ «Томь», АОЗТ «Степановский»; тепличным хозяйствам – агрофирма «Томич», тепличные комбинаты «Кузовлевский» (г. Томск), «Тепличный» (г. Стрежевой). Даны комплексные заключения оценки класса токсичности отходов ОАО «Угольный разрез Чалпан», АООТ «Тейское рудоуправление», ОАО «Саянмрамор» (Республика Хакасия). По итогам работ усовершенствована технология обработки камня на комбинате ОАО «Саянмрамор», что позволило использовать шлам для производства строительных материалов. Проведённая эколого-геохимическая оценка урбанизированных территорий, выполненная по заданию городских комитетов по экологии и охране окружающей среды гг. Томска, Северска, Стрежевого и Междуреченска, позволила провести ряд природоохранных мероприятий по улучшению радиационной и общей экологической ситуации городов. Результаты исследований реализованы в программе Областного комитета экологии и охране окружающей среды по Томской области по теме «Оценка качества среды обитания человека на юге Томской области с целью возможного выделения радиационного фактора заболеваемости», а также использованы в работах ОАО «Томскгеомониторинг» согласно «Программы ведения государственного мониторинга состояния недр на территории Томской области».

Материалы диссертационной работы использованы при разработке рабочих программ и чтении лекционных курсов «Геоэкологический мониторинг», «Геохимический мониторинг природных сред», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза проектов», «Минералогия техногенных образований», «Техногенные системы и экологический риск», составления путеводителя для проведения геоэкологических практик в Хакасии для студентов специальности «Геоэкология», а также подготовки 5-и учебных пособий, в том числе одного с грифом УМО.

**Достоверность защищаемых положений** определяется большим массивом используемого фактического материала, полученного современными высококачественными аналитическими методами в ведущих аналитических центрах России, а также глубиной проработки материала.

**Апробация работы.** Основные результаты работы по теме диссертации были доложены на Международных конференциях: “Объединенный Международный симпозиум по проблеме прикладной геохимии” (Иркутск, 1994), “Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека” (Томск, 1996; 2004), “Природа и природопользование на рубеже XXI века” (Омск, 1999), “Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде” (Семипалатинск, 2002; 2004), “Техногенная трансформация геологической среды” (Екатеринбург, 2002), “Подземное и кучное выщелачивание урана, золота и других металлов, современное состояние” (Москва, 2002), “Самоорганизация и динамика геоморфосистем в условиях техногенного освоения территорий и потепления климата” (Томск, 2003), “Актуальные проблемы урановой промышленности” (Алматы, 2004), “Современные проблемы загрязнения почв” (Москва, 2004) и “Климато-экологический мониторинг” (Томск, 2005).

**Публикации.** Основное содержание и научные положения диссертации опубликованы в 75 работах, в том числе в 2-х монографиях, 5-и учебных пособиях и в 68 статьях и тезисах докладов. Получено 4 патента и 1 авторское свидетельство на изобретение. Из них 20 работ опубликованы в рецензируемых научных журналах, включённых в перечень ВАК.

**Личный вклад автора.** Диссертант лично участвовал в обосновании, организации и проведении всех эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий с различной техногенной нагрузкой юга Западной Сибири. Автором вместе с коллегами сформулированы научные задачи, проведено опробование, экспериментальные исследования, разработана методика комплексной радиоэколого-геохимической оценки урбанизированных территорий и запатентованы новые способы определения загрязнённости снегового и почвенного покровов. Автором лично получены научные результаты эколого-геохимического состояния компонентов окружающей среды урбанизированных территорий с разнопрофильной техногенной нагрузкой юга Западной Сибири.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность своему учителю и научному консультанту, профессору, д.г.-м.н. Л.П. Рихванову. Особо признателен руководителям и исполнителям аналитических лабораторий

А.Ф. Судыко, Л.В. Богутской, Н.А. Чарикову, Г.А. Бабченко, С.Н. Зиминной, Л.И. Евтеевой, Г.А. Савченко, Т.Д. Кириленко, С.С. Чернянскому, В.Н. Ослоповскому, Н.А. Цехановской за помощь в проведении исследований.

Автор благодарен соавторам и коллегам по работе д.б.н. Н.Н. Ильинских, д.г.-м.н. Р.В. Голевой, д.г.-м.н. В.Т. Дубинчук, д.г.н. Н.С. Евсеевой, д.г.-м.н. А.Г. Бакирову, д.г.-м.н. И.В. Кучеренко, д.г.-м.н. В.Н. Сальникову, д.г.-м.н. А.Ф. Коробейникову, д.г.-м.н. С.И. Арбузову, к.х.н. Г.Е. Пашневой, к.ф.-м.н. А.А. Михальчуку, к.г.-м.н. А.А. Поцелуеву, к.г.-м.н. А.Я. Пшеничкину, к.г.-м.н. А.К. Полиенко, к.г.-м.н. В.А. Домаренко, к.г.-м.н. В.А. Льготину, к.г.-м.н. Ю.В. Макушину, к.х.н. Н.А. Осиповой, к.г.-м.н. В.В. Ершову, к.г.-м.н. О.А. Микову, к.г.-м.н. А.Ю. Шатилову, к.б.н. Н.В. Барановской, к.г.-м.н. С.В. Азаровой, к.г.-м.н. А.В. Волостнову, к.г.-м.н. И.С. Соболеву, В.М. Худякову, Д.В. Волостнову, В.П. Шинкаренко, Е.П. Янкович, В.К. Кондрину, В.С. Барановскому, аспирантам Л.В. Жорняк, А.В. Таловской и бывшим студентам С. Грязнову, Е. Гвоздеву, О. Грязновой, О. Мельниковой, Л. Собаниной, А. Ручейновой, Н. Митрофановой за помощь в проведении полевых, камеральных работ и разностороннее обсуждение результатов исследований.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, семи глав и заключения. Объём работы составляет 423 страницы, включая 106 таблиц и 216 рисунков. Список литературы состоит из 465 наименований.

**В главе 1** отражается постановка вопроса, а также приводятся основные методологические принципы и методические подходы к комплексной эколого-геохимической оценке территорий.

**Глава 2** характеризует методику и методы исследований. Показана методика проведения исследований, отбора и пробоподготовки проб различных компонентов природной среды, а также аналитическое обеспечение исследований и методика статистической обработки информации.

**В главе 3** приводится характеристика природно-климатических особенностей, ландшафтов и почв региона исследований, а также геоэкологические проблемы как региона, так и отдельных промышленных районов.

**В главе 4** рассматриваются твёрдофазные выпадения в снеговом покрове фоновых территорий и промышленных районов со сложной техногенной нагрузкой. Приводятся результаты пылевой нагрузки, вещественного состава и геохимической характеристики пылеаэрозольных выпадений. Особое внимание уделяется радиогеохимическим особенностям твёрдого осадка снега. Приводятся результаты исследований минеральных форм железа и магнитной восприимчивости твёрдофазных выделений снегового покрова.

**Глава 5** содержит радиогеохимическую характеристику почв ключевых фоновых участков и почвогрунтов урбанизированных территорий с разнопрофильным производством. Приводятся уровни накопления редких, редкоземельных элементов и вещественный состав почвенного покрова в зоне воздействия разнопрофильных предприятий. Особое внимание уделяется

минеральным формам железа и величине магнитной восприимчивости почв и почвогрунтов.

**В главе 6** приводится комплексная оценка и районирование территории со сложной техногенной нагрузкой. Отдельно рассматриваются депонирующие компоненты природной среды, а на основе их осуществляется зонирование территории. Приводится анализ взаимосвязи эколого-геохимических особенностей компонентов природной среды населённых пунктов и медико-биологических показателей здоровья населения.

**Глава 7** отражает новые способы эколого-геохимической оценки территорий со сложной техногенной нагрузкой, основанные на магнитных свойствах и минерально-вещественном составе твёрдофазных выделений компонентов природной среды. Рассматривается новая депонирующая среда, представленная солевыми отложениями, геохимический состав которой отражает экологическое состояние территорий. Приводится комплексная оценка опасности для окружающей среды отходов горнорудного производства.

**В заключении** содержатся основные выводы по работе, а также даётся характеристика минимально необходимого комплекса радиоэколого-геохимических исследований для проведения разномасштабных исследований на территориях со сложной техногенной нагрузкой.

## ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**ПОЛОЖЕНИЕ 1.** Выявлена специфическая особенность загрязнения компонентов природной среды урбанизированных территорий с разнопрофильным производством, которая характеризуется присутствием типоморфных элементов и минеральных образований: нефтегазодобывающий район – Br, Tb, сажа, кварц; угледобывающий – Zr, As, Ta, Y, Au, S<sub>общ.</sub>, S<sub>сульфид.</sub>, C<sub>общ.</sub>, C<sub>орг.</sub>, угольная пыль, муллит; горнодобывающий железорудный – Fe, Co, U, оксиды и гидроокислы железа; машиностроения и металлообработки – Fe, Cr, Mn, Ni, Hg, магнетиоферрит; металлургический – Ca, Ba, As, Sb, Sm, Au, La, Lu, Cr, Li, Pb, магнетиоферрит; нефтехимический – Br, Sb; районов с многопрофильным производством – Cu, Mo, Pb, W, муллит, магнетиоферрит; с предприятиями ядерно-топливного цикла – U, Lu, Zn, F, графит, оксиды урана; с редкометалльным производством – U, Ta, Co, Sc, Sb, Ag и сельскохозяйственных угодий – Na, As, Yb, Mn, Sr, Cr, Co, Ni, Sc, Mo.

Для изученных урбанизированных территорий Западной Сибири характерны природные ландшафты равнинного и горного типов. Регион обладает сложной техногенной нагрузкой за счет размещения разнопрофильных предприятий. В районах верхней и средней части бассейна р. Обь действуют многочисленные химические производства и металлургические комплексы, горнодобывающие предприятия, а также предприятия ядерно-топливного цикла (Томск, Усть-Каменогорск, Новосибирск). В районах средней и нижней части бассейна ведётся интенсивная добыча нефти и газа.

Спецификой Томской области в данном регионе является наличие Сибирского химического комбината с его производством ядерно-топливного цикла.

Величина среднесуточной пылевой нагрузки на урбанизированных территориях различных промышленных районов изменяется от 98 кг/км<sup>2</sup>хсут (нефтегазодобывающий район) до 316 кг/км<sup>2</sup>хсут (угледобывающий район) и 366 кг/км<sup>2</sup>хсут (район машиностроения и металлообработки). В фоновых районах Западно-Сибирского региона величина загрязнения составляет ориентировочно 6–14 кг/км<sup>2</sup>хсут, что соответствует величине фона 10 кг/км<sup>2</sup>хсут, установленной для нечерноземной зоны европейской части России работами Ю.Е. Саета, Б.А. Ревича и др. (Геохимия ..., 1990).

Особенности содержания радиоактивных элементов в твёрдофазных выделениях снегового покрова промышленных районов определяются спецификой производства. Так для территорий нефтегазодобывающего района концентрации данных элементов в пылеаэрозольных выпадениях довольно низкие (U – 0,5 мг/кг, Th – 4,5 мг/кг), тогда как для урбанизированных территорий с разнопрофильным производством, в частности района с редкометальным производством (U – 5,6 мг/кг, Th – 3,9 мг/кг; Ульбинский комбинат, Восточный Казахстан) и горно-добывающего (U – 4,8 мг/кг, Th – 3,9 мг/кг; Тейское железорудное месторождение, п. Вершина Тёи, Хакасия) концентрации урана повышенные. По величине среднесуточного выпадения радиоактивных элементов выделяются следующие районы: угледобывающий (U – 1,23 г/км<sup>2</sup>хсут, Th – 3,28 г/км<sup>2</sup>хсут), машиностроения и металлообработки (U – 1,2 г/км<sup>2</sup>хсут, Th – 3,7 г/км<sup>2</sup>хсут).

**Радиогеохимическая типизация** урбанизированных территорий по величине торий-уранового отношения в твёрдом осадке снега позволяет выделить три характерных области (рис. 2).

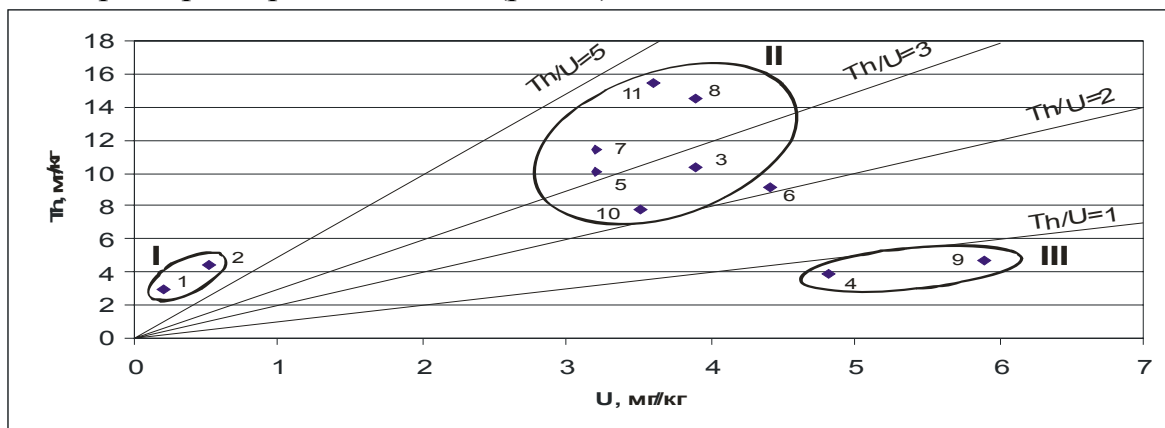


Рис. 2. Радиогеохимическая типизация пылеаэрозольных выпадений в снеговом покрове урбанизированных территорий с разнопрофильным производством юга Западной Сибири: 1 – фон (по данным А.Ю. Шатилова, 2001); **районы:** 2 – нефтегазодобывающий; 3 – угледобывающий; 4 – горнодобывающий (железорудный); 5 – машиностроения и металлообработки; 6 – многопрофильного производства; 7 – с предприятиями ядерно-топливного цикла; 8 – нефтехимического производства; 9 – редкометального производства; 10 – теплоэнергетического комплекса; 11 – сельскохозяйственный

Для первой области (I) отношение Th/U равны более 5 единиц (ториевая природа). В эту группу входят территории, для которых фиксируются низкие содержания радиоактивных элементов. Как правило, такие значения торий-уранового отношения характерны для фоновых районов Западно-Сибирского региона и районов нефтегазодобывающего комплекса. Для второй области (II) величина Th/U изменяется от 2 до 5 единиц. В эту группу попадает довольно большое количество районов с разнопрофильным производством, в том числе и с теплоэнергетическим комплексом. Они характеризуются смешанной природой поступления естественных радиоактивных элементов от различных производств. Для третьей области (III) Th/U отношение близко к 1 и ниже. В эту группу входят промышленные районы, в производстве которых отмечаются повышенные концентрации урана. Среди них выделяется территория с редкометалльным производством в Восточном Казахстане, представленная Ульбинским комбинатом, и район добычи железной руды на Тейском месторождении в Хакасии. Данные производства характеризуются как техногенным поступлением урана в случае работы предприятий с редкометалльной специализацией, так и природными повышенными концентрациями в твёрдофазных выделениях горнодобывающего предприятия.

**Метод осколочной радиографии** позволяет по изотопу урана-235 и другим делящимся элементам (Am, Pu, Np и др.) выявлять особенности распределения радиоактивных элементов. По данным f-радиографии распределение урана в пылеаэрозольных выпадениях снегового покрова территорий с разнопрофильным производством имеет равномерный и неравномерный характер, который связан с различными формами нахождения радиоактивных элементов. Так наиболее равномерный характер распределения урана установлен в твёрдофазных выделениях снегового покрова нефтегазодобывающего района (рис. 3 а). В районах угледобычи и металлообработки наряду с равномерным характером распределения треков от осколков деления урана-235 фиксируются и отдельные единичные скопления (рис. 3 б). Как показали детальные исследования форм нахождения урана в углях С.И. Арбузовым, Л.П. Рихвановым, В.В. Ершовым и А.В. Волостновым (Арбузов и др., 2002; Волостнов, 2004), что в золе лёгких фракций угля содержание урана в 2–4 раза выше, чем в золе тяжёлых. Данный факт указывает на избирательное накопление урана на органическом веществе угля и возможности поступления его в окружающую среду с выбросами теплоэнергетического комплекса. Районы с предприятиями ядерно-топливного цикла (РЯТЦ) характеризуются специфической радиоэкологической обстановкой, которая в большей степени определяется внештатными ситуациями. Так, при залповом аварийном выбросе 6 апреля 1993 года на радиохимическом заводе Сибирского химического комбината (г. Северск) в районе следа в снеговом покрове было установлено большое количество «горячих» частиц 1-ого рода микронного размера с мощностью гамма-излучения более 24 мР/час. Так, одна из обнаруженных нами частиц размером 10 мкм давала мощность экспозиционной дозы гамма-излучения – 34 мР/ч. В гамма-спектре этой частицы преобладали изотопы циркония-95, ниобия-95,

рутения-103, -106 и других, а также обнаруживалось присутствие америция-241 (Рихванов, 1997). В последующие годы радиоизотопный анализ твёрдого осадка снегового покрова выявил в снеговых пробах г. Северска изотопы  $\text{Pu}^{239}$ , а также более высокий уровень содержаний  $\text{U}^{234}$ ,  $\text{U}^{238}$  и  $\text{U}^{235}$  по сравнению с г. Томском. При этом все повышенные концентрации изотопов урана наблюдаются вблизи СХК, а отношения  $\text{U}^{235}$  к  $\text{U}^{238}$  равное 0,635 указывает на их явное техногенное происхождение (Сарнаев и др., 1995). Специфической особенностью района с предприятиями ядерно-топливного цикла по данным f-радиографии является неравномерный характер распределения делящихся радиоактивных элементов, которые представлены как единичными треками, так и в виде многочисленных разнообразных по своему размеру звёзд с плотностью до 10 звёзд/см<sup>2</sup> (рис. 3 в, г). Присутствие треков в виде звёздчатых выделений характеризует как собственные минеральные образования оксида урана, установленные нами современными минералогическими методами, так и возможно присутствие «горячих» частиц 2-го рода (Гритченко и др., 2001).

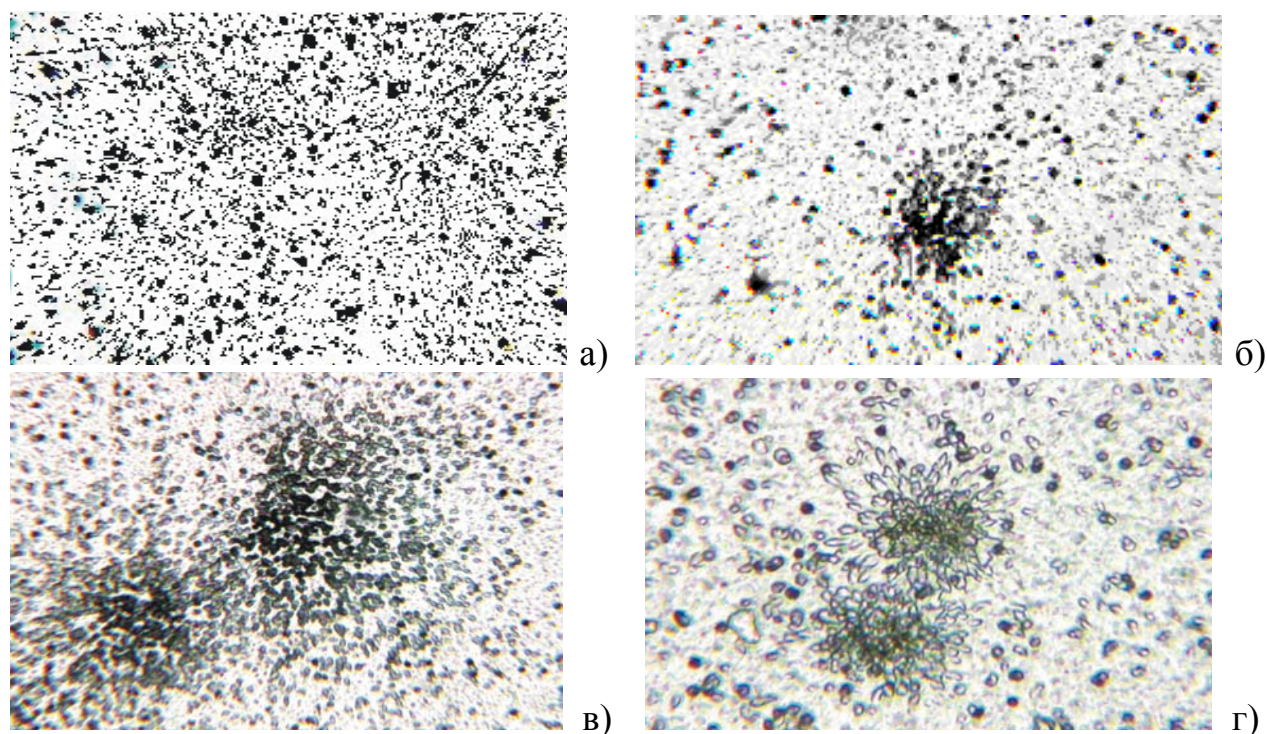


Рис. 3. Характер распределение треков от осколков деления урана-235 в твёрдом осадке снега. Детектор лавсан. Увел. 160-180<sup>x</sup>:

*а) равномерное в нефтегазодобывающем районе; б) отдельные скопления в угледобывающем районе; в-г) скопления и микровключения собственных минералов в районе с предприятиями ядерно-топливного цикла*

**Состав пылеаэрозольных выпадений** отражает геохимическую специфику территорий и это объясняется тем, что в холодный период года в местах сплошного развития снегового покрова, когда исключается перенос частиц почвы на его поверхность, основным поставщиком пыли в атмосферу являются различные промышленные предприятия и особенно топливно-энергетический комплекс. В данном случае особенное значение приобретают метеорологические условия. Во всех случаях геохимические аномалии,

образуемые выпадениями из атмосферы, связаны с промышленными выбросами и характеризуются наличием полиэлементного спектра элементов.

**Уровни накопления редкоземельных элементов** в снеговом покрове урбанизированных территорий промышленных районов характеризуются как технологическими особенностями производств, так и общим вкладом в окружающую среду выбросов теплоэнергетического комплекса (рис. 4). Низкие содержания лантаноидов характерны для фоновых и нефтегазодобывающих районов, при этом величина отношений  $La+Ce/Yb+Lu$  равна соответственно 37–40 единиц (область I). Величина отношений лёгких лантаноидов к тяжёлым в твёрдом осадке снега разнопрофильных производств урбанизированных территорий изменяется от 24 до 38 единиц (угледобывающий, район машиностроения и металлообработки), что формирует обширное поле (II) на диаграмме. Специфической особенностью района с редкометалльным производством является повышенные концентрации церия в твёрдофазных выделениях снегового покрова, что отражается соответственно на величине  $La+Ce/Yb+Lu$  отношения (50 единиц) и формирует локальное поле (III) на диаграмме. При этом особенностью твёрдого осадка снега на территории района с предприятиями ЯТЦ является повышенные концентрации лютеция, которые значительно понижают величину  $La+Ce/Yb+Lu$  отношения (17 единиц) и формируют локальное поле (IV) на диаграмме.

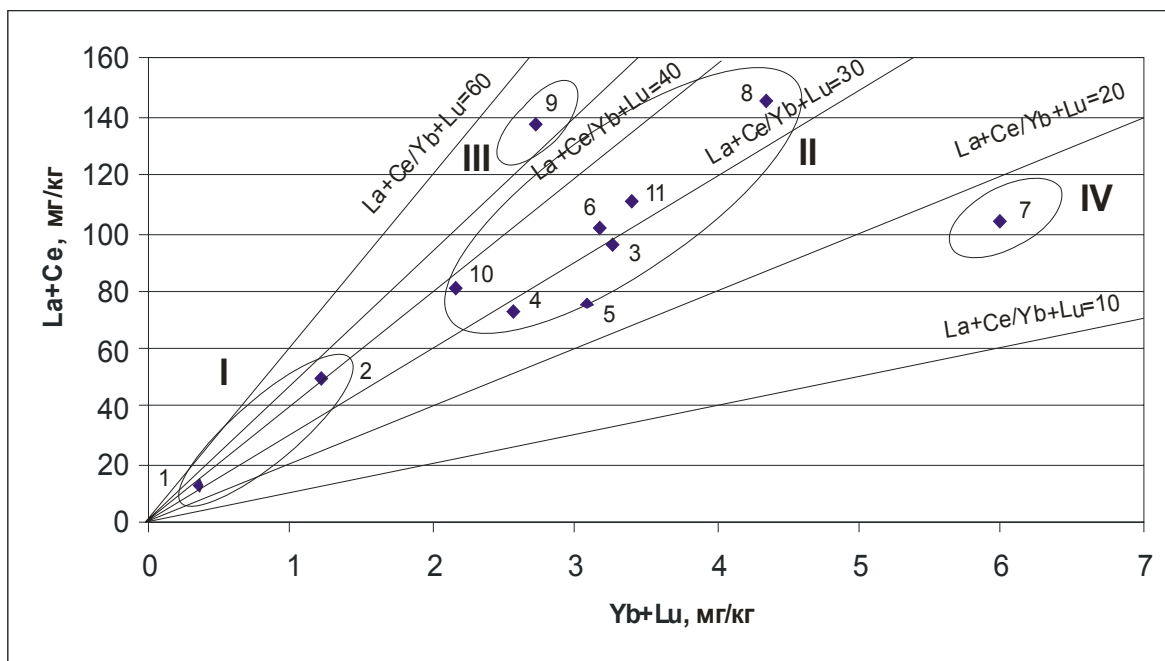


Рис. 4. Геохимическая типизация урбанизированных территорий с разнопрофильным производством юга Западной Сибири по величине  $La+Ce/Yb+Lu$  отношения в снеговом покрове:

1 – фон; **районы:** 2 – нефтегазодобывающий; 3 – угледобывающий; 4 – горнодобывающий (железорудный); 5 – машиностроения и металлообработки; 6 – многопрофильного производства; 7 – с предприятиями ядерно-топливного цикла; 8 – нефтехимического производства; 9 – редкометалльного производства; 10 – теплоэнергетического комплекса; 11 – сельскохозяйственный

**Вещественный и минеральный составы** пылеаэрозольных выпадений характеризуются природными и техногенными составляющими, причем соотношение частиц в разных районах различно и зависит от специфики производства, а также локальных источников воздействия. Основу аэрозольных выпадений нефтегазодобывающего района составляют микрочастицы природного генезиса (кварц), а из техногенных отмечается сажа от горящих факелов. В пробах угледобывающего района Кузбасса преобладают частицы техногенного происхождения в виде угольной пыли, что связано с деятельностью многочисленных угольных разрезов. В твёрдом осадке снегового покрова горнодобывающего железорудного района Хакасии преобладают частицы вмещающих пород, обусловленные горно-взрывными работами на карьере.

Детальное изучение минерального состава проб твёрдого осадка снега с помощью современных минералогических методов на территории района с предприятиями ядерно-топливного цикла, позволило диагностировать природные и техногенные составляющие. При рентгенофазовом анализе проб были установлены фазы природного и искусственного происхождения. Из природных минералов в пробах присутствуют кварц, плагиоклаз, а также в очень малом количестве глинистые минералы (иллит-монтмориллонит, гидробиотит) и в следовых количествах – хлорит. Материал техногенного происхождения представлен преимущественно микросферулами и состоит, главным образом, из муллита (сферические частицы белого цвета) и магнезиоферрита. Магнезиоферрит является главной фазой в выделенной из пробы магнитной фракции. По внешнему виду представляет собой мельчайшие сферические частицы черного цвета в ассоциации с небольшим количеством гематита. С помощью растрового электронного микроскопа в твёрдом осадке снега выявлены полые микросферулы в больших количествах. Размер их варьирует от долей до нескольких микрон и микродифракционно установлено, что данные микросферулы являются муллитом (рис. 5). Их основа Si и Al с небольшим содержанием Fe, Ti, Ca и других элементов. Небольшие кристаллики (X) в центре полиаморфного агрегата, дают микродифракционную картину, отвечающую гранецентрированной ячейке кубического кристалла с параметром элементарной ячейке  $a=5.30 \text{ \AA}$ , что характерно для оксида урана (рис. 6).

**Почвогрунты урбанизированных территорий** промышленных районов юга Западной Сибири имеют свои радиогеохимические особенности. Так, в нефтегазодобывающих районах они характеризуются пониженными значениями радиоактивных элементов (U – 0,8 мг/кг, Th – 4,2 мг/кг), тогда как максимальные значения урана (3,8 мг/кг) и тория (12,3 мг/кг) приходятся на почвы горнодобывающего района Хакасии. При этом следует учесть, что мощность экспозиционной дозы хвостов обогащения Тейского Fe-рудного месторождения горнодобывающего района в отдельных случаях достигает 78 мкР/час (Парубин и др., 1985ф), что объясняется природной повышенной концентрацией урана.

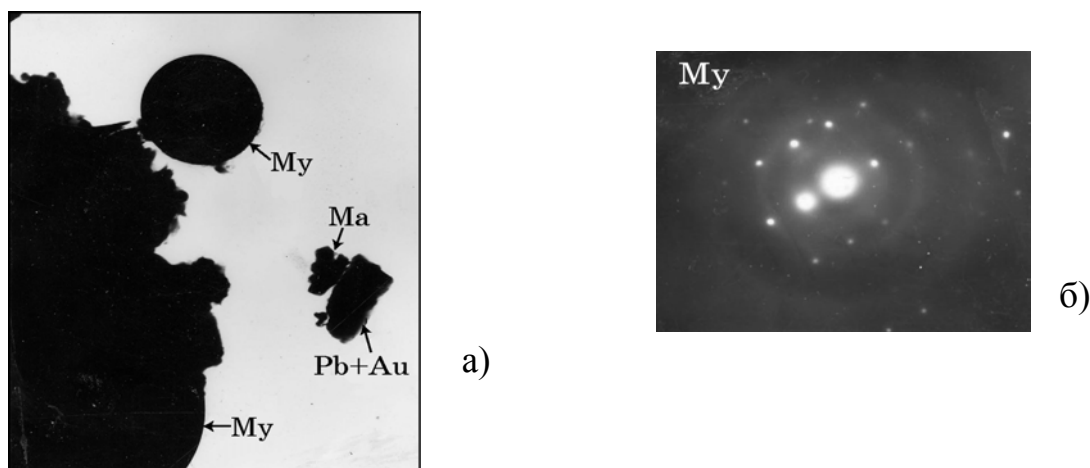


Рис. 5. Агрегат частиц в твёрдом осадке снега в просвечивающем электронном микроскопе (а) и микродифракционная картина (б) муллита. Увел.  $3500^x$ . Му – муллит, Ма – марматит, Pb+Au – частицы металлического свинца и золота

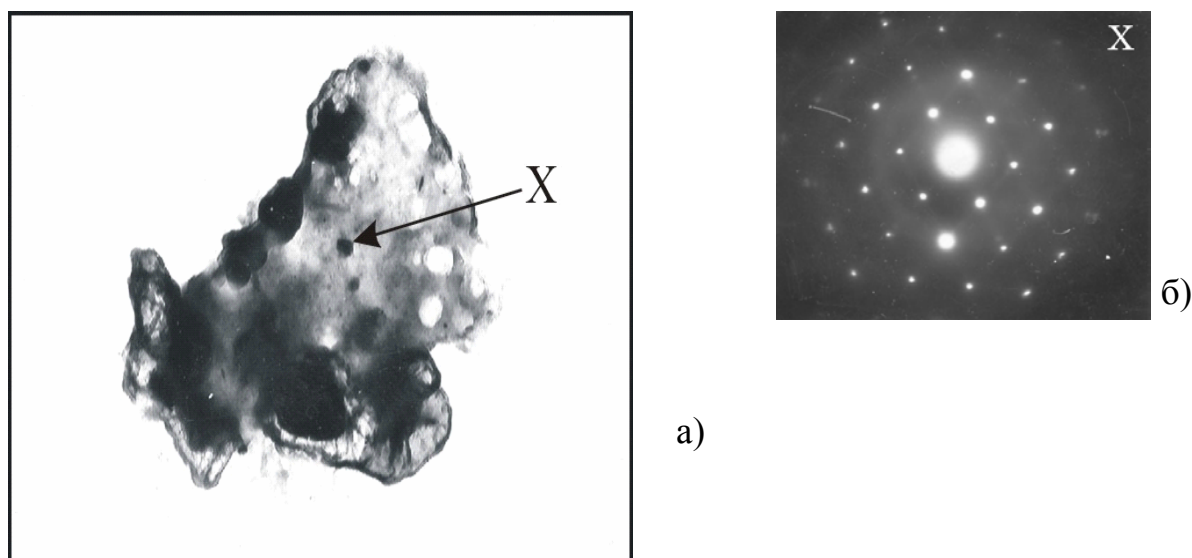


Рис. 6. Полиаморфный агрегат в твёрдом осадке снега с частичками оксида урана (X) (а) и его микродифракционная картина (б). Изображение в растровом электронном микроскопе. Увел.  $1500^x$

Для почвогрунтов угледобывающего района величина урана и тория равна соответственно 2,2 мг/кг и 7,1 мг/кг при незначительном разбросе радиоактивных элементов. В данном случае основную долю радиоактивных элементов в почвогрунты вносят золы отопительных котельных, которые используют для планировки городской территории. Аналогичная картина наблюдается и в почвогрунтах территорий с размещением металлургических производств (U – 2,2 мг/кг, Th – 6,9 мг/кг), где в исходной железной руде месторождений (Шерегеш, Таштагол и др.) устанавливаются повышенные концентрации урана, которые в последующем попадают в металлургические шлаки. При этом для планировки городской территории нередко используются металлургические шлаки повышенной радиоактивности, которые были обнаружены нами с помощью гамма-радиометрической и гамма-спектрометрической съёмок. В почвогрунтах промышленной территории

района машиностроения и металлообработки с его мощным литейным производством также фиксируется повышенная концентрация урана (4,5 мг/кг), причём на данной территории установлены радиоактивные аномалии в отдельных местах с мощностью экспозиционной дозы более 3000 мкР/час, характеризующиеся цезиевой (Cs-137) природой радиоактивности, обусловленной как попаданием в переплав радиоактивных источников, так и использованием модифицирующей смеси с высокими концентрациями урана (320 г/т) и тория (1485 г/т) в технологии упрочнения металла. Для почв и почвогрунтов урбанизированных территорий других промышленных районов с многопрофильным (U – 2,2 мг/кг; Th – 7,2 мг/кг) и нефтехимическим (U – 1,4 мг/кг; Th – 5,3 мг/кг) производствами концентрации урана и тория значительно ниже кларка (U – 2,5 мг/кг; Th – 13 мг/кг) в земной коре по А.П. Виноградову (1962).

Почвы и почвогрунты районов с размещением предприятий ядерно-топливного цикла характеризуются невысокими концентрациями радиоактивных элементов (U – 1,2 мг/кг; Th – 5,7 мг/кг), однако разброс значений как по урану (от 0,5 мг/кг до 10,3 мг/кг), так и по торью (от 0,4 мг/кг до 16,1 мг/кг) значителен, что свидетельствует о неоднородном характере распределения радиоактивных элементов в данной природной среде. Причём по данным f-радиографии распределение урана имеет как равномерный, так и неравномерный характер, что обусловлено различными формами нахождения радиоактивных элементов. Так, наиболее распространёнными формами являются как молекулярное рассеяние урана, так и его присутствие в виде примесей, которые проявляются отдельными скоплениями треков от осколков деления урана-235. При этом характерной особенностью почв из района с наличием предприятия ядерно-топливного цикла являются «звёздчатые» скопления треков, которые могут характеризовать как собственные минеральные выделения оксидов урана, так и “горячих” частиц, представленных выделениями делящихся элементов (уран-235, плутоний-239 и др.). Ранее подобные результаты фиксировались Л.П. Рихвановым, С.И. Сарнаевым, В.В. Архангельским.

**Радиогеохимическая типизация почв и почвогрунтов по торий-урановому отношению урбанизированных территорий промышленных районов юга Западной Сибири** позволяет отметить, что низкие содержания радиоактивных элементов в почвенном покрове характерны для фонового участка (заказник «Томский») и нефтегазодобывающего района, при этом величина торий-уранового отношения больше 5 единиц. Для почв и почвогрунтов с нарушенным соотношением радиоактивных элементов за счёт техногенной трансформации депонирующей среды величина отношений изменяется от 2,5 до 4 единиц, что характерно для урбанизированных территорий основных промышленных районов: нефтехимического, металлургического, угледобывающего, с предприятиями ядерно-топливного цикла и сельскохозяйственного назначения. Для почв сельскохозяйственного района величина торий-уранового отношения равна 2,8 единиц, что в какой-то мере определяется применением минеральных удобрений. Почвы

горнодобывающего (железородного) района характеризуются повышенными содержаниями урана и тория, при величине торий-уранового отношения равным 3,2 единиц. Для почвогрунтов территории района машиностроения и металлообработки устанавливаются повышенные значения урана при средних концентрациях тория, что соответствует величине Th/U отношения меньше 2 единиц.

**Минеральный состав почв и почвогрунтов** урбанизированных территорий сложный и по результатам рентгенофазового анализа в них выделяется преимущественно природная составляющая. Исследование почв различных территорий позволяет отметить близость их минерального состава. Так, в почвогрунтах угледобывающего района устанавливаются кварц, альбит, гематит (гётит), кальцит, гипс, каолинит, слюда, монтмориллонит, тогда как в пробах почвогрунтов многопрофильного производства фиксируется кварц, альбит, микроклин, гематит, слюда, хлорит, монтмориллонит, каолинит и гипс. Почвогрунты промышленной территории района машиностроения и металлообработки характеризуются также близким составом и включают кварц, альбит, микроклин, слюда, каолинит, гематит и хлорит. В данном случае техногенная составляющая занимает незначительную часть в общем объеме пробы и без специальной пробоподготовки эту компоненту определить трудно.

Детальное изучение минерального состава проб почв из района с размещением предприятия ядерно-топливного цикла современными методами анализа показало, что они содержат наряду с частицами природного характера (кварц, плагиоклаз, иллит-монтмориллонит, гидробиотит и хлорит) и техногенные образования. По данным рентгенофазового анализа установлено техногенное вещество, представленное мелкими металлическими сферическими частицами магнезиоферрита, в тесной ассоциации с которым наблюдается в небольшом количестве гематит. Почва в просвечивающем и растровом электронном микроскопе представляет собой смесь минералов, среди которых отмечаются частицы кварца, слоистого алюмосиликата, полевого шпата, асбеста, тодорокита и углеродистого вещества. Наряду с этим установлены микродифракционные картины для муллита, графита, асбеста, бадделеита и тэнита.

**На геохимические особенности почвогрунтов** угледобывающего района Кузбасса существенное влияние оказывает угольная индустрия с воздействием разрезов, шахт и котельных, что особенно проявляется присутствием углерода общего и органического в основной депонирующей среде. Почвогрунты урбанизированной территории сложного района Кузбасса (г. Новокузнецк) с литейным производством Кузнецкого металлургического комбината характеризуются наличием Sb, Ca, Ba, Au, Lu, As, La, Sm. В данном случае большая доля элементов в почвогрунтах территории связана с металлургическими шлаками, которые используются для планировки территории. На почвы горнодобывающего района Хакасии сказывается влияние специфики добываемых руд, которая проявляется в геохимических особенностях почвенного покрова с присутствием Co, Fe, Cr и Cs. Геохимической особенностью почв района с предприятиями ядерно-

топливного цикла являются повышенные коэффициенты концентраций Lu, Zn, F, а для нефтехимического производства присутствие Br и Sb.

Характерные типоморфные элементы и минеральные образования в компонентах природной среды урбанизированных территорий различных промышленных районов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Типоморфные элементы и минеральные образования в компонентах природной среды урбанизированных территорий промышленных районов

Районы	Типоморфные элементы, минералы и минеральное вещество		
	Элементы		Минералы и минеральное вещество
	Снег	Почва и почвогрунты	
НГДР	Br, Tb, Ba, Na, Si	Tb, Rb, Hf	Сажа, кварц
УДР	Ta, As, Au, Y, Zr, Yb, Sr, La, Sm, Th, Al, P, V, Собщ., Scульфид., Собщ., Соорг.	Zr, As, Ta, Y, Au, Собщ., Scульфид., Собщ., Соорг. Sc, Sb, Tb, Hf, Ce, Nb, Be	Угольная пыль, муллит
ГДР	U, Co, Fe, Ca	Fe, Co, U, Rb, Sc, Cs, Ta, Ce, V, Li, Th	Окислы и гидроокислы железа
РММО	Fe, Mn, Cr, Ni, Hg, Mo, W, Sb, Th,	Fe, Cr, Mn, Ni, Hg, U, Al, K, Mg, Co, Se	Магнезиоферрит, металлические частицы
РРП	Pb, Cu, Mo, W, K, Mg, Na, Ca, Ba, Ni, Au, Hf, La	Cu, Mo, Pb, W, P, Cd, Sn, Y, Ga, Hg	Муллит, магнезиоферрит
РЯТЦ	Lu, F, Zn, U Cs,	Lu, Zn, F	Графит, оксиды урана, марматит
РНХП	Br, Sb, Ba, Tb	Br, Sb, Sr, V, гептан, бенз[a]пирен	нет данных
РРМП	Ta, Co, Sc, Sb, Ag, U, Ce, Eu, Lu, Au,	нет данных	нет данных
РМП	нет данных	Ca, As, Sb, Ba, Sm, Au, La, Lu, Cr, Li, Pb	Магнезиоферрит
ТЭК	Na, Ba, Sb, La, Sm, Yb, Lu, U, Ta	Нет данных	Муллит, магнезиоферрит
СХР	Na, As, Ba	Na, As, Yb, Mn, Sr, Cr, Co, Ni, Sc, Mo	Гидроокислы железа

*Примечание: районы: НГДР - нефтегазодобывающий; УДР – угледобывающий; ГДР – горнодобывающий (железорудный); РММО – машиностроения и металлообработки; РРП – многопрофильного производства; РЯТЦ – с предприятиями ядерно-топливного цикла; РНХП – нефтехимического производства; РРМП – с предприятиями редкометалльного производства; РМП – металлургического производства; СХР – сельскохозяйственный; ТЭК – теплоэнергетический комплекс*

*Проведенная типизация урбанизированных территорий с разнопрофильным производством фиксирует чёткую специфику производств по химическому и минеральному составу твёрдофазных выделений в снеговом и почвенном покровах.*

**ПОЛОЖЕНИЕ 2. В зоне долговременного воздействия предприятий Томск-Северской промышленной агломерации установлена комплексная техногенная геохимическая субпровинция с ярко выраженной структурой геохимического поля, характеризующаяся повышенными уровнями накопления ряда микроэлементов, являющихся характерным для того или иного вида производств, а также специфическими геохимическими ассоциациями и формами их нахождения. Основными источниками загрязнения выступают предприятия ядерно-топливного цикла, нефтехимического производства и теплоэнергетического комплекса.**

Многолетние эколого-геохимические исследования компонентов природной среды юга Томской области позволили провести комплексную оценку и зонирование территории Томского района со сложной техногенной нагрузкой. В пределах Томского района расположено значительное количество предприятий и два крупных промышленных центра: гг. Томск и Северск, где проживает более половины населения области. С учетом промышленности города Томска, число промышленных объектов на территории района достигает около 400 единиц и зарегистрировано 778 сельскохозяйственных предприятий. Большая часть населённых пунктов и социально-оздоровительных зон (профилактории, санатории, дома отдыха) сосредоточены в долинах рек Обь и Томь. На территории Обь-Томского междуречья расположен один из крупнейших в России подземный водозабор, снабжающий питьевой водой г. Томск. На правом берегу р. Томи находятся два крупных площадных водозабора подземных вод г. Северска. Кроме этого, в населённых пунктах имеется множество небольших водозаборов и одиночных эксплуатационных скважин. Такое расположение населённых пунктов района предопределило очаговый характер консолидирования экологических проблем. Основным узлом существования сложных экологических проблем Томского района является так называемый Северный промышленный узел (СПУ), охватывающий территории север-северо-восточного и частично восточного сектора относительно Томск-Северской промышленной агломерации.

Потенциальную опасность для окружающей среды на территории Томск-Северской промышленной агломерации представляет крупнейший в России завод по производству оружейного плутония и обогащенного урана Сибирский химический комбинат (СХК). Комбинат включает реакторное, радиохимическое и металлургическое производства, а также 5 промышленных реакторов (из которых эксплуатируются два), 50 хранилищ жидких и твердых радиоактивных отходов и скважины, через которые производится закачка в подземные горизонты жидких радиоактивных отходов (Рихванов, 1997; Экологический ..., 2002). Наиболее напряженными секторами являются северо-восточный и юго-западный, непосредственно прилегающие к г. Томску и

находящиеся в тридцати километровой зоне влияния предприятия ядерно-топливного цикла Сибирского химического комбината (ПЯТЦ СХК).

Следствием мощного техногенного воздействия промышленных предприятий Томск-Северской промышленной агломерации, а дополнительно к этому и трансграничное пылевое воздействие со стороны Кемеровской области, является резкое увеличение общей запыленности и загрязнения природных сред на территории Томского района. Основные ореолы пылевого загрязнения сосредоточены в зоне воздействия промышленных центров гг. Томска и Северска, при этом имеют преимущественную ориентировку согласно господствующей «розе» ветров. Сравнительный анализ уровней накопления урана и тория на разных удалениях (зоны: 30, 50 и 100 км) и направлениях (сектора) от Томск-Северской промышленной агломерации позволяет фиксировать повышенные концентрации U и Th в ближней зоне, где величины общей нагрузки при среднесуточном выпадении радиоактивных элементов составляют для урана  $0,36 \text{ г/км}^2 \times \text{сут}$  и тория  $1,33 \text{ г/км}^2 \times \text{сут}$ , при фоновых –  $0,001 \text{ г/км}^2 \times \text{сут}$  и  $0,017 \text{ г/км}^2 \times \text{сут}$ , соответственно.

**Радиогеохимическая характеристика твёрдого осадка** снегового покрова территорий фоновых районов и в зоне воздействия Томск-Северской промышленной агломерации показала, что по величине торий-уранового отношения населённые пункты подразделяются на четыре группы. В первую группу с величиной Th/U отношения более 5 единиц падают фоновые территории с низкими концентрациями радиоактивных элементов. Во вторую группу с величиной Th/U менее 2 единиц входят населённые пункты, которые характеризуются урановой природой твёрдофазных выделений снегового покрова. Как ранее отмечалось, они попадают в дальнюю зону воздействия СХК за счёт высокой летучести гексафторидов урана. Третья группа характеризуется смешанной торий-урановой природой (Th/U от 2 до 5 единиц), для населённых пунктов, в которых фиксируются разнопрофильные производства. Группа повышенных значений концентраций тория (Th/U более 5 единиц) характеризует территории сельских населённых пунктов ближней зоны воздействия Томск-Северской промышленной агломерации.

Распределение элементов по площади позволяет видеть масштабы и геохимическую специфику воздействия промышленных предприятий Томск-Северской промышленной агломерации на окружающую среду, совпадающей с главенствующей «розой» ветров для брома, а также редких (Cs, Sr) и редкоземельных элементов (La, Ce, Yb и Lu). По величине индикаторного отношения суммы лёгких лантаноидов к тяжёлым (La+Ce/Yb+Lu) фиксируется ореол с максимальными значениями в северо-восточном и юго-западном направлениях. Ореолы имеют вытянутые формы в направлении основной «розы» ветров, причем четко выделяются зоны воздействия промышленных предприятий гг. Томска и Северска.

Полученные данные на примере Сибирского химического комбината показывают, что влияние данного объекта с его мощным топливно-энергетическим комплексом выходит далеко за пределы санитарно-защитной зоны предприятия. Внешние контуры аномалий распространяются от СХК на

расстояние 10–15 и более километров. Пространственное расположение зон пылеаэрозольного загрязнения относительно СХК различно, причем ореолы многих элементов простираются на восток, юго-восток и даже на юг. Формирование таких ореолов, не согласующихся с направлением основной «розы» ветров, обусловлено непрерывным воздействием промышленных предприятий независимо от иных направлений ветра. Анализируя деятельность основных промышленных предприятий на территории Томского района, можно выделить некоторые индикаторные элементы для производств: ТНХК – Sb, Br; выбросы промышленных предприятий г. Томска – Sc, Hf, Ba, Sm, Co, Cr; выбросы СХК – Lu, U, F. Максимальное влияние СХК на окружающую природную среду распространяется в направлении главенствующей «розы» ветров. Ореолы локализации повышенных концентраций коррелируют с таковыми для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{60}\text{Co}$  в пылеаэрозольных выпадениях на чердаках домов территории Томского района (по материалам Г.Г. Глухова, В.Г. Меркулова и др.).

**Исследования различных живых организмов**, в том числе и биосубстратов человека в зоне влияния Томск-Северской промышленной агломерации показали, что изменения отражаются в элементном составе самых разных биологических сред (Москвитина, 1999; 2000; Бабенко, 2000; Куранова, 1992, Kuranova at al., 2003; Барановская, 2003 и др.). Работами различных авторов установлено, что элементный состав волос является наиболее информативным и отражает специфику техногенных ореолов загрязнения (Clemente et al., 1977; Саэт и др., 1981; Кист, 1987; Юдина, 1988; Ревич, 1988; 1990; Геохимия ..., 1990 и др.). Проведённый нами (Барановская, 2003; Барановская и др., 2004 и др.) пространственный анализ содержания микроэлементов в волосах детей зоны влияния Томск-Северской промышленной агломерации показывает их неравномерное распределение по площади. Причём выделяются две группы элементов, из которых к первой относится хром, железо, кобальт, гафний и скандий, а вторая характеризуется лутецием, ураном, бромом и сурьмой. Подтверждение факта техногенного влияния на содержание элементов в волосах человека наблюдается при рассмотрении их пространственного распределения на территории Томского района. Максимальное содержание урана в волосах детей характерно для населённых пунктов, попавших под влияние аварии 1993 года на Сибирском химическом комбинате – Георгиевка, Наумовка, Черная Речка-Юкса, где ореол распространения вытянут по основной «розе» ветров. Пространственное изменение торий-уранового отношения в составе волос детей на изученной территории подчеркивает восток-северо-восточное направление по преимущественной «розе» ветров, а также распространяется на юго-запад, что в целом согласуется с ранее полученными выводами. Рассматривая отношение  $\text{Th/U}$ ,  $\text{La/Yb}$ , суммы легких лантаноидов ( $\text{La+Ce}$ ) к тяжелым ( $\text{Lu+Yb}$ ) в волосах детей можно отметить, что наблюдается их уменьшение от ближних зон относительно Томск-Северской промышленной агломерации к дальним в северо-восточном направлении согласно основной «розы» ветров. Максимальные значения (45 единиц) отношения легких лантаноидов к тяжелым

(La+Ce/Yb+Lu) характерны для районов, непосредственно прилегающих к основному источнику техногенного воздействия, а минимальные (менее 15 единиц) – для населенных пунктов, расположенных в дальней зоне влияния по основной «розе» ветров. Полученные данные удовлетворительно коррелируют с результатами исследований пылеаэрозольных выпадений в снеговом покрове.

**Выше фоновых содержаний в почвах** в зоне влияния Томск-Северской промышленной агломерации фиксируются повышенные концентрации U,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $\text{Cs}^{137}$  и  $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$ , а также отмечаются пониженные значения отношений  $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$  и Th/U (Рихванов, 1997; Архангельский и др., 2001; Языков и др., 2006). Отмечается большое количество микровключений "горячих" частиц делящихся элементов ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и др.), выявляемых методом осколочной f-радиографии (рис. 7).

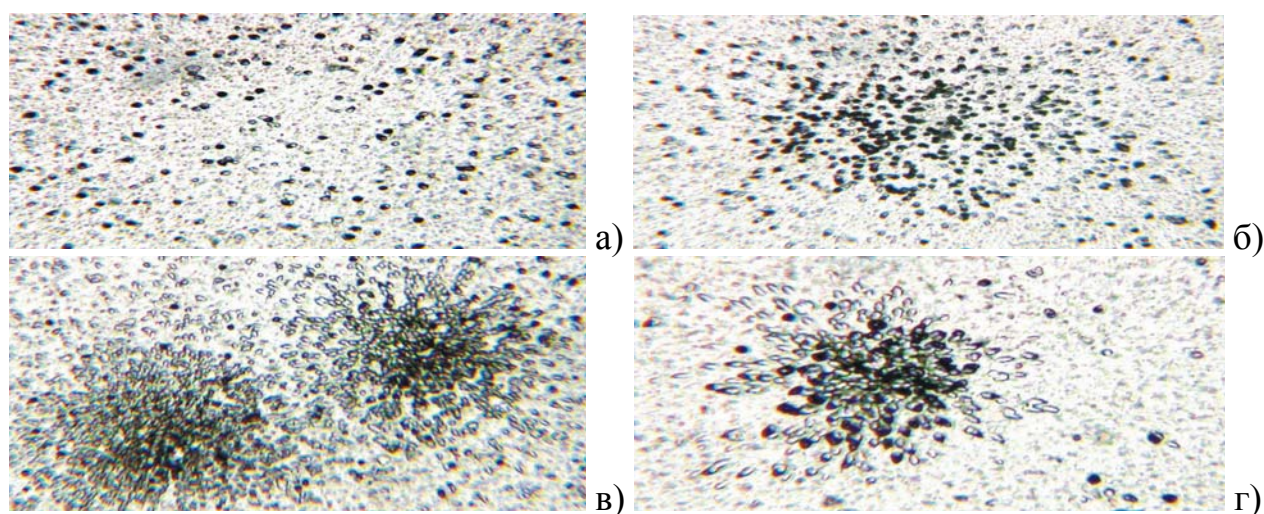


Рис. 7. Характер распределение треков от осколков делящихся элементов в почвах и почвогрунтах. Детектор лавсан. Увел.  $160-180\times$ :  
*а) равномерное; б) отдельные скопления; в-г) «звёзды» в виде микровключений радиоактивных элементов в районе с предприятиями ядерно-топливного цикла*

Радиогеохимическая типизация урбанизированных территорий населённых пунктов в зоне влияния Томск-Северской промышленной агломерации по торий-урановому отношению в почвах и почвогрунтах позволяет выделить несколько областей, характеризующие специфические особенности содержания радиоактивных элементов в почвенном покрове. В область с повышенным содержанием урана и пониженными значениями торий-уранового отношения (меньше 3 единиц) в почвах попадают населённые пункты преимущественно ближней зоны воздействия СХК (сс. Георгиевка, Наумовка, Борики, Поросино и др.). Для области со смешанной природой торий-уранового отношения (от 3 до 5 единиц) в почвах характерно для урбанизированных территорий с разнопрофильным производством (гг. Томск, Стрежевой, Северск и др.). Величина Th/U отношения в почвах значительно выше 5 единиц, что соответствует ториевой природе, характерно для населённых пунктов преимущественно фоновых районов (заказник «Томский», с. Ипатово и др.).

**Впервые в качестве депонирующей среды** для оценки экологического благополучия используются солевые отложения (накипь) питьевых вод на теплообменной аппаратуре (Рихванов, 1997; Язиков и др., 2004). Изучение характера пространственного распределения химических элементов в солевых образованиях на территории зоны влияния Томск-Северской промышленной агломерации показывает, что в восточной части территории выделяется зона с повышенной концентрацией урана в накипи (сс. Новорождественское, Мазалово). В данном случае аномальная концентрация радиоактивного элемента имеет природное происхождение, обусловленное наличием в данном районе (на глубине водоносного горизонта питьевых вод) ураноносных бурых углей (рис. 8 а). К этому ореолу урана пространственно тяготеют повышенные концентрации церия (рис. 8 б), лантана, скандия, иттербия и лютеция. В тоже время, повышенные концентрации урана и церия в накипи территории северо-восточного сектора (с. Чёрная Речка-Юкса) обусловлены техногенными источниками, которыми являются предприятия Томск-Северской промышленной агломерации. В данном населённом пункте используют воды для питьевых нужд из верховодки. Воды верховодки близко располагаются к поверхности и в них происходит аккумуляция загрязняющих компонентов, особенно в период массового снеготаяния, что естественным образом отражается и на содержании урана в накипи.

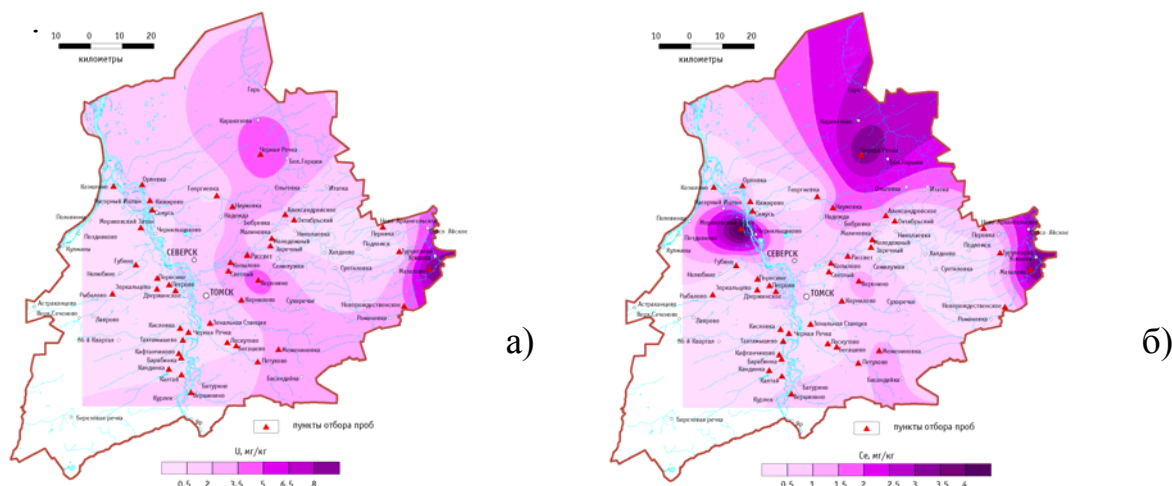


Рис. 8. Схематическая карта распределения урана (а) и церия (б) в накипи на территории Томского района

Уровни накопления редкоземельных элементов в накипи населённых пунктов с территории зоны влияния СХК характеризуются значительным присутствием редкоземельных элементов в почвах, что и отражается на составе солевых образований питьевых вод. В данном случае сказывается влияние разнопрофильного производства, вносимое значительный вклад в состав почв редкоземельных элементов, особенно от предприятий теплоэнергетического комплекса. При этом на территории п. Моряковский Затон в накипи фиксируются повышенные концентрации редкоземельных элементов, что может быть обусловлено присутствием стекольного завода, использующего материал, содержащий цирконий и другие редкие элементы.

Проведенный анализ состояния природных сред свидетельствует о сложном, сочетанном воздействии на природные среды, биоту и человека многих техногенных факторов, обусловленных деятельностью нефтехимического, ядерного, теплоэнергетического, агропромышленного и других комплексов, функционирующих как в Томск-Северской промышленной агломерации, так и за ее пределами (Кемерово-Новокузнецкая агломерация), а также факторов природного происхождения (Fe, Mn в воде и т.д.).

На основании эколого-геохимической информации можно выделить 4 зоны (сектора) техногенной трансформации природной среды Томского района в зависимости от преобладающего вида воздействия разнопрофильных предприятий Томск-Северской промышленной агломерации. Эти сектора распределяются следующим образом по степени уменьшения техногенной нагрузки и экологического неблагополучия (рис. 9): 1 – север-северо-восточный сектор (правобережье р. Томь – автотрасса Томск-Асино); 2 – северо-западный сектор (левобережье р. Томь, Обь-Томское междуречье); 3 – юго-западный сектор (левобережье р. Томь, Обь-Томское междуречье) и 4 – юго-восточный сектор, включающий в себя фоновые районы (правобережье р.Томь; Томь-Басандайское и Басандай-Яйское междуречья).

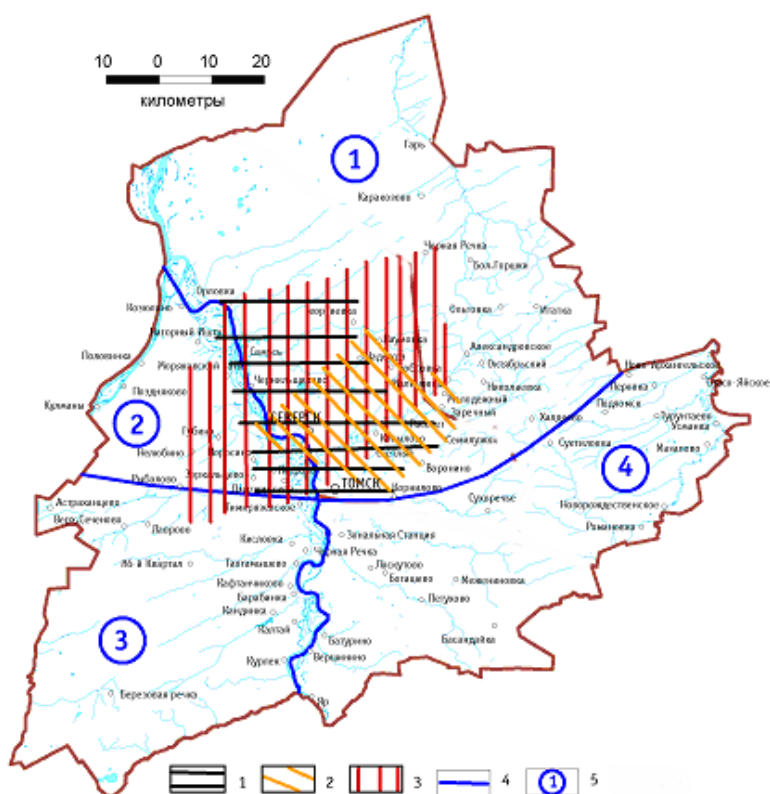


Рис. 9. Схема зонирования территории Томского района по геохимическим данным компонентов природной среды: зоны техногенной трансформации компонентов природной среды по геохимическим параметрам от влияния: 1 – предприятий теплоэнергетического комплекса; 2 – предприятий нефтехимического производства; 3 – предприятий ядерно-топливного цикла; 4 – границы секторов с разной степенью техногенной нагрузки; 5 – номер выделенного сектора

Таким образом, районирование территории Томск-Северской промышленной агломерации позволило выделить техногенную геохимическую субпровинцию, которая сформировалась под долговременным комплексным воздействием предприятий гг. Томска и Северска, в том числе Сибирского химического комбината, Томского нефтехимического комбината и теплоэнергетического комплекса. Жители населённых пунктов территории воздействия промышленных предприятий проживают в зоне существенного риска для здоровья.

**Положение 3. Оценка степени экологического состояния урбанизированных территорий определяется техногенной минеральной составляющей снега и почв, а также величиной их магнитной восприимчивости. Новый альтернативный предмет исследования – солевые образования на теплообменной аппаратуре, содержание микроэлементов, например, урана, в которых отражает качество питьевых вод и фиксирует участки экологического неблагополучия. Оценка опасности для окружающей среды отходов производства, пылеаэрозольных выпадений и загрязнённых почв устанавливается комплексным исследованием, включающим геохимические методы и методы биотестирования.**

Эколого-геохимическая оценка состояния урбанизированных территорий требует более совершенных и экспрессных методов, которые позволяли бы комплексно оценивать изучаемые объекты. Данное защищаемое положение базируется на основе новых методов, которые учитывают как вещественный состав твёрдофазных выделений, так и основываются на магнитных свойствах техногенной составляющей.

**Вещественный состав твёрдофазных выделений** снегового покрова урбанизированных территорий различных промышленных районов с разной степенью техногенной нагрузки отличается по соотношению частиц природного и техногенного происхождения, а также определяется спецификой локальных источников загрязнения и ореолами распространения характерных образований. Данное положение было подтверждено многочисленными исследованиями снегового покрова на различных урбанизированных территориях, что позволило получить патент на изобретение «Способ определения загрязнённости снегового покрова техногенными компонентами» (патент № 2229737).

**На ряде урбанизированных территорий в почвенном покрове** были установлены хорошо сохранившиеся металлические микросферулы магнетиоферрита черного цвета размером в диаметре от сотых долей до 1 мм. Последующее их исследование на микроэлементном уровне с помощью лазерного микроанализатора (LMA-10) и микрозонда MS-46 К.А.М.Е.К.А. помогло установить в них преобладание железа, марганца, титана, алюминия и кремния. Их пространственное картирование позволило выделить участки загрязнения металлическими микросферулами. Ореолы повышенных значений загрязнения характеризуются величинами 3–15 % от общего количества

твёрдофазных выделений, а аномальные – более 15 %. Для участков максимального загрязнения устанавливаются значения более 25 %, что отражает специфику предприятий с его чугунолитейным производством. Ореолы распространения частиц данного типа установили площади загрязнения и предприятия-загрязнители на данной территории, в которых присутствует литейное производство. Данное положение послужило основой оформления патента на «Способ определения загрязненности почвенного покрова техногенными компонентами» (патент № 2229737).

**Величина магнитной восприимчивости фоновых почв** Западной Сибири, установленных нашими исследованиями, изменяется от 20 до  $40 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ при среднем значении равном  $32 \pm 8 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ, что близко для почв различных природно-климатических зон, полученных В.М. Овсянниковым (1991). В ходе исследований было установлено, что величина магнитной восприимчивости в естественных серых лесных почвах фоновых районов с глубиной закономерно возрастает (рис. 10 а), что соответствует элювиальному типу профильного распределения соединений железа согласно классификации В.Г. Розанова (1975). Характеристику профильного распределения железа ещё использовали со времён В.В. Докучаева при рассмотрении вопросов генезиса, а процесс оксидогенеза железа хорошо изучен И.П. Герасимовым (1973), М.А. Глазовской (1988), Ю.Н. Водяницким (1992; 2003) и другими. Известно, что величина магнитной восприимчивости зависит от содержания в пробах ферромагнитных и парамагнитных ионов (Fe, Mn, Co, Cr, Ni, TR), а также связана с присутствием магнитных фаз (Бронштейн, 1954; Ерофеев и др., 2006). Величина магнитной восприимчивости по почвенному профилю фиксирует сильноаккумулятивный слой в верхней части разреза на техногенно загрязнённых территориях (рис. 10 б). В данном случае в верхнем почвенном горизонте устанавливается повышенная магнитная восприимчивость, которая определяется наличием веществ как ферромагнитного состава, так и тяжёлыми металлами, что установлено для многих урбанизированных территорий (Геохимия ..., 1990).

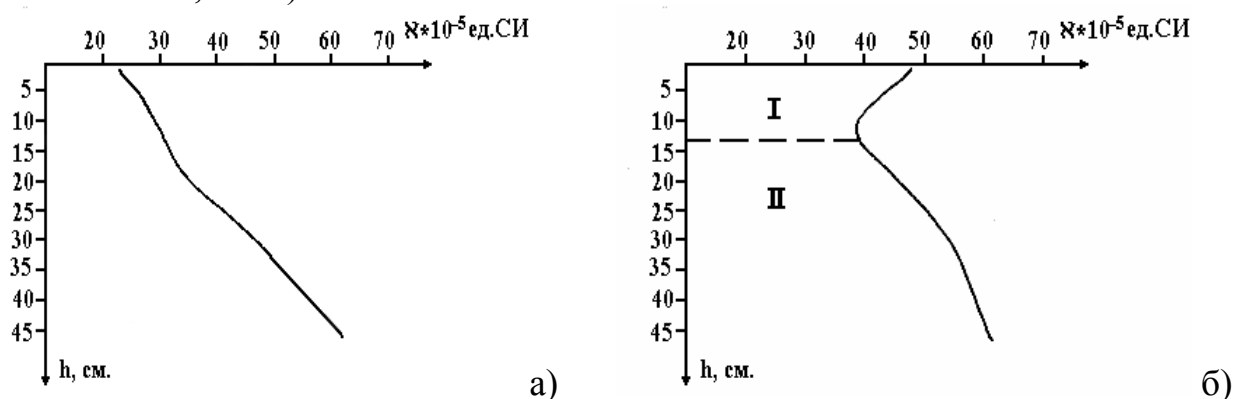


Рис. 10. Усредненные графики изменения магнитной восприимчивости с глубиной в серых лесных почвах фоновых районов (а) и почвогрунтах техногенно загрязненных территорий (б)

Результаты исследований почвогрунтов урбанизированных территорий различных промышленных районов показывают, что величина магнитной

восприимчивости возрастает от нефтегазодобывающего района ( $28 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ) к району машиностроения и металлообработки ( $1358 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ), где имеются чугунолитейные производства. Метод измерения магнитной восприимчивости (каппаметрия) твёрдого осадка снега, почв и почвогрунтов позволил установить, что на ранней стадии эколого-геохимических исследований возможно экспрессно определять загрязнённость снегового и почвенного покровов тяжёлыми металлами группы железа (железо, никель, кобальт) на территориях промышленных предприятий и населённых пунктов. *Данные положения были оформлены в виде патентов на изобретения «Способ определения техногенной загрязнённости снегового покрова тяжёлыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель)» (патент № 2176406) и «Способ определения техногенной загрязнённости почвенного покрова тяжёлыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель)» (патент № 2133487).* Ореолы повышенных значений загрязнения характеризуются величинами более  $30 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ магнитной восприимчивости, а аномальные – более  $60 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ. Участки максимального загрязнения характеризуются значениями более  $300 \cdot 10^{-5}$  ед. СИ, что отражает специфику предприятия.

*Таким образом, представленные методы экспрессной оценки на основе изучения минерального состава твёрдофазных выделений снега и почв, а также их магнитных свойств, являются составной частью эколого-геохимического и многоцелевого минералого-геохимического картирования. Результаты исследований направлены на совершенствование методологии геоэкологического мониторинга.*

**При эколого-геохимических исследованиях компонентов природной среды,** исходя из опыта проведения таких работ М.А. Глазовской (1988), Ю.Е. Саеом (Геохимия ..., 1990), А.Л. Ковалевским (1991), Н.С. Касимовым (Экогеохимия ..., 1995) и многими другими исследователями, наиболее информативным считается изучение снега, почв, донных отложений, растений и воды. Нами предлагается дополнительная депонирующая среда, представленная солевыми образованиями питьевых вод в виде накипи на поверхности теплообменной аппаратуры. Образование накипи по своей физико-химической природе является сложным процессом кристаллизации, состоящим из трёх основных стадий: достижение состояния перенасыщения, образование центров кристаллизации и рост кристаллов (Melikhov, Prisyazhniuk, 1979). При кипении воды в результате испарения концентрация ионов постепенно возрастает и по истечении определённого времени достигается состояние перенасыщения. Дальнейшее увеличение концентрации этих ионов приводит к выделению из раствора мельчайших кристалликов – центров кристаллизации, являющихся основой будущей накипи. Образование центров кристаллизации наиболее интенсивно происходит в пристенном слое из-за большой концентрации солей, которая здесь достигается вследствие более интенсивного парообразования. Далее процесс кристаллизации сопровождается ростом кристаллов и происходит в двух направлениях: во-первых, выделение твёрдой фазы непосредственно на поверхности нагрева с образованием накипи и, во-вторых, выделение твёрдой фазы в объёме воды в виде мельчайших

кристалликов, затем укрупняющихся и образующих шлам. Исходя из теории электролитической диссоциации, применительно к процессу кристаллизации, является утверждение о том, что в растворе, состоящем из любого набора ионов, в первую очередь будет кристаллизоваться та соль, которая имеет самое низкое произведение растворимости (растворимость) в данных термодинамических условиях. Соответственно, в обычных условиях основной солью, кристаллизующейся на поверхности теплообменной температуры, является карбонат кальция, практически всегда содержащийся в воде природных источников. С ростом температуры растворимость карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) не растёт, как у большинства солей, а снижается (Gromoglasov et al., 1990). Карбонат кальция – главный виновник появления накипи. Он может кристаллизоваться в двух модификациях: кальцит и арагонит. У арагонита более высокая растворимость, ниже адгезия (прилипание) со сталью и ниже когезия (слипание) между кристаллами. То есть, арагонит, даже после кристаллизации на поверхности, будет уноситься потоком жидкости в виде отдельных кристаллов.

Накипь вод Томской области представляет собой по существу карбонатные образования. По данным рентгенофазового анализа установлено, что основная масса накипи представлена кальцитом и арагонитом. В настоящее время хозяйственно-питьевое водоснабжение как городских, так и сельских населённых пунктов области базируется на эксплуатации месторождений подземных вод водоносных комплексов неоген-четвертичных, палеогеновых, меловых и палеозойских отложений. Использование подземных вод неоген-четвертичных отложений ограничено, а воды меловых отложений обеспечивают, главным образом, нужды производственно-технического водоснабжения. Основой водоснабжения является водоносный комплекс палеогеновых отложений, развитых практически по всей территории Западно-Сибирской плиты.

Сопоставляя средние содержания элементов в накипи населённых пунктов в целом для Томской области, Томского района и г. Томска следует отметить, что специальная водоподготовка на Томском водозаборе практически решает задачу по снижению основных химических элементов в солевых образованиях воды (Покровский и др., 2002). Тогда как в целом для накипи Томской области отмечаются повышенные концентрации Cr, Co, As, Sb, а также отдельных элементов из групп редких (Rb, Sc, Hf, Ta), редкоземельных (Eu, Lu) и радиоактивных (U, Th). Использование вод для питьевых нужд в населённых пунктах Томского района из различных водоносных горизонтов позволяет в накипи фиксировать элементы хоть и в меньших количествах, чем для Томской области, но значительно превышающие средние содержания для Томска. Потребление вод населением, как отмечалось выше, проводится из различных водоносных горизонтов, а в отдельных случаях в сельской местности используется для питьевых целей воды верховодки. В накипи населённых пунктов с индивидуальным водоснабжением из слабо защищённых горизонтов содержание микроэлементов (Na, Sc, Cr, Co, As, Sm, La, Ce, Eu, Tb, Yb, Lu, U,

Th и Вг), как правило, значительно выше, чем в случае эксплуатации более глубоких водоносных горизонтов.

Анализ материала показывает, что из солевых отложений всех изученных населенных пунктов Томской области по содержанию урана выделяются с. Семеновка, у жителей которой в накипи посуды устанавливаются в повышенных концентрациях радиоактивные элементы (U – 5,7 мг/кг и Th – 2,2 мг/кг) и отдельные тяжелые металлы Ni – 2308 мг/кг, Co – 379,7 мг/кг. При этом специфической особенностью солевых отложений данного населенного пункта является присутствие в максимальных количествах всех изученных редких (Ta и Hf) и редкоземельных (Ce, Sm, Eu, La, Tb, Yb, и Lu) элементов относительно других населенных пунктов. Кроме выше указанного села, характеризуются повышенными концентрациями U – 3,2 мг/кг солевые отложения в посуде жителей с. Новониколаевка. По величине Th/U отношения менее единицы, характеризующее урановую природу (Смыслов и др., 1974), выделяются населенные пункты с. Новониколаевка и с. Семеновка, а по индикаторному отношению суммы легких (La+Ce) лантаноидов к тяжелым (Yb+Lu) наименьшая величина (10,7 единиц) равна для солевых отложений с. Семеновка. Высокие концентрации урана в карбонатных солевых образованиях из посуды жителей двух населенных пунктов (с. Семеновка и с. Новониколаевка) сопоставимы с уровнями концентрации радиоактивного элемента в жильных кальцитах гидротермальных урановых месторождений, локализованных в терригенно-карбонатно-сланцевой толще нижнего палеозоя (среднее 3 мг/кг при разбросе значений от 0,7 мг/кг до 6,2 мг/кг) и в известняках нижнего кембрия (среднее 1,3 мг/кг при разбросе значений от 0,5 мг/кг до 4 мг/кг) (Рихванов, Язиков и др., 1986). Следует также учитывать, что миграция урана происходит, главным образом, в водной среде, где, за исключением анаэробных условий, уран присутствует в форме уранил-иона  $(\text{UO}_2)^{2+}$  и его комплексных уранил-карбонатных анионов двух видов: дикарбонат-уранила –  $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})]^{2-}$  и трикарбонат-уранила –  $[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]^{4-}$  (Наумов, 1978). Основным фактором, контролирующим содержание урана в природных водах зоны аэрации, являются сорбционные процессы. Рядом исследователей было показано, что сорбция шестивалентного урана на карбонате кальция линейно зависит от величины отношения активностей ионов  $\text{UO}_2^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  в соответствии с реакцией, протекающей на поверхности твердой фазы (Савенко, 2001).

Присутствие урана и редких земель в накипи из посуды жителей с. Семёновка характеризует естественную ассоциацию этих компонентов, что обусловлено наличием в водоносном горизонте бурых углей, содержащих повышенное содержание урана и ряда редких и редкоземельных элементов. Так по данным В.В. Пономаренко (Пономаренко, 1961ф) мощность бурых углей на данной площади достигает несколько метров и занимает площадь около 15 км<sup>2</sup>. Обогащение ураном пласта угля очень неравномерное как по простиранию, так и по мощности. Максимальная мощность экспозиционной дозы гамма-излучения составляет 208 мкР/ч, причем мощность активного интервала колеблется от 0,1 до 1,8 метров при максимальном содержании урана 0,036%.

Минеральная форма не установлена. Аномальные содержания урана приурочены к разным частям пласта и спектральным анализом установлено в золе угля следующие содержания элементов: Ni – до 0,3%, Co до 0,3%, V до 0,1%, Sr до 0,3%, Y до 0,1%, Yb до 0,03%, Sc до 0,03%, Ga до 0,01% и сумма TR до 0,04%. Скважина питьевого водоснабжения в данном населенном пункте заложена вблизи горизонта бурых углей и воды характеризуются повышенной концентрацией урана 1,93 мкг/л.

Радиогеохимическая типизация накипи позволяет выделить четыре области с нарушенным соотношением радиоактивных элементов (рис. 11). Первая область характеризуется низкими значениями урана и тория при величине Th/U отношения в пределах 0,01–1,0 единиц. В данную область попадают населённые пункты, жители которых используют питьевые воды как наиболее глубоких водоносных горизонтов, так и прошедшие предварительную водоочистку на водозаборе (г. Томск, п. Тимирязево и др.). Данные значения условно можно принять за фоновые показатели. Вторая область характеризует накипь, в которой устанавливаются повышенные значения урана при низких концентрациях тория с величиной Th/U отношения менее 0,01 единиц. В данном случае основной вклад урана вносит как природная составляющая в Томском регионе, обусловленная наличием водоносного горизонта в близком расположении угольных пластов, так и техногенная в случае Челябинской области. Третья область (Th/U отношение от 0,1 до 1 единицы) обусловлена повышенными уровнями накопления радиоактивных элементов за счёт природных геологических условий формирования питьевых вод (с. Семеновка) и техногенной составляющей. В четвертую область (Th/U отношение более 1 единицы) попадают объекты, характеризующиеся ториевой природой соотношения радиоактивных элементов.

Пространственное распределение урана в накипи на территории юга Томской области показывает, что в ряде случаев в них просматривается некоторая особенность, позволяющая утверждать, что в восточной части территории выделяется зона с повышенной концентрацией урана в накипи (сс. Новорождественское, Мазалово), которая имеет природное происхождение, обусловленное наличием в данном районе (на глубине водоносного горизонта питьевых вод) ураноносных бурых углей. Это было отмечено ранее для с. Семёновка (Пономаренко, 1961ф; Рихванов, 1997; Язиков и др., 2004). В то же время на схеме в центральной части в накипи населённых пунктов (сс. Копылово, Светлый, Воронино), использующие питьевые воды трещинного типа палеозойских отложений, фиксируются повышенные концентрации урана. В северной части территории выделяется участок загрязнения, который связан с использованием питьевых вод верховодки жителями с. Чёрная Речка-Юкса. Воды верховодки близко располагаются к поверхности и в них происходит аккумуляция загрязняющих компонентов в период массового снеготаяния, что естественным образом отражается и на содержании урана в накипи.

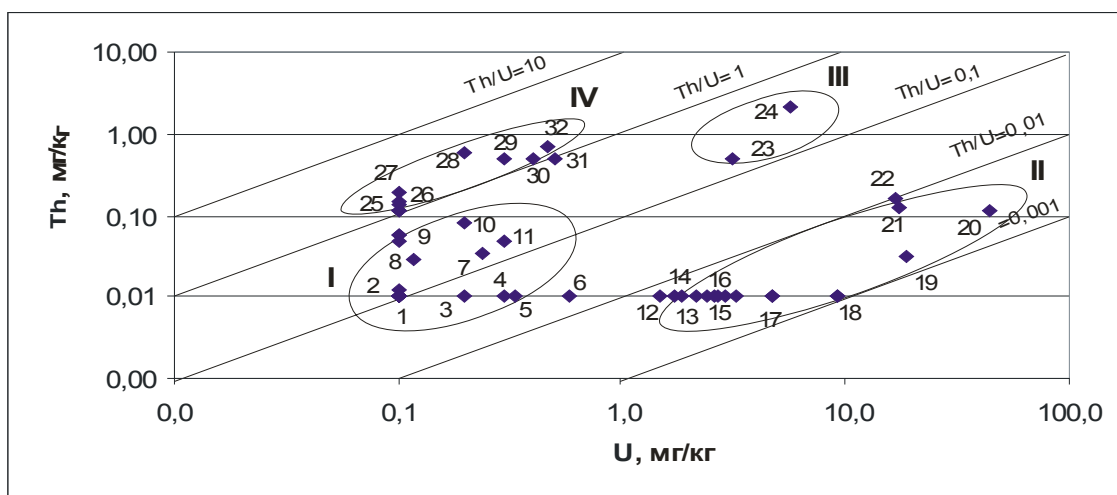


Рис. 11. Радиогеохимическая типизация населённых пунктов Томской и Челябинской областей по величине Th/U отношения в накипи: I – Th/U 0,01–1,0: 1 – сс. Губино, Поросино, Петрово, Чёрная Речка, Тахтамышцево, Барабинка; 2 – сс. Тимирязево; 3 – Октябрьское; 4 – Лоскутово; 5 – Богашово; 6 – Зональный; 7 – г. Томск; 8 – Самусь; 9 – Рыбалово; 10 – Молодёжный; 11 – Заречный; II – Th/U < 0,01: 12 – сс. Вершинино; 13 – Кижирово; 14 – Петухово; 15 – Корнилово; Рассвет; Межениновка; 16 – Копылово; Новорождественское; 17 – Воронино; 18 – Чёрная Речка-Юкса; 19 – с. Зайково (Курганская обл.); 20 – с. Муслумово (Челябинская обл.); 21 – с. Аргаяш (Челябинская обл.); 22 – с. Худайбердинск (Челябинская обл.); III – Th/U 0,1–1,0: 23 – сс. Новониколаевка; 24 – Семёновка; IV – Th/U > 1: 25 – сс. Зоркальцево, Новоархангельское; 26 – Кафтанчиково; 27 – Турунтаево; 28 – Моряковский Затон; 29 – Коломинские Гривы; 30 – Бундюор; 31 – Филимоновка; 32 – Комсомольск

*Особенности накопления урана в накипи на территории юга Томской области позволили оформить заявку на изобретение (№ 2005120840 от 09.08.2005г.), задачей которого является разработка способа выявления прогнозных площадей с возможной локализацией месторождений урана и населённых пунктов с экологическим неблагополучием. Способ позволяет выявлять площади на стадии региональных или локальных эколого-геохимических исследований.*

**Общеизвестно, что всевозможные загрязняющие вещества, попадая в окружающую среду, могут претерпевать в ней различные превращения. При этом усиливая или уменьшая свое токсическое действие, увеличивая тем самым количество различных вступающих в контакт с человеком химических веществ. По этой причине необходимы методы интегральной оценки качества среды (воды, почвы, воздуха) и определения влияния на живые существа. Огромную роль при этом играют методы биотестирования, применяемые различными исследователями И.А. Рапопорт (1966); Р.К. Лежачус (1983); Н.П. Дубинин (1986); Н.С. Жмур (1997); М.И. Евгенийев и др., (1999); Н.Г. Булгаков (2003); В.А. Терехова (2003) и др. Аргументами в обосновании целесообразности широкого применения биотестирования являются универсальность, экспрессность, простота, доступность и дешевизна. Несмотря на то, что биотестирование не указывает причины токсичности, оно дает возможность**

прогнозировать воздействие объектов на биоту. В основном методы биотестирования применяются для анализа индивидуальных соединений или водных сред, однако, в последнее время объектами исследования стали и такие конденсированные среды как почвы, отходы, осадки сточных вод. Биотестирование не заменяет аналитический контроль объектов окружающей среды, а лишь дополняет его, позволяя осуществлять прогноз их влияния на живые организмы (Селивановская и др., 2001). В качестве оценки токсичности отходов горнорудного производства, почв и пылеаэрозольных выпадений нами были использованы методы биотестирования (Азарова, 2005; Азарова, Язиков, 2005; Жорняк, Язиков, 2005; Таловская, Язиков, 2005).

С учётом всего выше перечисленного было взято на «вооружение» то, что для более полной оценки необходимо использовать параллельно несколько биотест-методов. В наших исследованиях была наиболее полно оценена токсичность отходов горнодобывающих предприятий Республики Хакасия, где использованы 4 тест-объекта. Два тест-объекта применены согласно методическим рекомендациям (Критерии ..., 2001) – рачки *Daphnia magna* и инфузории *Paramecium caudatum*, а также в порядке постановки эксперимента мушки *Drosophila melanogaster* и цитогенетический анализ на культурах клеток крови человека, отражающий мутационное действие изучаемых проб (Язиков и др., 2001; 2001; 2003; Азарова и др., 2004; Азарова, 2005). Специальной универсальной методики оценки экологической опасности отходов предприятий горнодобывочной промышленности не разработано. Однако на данный момент существуют критерии отнесения отходов к классу опасности для окружающей среды, утвержденные Министерством природных ресурсов России (Критерии..., 2001). В соответствии с требованиями критериев (Критерии ..., 2001), отнесение отхода к классу практически неопасных должно быть подтверждено на основании результатов экспериментального метода биотестирования. Что же касается экспериментального метода, то предлагаемые методы биотестирования не могут в полной мере решить данную задачу. Поэтому нами, для получения необходимой и достаточно полной объективной информации об опасности отходов представляется оптимальным комплексный подход, включающий расчетный нормативный метод, использование геохимических показателей и методов биотестирования.

По данным расчетного метода (Критерии ..., 2001) величина показателя степени опасности (ПСО) всех изученных отходов горнодобывающих предприятий Республики Хакасия соответствует V классу опасности (практически неопасные) (табл. 2). По результатам геохимических данных расчет суммарного показателя загрязнения (СПЗ), который используется в практике эколого-геохимических исследований (Методические ..., 1982; Геохимия ..., 1990), позволяет ранжировать отходы горнодобывочного производства от низкой степени загрязнения (<16) до высокой (32–128). При этом устанавливаются основные элементы загрязнители, которые вносят существенный вклад в суммарный показатель загрязнения. Биотестирование отходов горнорудного производства с использованием рекомендуемых тест-объектов *Daphnia magna* Straus и инфузории *Paramecium caudatum* (Критерии...,

2001) показывает, что по первому тест-объекту не установлено биологического влияния для всех изучаемых отходов, тогда как по второму – из 11 установлено биологическое влияние для пяти. В качестве экспериментальных исследований применение биотестирования с использованием мушки *Drosophila melanogaster* позволило установить биологическое влияние из 13 отходов на 11, а в случае использования культуры клеток крови человека – из 10 на 9.

Таким образом, для получения объективной информации оценки опасности отходов для окружающей среды требуются комплексные исследования с учётом геохимических данных (величина суммарного показателя загрязнения) и методов биотестирования с использованием мушки *Drosophila melanogaster* и цитогенетического анализа.

Таблица 2. Комплексные результаты исследований отходов производства по величине ПСО, суммарного показателя загрязнения и биотестирования

Объекты	Отходы		ПСО	СПЗ	Тест-объекты			
					1	2	3	4
АООТ «Тейское рудоуправление»	Породы отвалов	Северный	6,5	27 (Cu <sub>18</sub> )	—	—	—	+
		Южный	3,5	24 (As <sub>10</sub> )	—	н.о.	+	н.о.
		Южный-1	1,5	17 (B <sub>6</sub> )	—	+	+	н.о.
		Южный-2	2,7	21 (Se <sub>23</sub> )	—	н.о.	—	н.о.
	Шлам хвостохранилища		4,2	52 (As <sub>22</sub> )	—	—	+	+
	Шлам отстойника		4,1	68 (B <sub>29</sub> )	—	—	+	+
Золошлаки		2,2	36 (As <sub>4</sub> )	—	н.о.	н.о.	+	
ОАО «Саянмрамор»	Породы отвала	№1 «грязный»	3,4	42 (Se <sub>38</sub> )	—	—	+	—
		№1 гранитный	3,1	13 (Se <sub>12</sub> )	—	—	+	+
	Шлам отстойника		3,7	84 (Cr <sub>70</sub> )	—	+	+	+
	Мраморная крошка		0,6	11 (Se <sub>10</sub> )	—	—	+	н.о.
	Золошлаки		3,1	98 (Cr <sub>12</sub> )	—	+	+	+
ОАО «Угольный разрез Чалпан»	Породы отвала		2,4	44 (Se <sub>36</sub> )	—	+	+	+
	Золошлаки		6,0	36 (B <sub>15</sub> )	—	+	+	+

Примечание: ПСО – показатель степени опасности ( $\leq 10$  – V класс – практически неопасные); СПЗ – суммарный показатель загрязнения ( $< 16$  – низкая степень загрязнения; 16–32 – средняя; 32–128 – высокая); Cu<sub>18</sub> – основной элемент загрязнитель и его кларк концентрации; «+» – наличие биологического влияния; «–» – отсутствие биологического влияния; н.о. – не определялось; тест-объекты: 1 – *Daphnia magna* Straus; 2 – инфузории *Paramecium caudatu*; 3 – мушки *Drosophila melanogaster*; 4 – цитогенетический анализ (культуры клеток крови человека)

**Положение 4. Методологические подходы к комплексной эколого-геохимической оценке урбанизированных территорий со сложным характером техногенного воздействия базируются на исследовании основных депонирующих компонентов природной среды, отбирающихся в точках сближенных в пространстве и по времени, а также**

**анализируемых на максимальный спектр химических элементов. Определение химических элементов и минеральной составляющей твердофазных выделений проводится по единым унифицированным методикам с использованием высокочувствительных методов анализа и методов экологической минералогии.**

В ходе многолетних исследований наработан определенный опыт в проведении комплексных эколого-геохимических исследований урбанизированных территорий со сложной техногенной нагрузкой. Работы включали исследования как от региональных немасштабных площадей территорий населенных пунктов в зоне воздействия разнопрофильных производств, в т.ч. и от предприятий ядерно-топливного цикла Сибирского химического комбината, так и до детальных обследований территорий городов, горно-промышленных предприятий, тепличных хозяйств и полигонов промышленных отходов отдельных предприятий Томской, Кемеровской областей, Алтайского края и Хакасии, городов Томска, Северска, Стрежевого, Междуреченска и др. (Экология..., 1994; Рихванов и др., 1993; 1996; 1996; 1996; 1997; 1998; 2000; Язиков 1994; Язиков и др., 2000; Язиков, 2001 и др.). Эти исследования базировались на общих системных экологических подходах, сформулированных Б.Г. Иоганзенем, И.П. Лаптевым и др., что и позволило выработать некоторые общие методологические подходы к проведению оценки эколого-геохимического состояния территорий со сложным характером техногенного воздействия (Рихванов и др., 1994; Язиков, 2001). При этом должны соблюдаться следующие принципы: 1). Исследования должны выполняться комплексно и базироваться на использовании геохимических и геофизических методов; 2). Оценку уровня накопления химических компонентов в различных точках территории необходимо выполнять синхронно (сближенно по времени). При этом опробование различных природных сред (снег, почва, биота и другие компоненты природной среды) следует отбирать в точках максимально сближенных в пространстве; 3). В исследование необходимо вовлекать максимальное количество депонирующих компонентов природной среды, способных сохранять загрязняющие вещества в течение длительного времени, а временные интервалы накопления можно достаточно четко устанавливать в этих компонентах (снег, почва, торф, волосы по длине их роста и т.д.) (табл. 3); 4). Отбор проб, пробоподготовку и анализ элементов необходимо проводить по единым унифицированным методикам с использованием высокочувствительных методов анализа, стандартных образцов и в аттестованных лабораториях. Следует определять максимально возможный комплекс химических элементов (тяжелые металлы, радиоактивные, редкоземельные элементы, техногенные радионуклиды и основные ароматические углеводороды) и микробиологический состав вод; 5). Одновременно с общим химическим составом следует изучать и минеральные твердофазные образования в компонентах природной среды с использованием современных методов исследований экологической минералогии (электронного микроскопа, микрозонда, лазерного микроанализа, рентгенно-фазового, дифференциально-термического и других анализов);

Таблица 3. Основные компоненты природной среды и оцениваемые показатели при эколого-геохимических исследованиях территорий

	Цель изучения	Оцениваемые показатели	Представляемый материал
Снег	Оценка уровня загрязнения атмосферы	Общая запыленность, содержание не менее 19 элементов по ГОСТу <sup>1</sup> , содержание U, Th, TR <sup>2</sup> , техногенных радионуклидов и других вредных веществ	Схемы общей запыленности; распределения ТМ <sup>3</sup> ; СПЗ <sup>4</sup> в снеговом покрове
Почва	Оценка уровня загрязнения почв	Определение МЭД <sup>5</sup> , содержание не менее 19 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, TR, техногенных радионуклидов и других вредных веществ	Схемы распределения ТМ, радиоактивности; СПЗ в почвах
Растительность	Оценка уровня загрязнения растительности	Определение содержаний не менее 19 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, TR, техногенных радионуклидов и других вредных веществ	Схемы распределения ТМ; СПЗ растительности
Биота	Оценка уровня загрязнения биомассы	Содержание не менее 19 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, TR, техногенных радионуклидов и других вредных веществ	Схемы распределения ТМ; СПЗ биомассы
Накипь	Оценка уровня загрязнения и выявления зон экологического неблагополучия природного происхождения	Определение содержания не менее 19 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, TR, техногенных радионуклидов и других вредных веществ	Схемы распределения ТМ, СПЗ солевых отложений
Донные отложения	Оценка уровня загрязнения донных отложений	Определение общей радиоактивности, содержание не менее 19 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, TR, техногенных радионуклидов и других вредных веществ	Схемы распределения ТМ, радиоактивности; СПЗ донных отложений
Вода	Оценка уровня загрязнения воды	Содержание не менее 19 элементов по ГОСТу, содержание U, Th, TR, техногенных радионуклидов и других вредных веществ	Схемы распределения ТМ; СПЗ воды

Примечание: ГОСТ<sup>1</sup> 17.4.1.02-83; TR<sup>2</sup> – редкие земли; ТМ<sup>3</sup> – тяжёлые металлы; СПЗ<sup>4</sup> – суммарный показатель загрязнения; МЭД<sup>5</sup> – мощность экспозиционной дозы.

6). Использовать геохимические (Th/U, La/Yb, La/Ce, La+Ce/Yb+Lu и др.) и биоиндикаторные (хромосомные aberrации, микроядерный тест и др.) показатели для оценки экологической ситуации в районах с наличием радиационных факторов воздействия; 7). Математическую обработку геохимической информации необходимо проводить с применением современного статистического аппарата (статистические параметры, критерии

Фишера, Стьюдента, Родионова, Колмогорова–Смирнова, Пирсона, Спирмена и др.), обращая особое внимание на достоверность полученных данных на основе нерегулярной сети опробования и малого объёма выборок; 8). Картографическую привязку точек осуществлять в единой системе координат и создание карт проводить с использованием ГИС-технологий.

*Все эти подходы использованы автором при проведении региональных и детальных комплексных радиоэколого-геохимических исследований урбанизированных территорий со сложной техногенной нагрузкой юга Западной Сибири, что позволило более объективно оценить степень техногенной трансформации изучаемых объектов исследований.*

## **Заключение**

В процессе выполнения работы установлено:

1. Комплексный подход к эколого-геохимическим исследованиям различных территорий включает гамма-радиометрические, гамма-спектрометрические, снегогеохимические, литогеохимические, гидрогеохимические и биогехимические съёмки (табл. 4). Выполнение гамма-радиометрической съёмки на площади работ позволяет фиксировать радиоактивные аномалии с повышенной природной и техногенной величиной мощности экспозиционной дозы. Спектрометрическая съёмка выявляет площади распространения природных радионуклидов (U, Th и K), а также фиксирует участки неравномерного внесения минеральных удобрений на сельскохозяйственных полях. С помощью снеговой съёмки определяем уровень запыленности и степень загрязнения в кратковременной депонирующей среде. Литогеохимическая и биогехимическая съёмки фиксируют в долговременной депонирующей среде загрязнения тяжёлыми металлами территорий городов, промышленных предприятий и сельхозугодий.

2. Методами снеговой и литогеохимической съёмок получены следующие результаты:

2.1. Изучение геохимических особенностей твёрдофазных выделений снегового покрова позволило выделить районы с размещением разнопрофильных предприятий. Районы нефтегазодобывающего комплекса характеризуются присутствием Ba, Br, Tb, Na, Si; угледобывающего – Ta, Yb, As, Sr, La, Sm, Au, Th, Al, P, V, Y, Zr, S<sub>общ.</sub>, S<sub>сульфид.б</sub> S<sub>общ.</sub>, C<sub>орг.</sub>; горнодобывающего (железорудного) – U, Co, Ca, Fe; района машиностроения и металлообработки – Fe, Mn, Cr, Mo, Ni, W, Sb, Th, Hg; района многопрофильного производства – K, Mg, Na, Ca, Ba, Pb, Cu, Mo, Ni, W, Au, Hf, La, U; района с предприятиями ЯТЦ – Lu, F, Cs, Zn, U; нефтехимического производства – Br, Sb, Ba; района с редкометалльным производством Ta, Co, Sc, Sb, Ce, Eu, Lu, Ag, Au, U; теплоэнергетического – Na, Ba, Sb, La, Sm, Yb, Lu, Ta, U и агропромышленного комплексов – Na, Ba, As.

2.2. Вещественный состав твёрдого осадка снегового покрова территорий с разной техногенной нагрузкой отражает специфику и степень воздействия производств, развитых на этих территориях. Особенностью твёрдофазных выделений снегового покрова в районах с размещением

разнопрофильных предприятий является наличие частиц техногенного происхождения: нефтегазодобывающий – сажа; угледобывающий – угольная пыль; машиностроения и металлообработки – магнезиоферрит; теплоэнергетического комплекса – магнезиоферрит, муллит; район с ЯТЦ – графит, оксиды урана, марматит. Техногенная составляющая нерастворимой фазы снега позволяет идентифицировать источники загрязнения.

2.3. Геохимическая особенность почвенного покрова урбанизированных территорий промышленных районов проявляется в следующем: нефтегазодобывающий – Tb, Rb, Hf; угледобывающий – Zr, As, Ta, Y, Au, S<sub>общ.</sub>, S<sub>сульфид.</sub>, C<sub>общ.</sub>, C<sub>орг.</sub>, Sc, Sb, Tb, Hf, Ce, Nb, Be; горнодобывающий – Fe, Co, U, Rb, Sc, Cs, Ta, Ce, V, Li, Th; район машиностроения и металлообработки – Fe, Cr, U, Mn, Ni, Hg, Al, K, Mg, Co, Se; разнопрофильный район – Cu, Mo, Pb, W, P, Cd, Sn, Y, Ga, Hg; район с ЯТЦ – Lu, Zn, F; нефтехимического производства – Br, Sb, Sr, V; металлургического производства – Ca, Ba, As, Sb, Sm, Au, La, Lu, Cr, Li, Pb; сельскохозяйственные территории – Na, As, Yb, Mn, Sr, Cr, Co, Ni, Sc, Mo.

2.4. Радиогеохимической особенностью почв и почвогрунтов территорий с размещением разнопрофильных предприятий является пониженные концентрации радиоактивных элементов в нефтегазодобывающих районах и повышенные в горно-, угледобывающем районах, а также на территориях с металлургическим производством. Особенностью территорий с предприятиями ЯТЦ по данным осколочной радиографии является неравномерный характер распределения радиоактивного элемента в виде «звёздчатых» скоплений треков, свидетельствующих о наличии микрочастиц («горячих» частиц).

2.5. Характерной особенностью твёрдофазных выделений почв и почвогрунтов техногенно трансформированных территорий с наличием чугунолитейных производств является присутствие техногенных магнитных микросферул, диагностируемые как магнезиоферрит.

3. Комплексная эколого-геохимическая оценка территории Томск-Северской промышленной агломерации позволила выделить зоны и сектора повышенного воздействия предприятий, среди которых выделяется ближняя зона (до 30 км) и сектор северо-восточной ориентировки. Проявленность промышленных предприятий ТЭК, ЯТЦ и нефтехимического производства хорошо фиксируется в геохимических полях компонентов природной среды.

4. Исследование показало, что в ряде случаев в качестве индикаторов состояния окружающей среды могут быть использованы нетрадиционные методы, так накипь на теплообменной аппаратуре несёт важную геохимическую информацию и может выступать как предмет изучения, так и районирования при мониторинге территорий. Изучение урана в накипи позволяет на стадии региональных или локальных эколого-геохимических исследований выделять участки экологического неблагополучия, обусловленные как техногенным загрязнением радиоактивным элементом, так и природными аномалиями, возможно связанные с наличием проявлений урановой минерализации.

Таблица 4. Основные виды и масштабы эколого-геохимических исследований на различных территориях

Объекты изучения	Виды исследований	Масштаб исследования
Территория города	1. Снеговая съёмка; 2. Комплексная гамма-радиометрическая, гамма-спектрометрическая и литогеохимическая съёмки; 3. Биогеохимическая съёмка; 4. Гидрогеохимические исследования.	1:50 000  1:25 000 1:100 000 внемасштабные
Территория промышленного предприятия	1. Снеговая съёмка; 2. Литогеохимическая съёмка; 3. Радиометрическая съёмка; 4. Спектрометрическая съёмка; 5. Радиометрическая и спектрометрическая съёмки цехов предприятия; 6. Опробование отходов производства.	1:25 000 1:10 000 1:2 500 1:5 000  1:500 внемасштабные
Территории малых населенных пунктов	Выбор в населенном пункте пяти частных подворий: 1). Размещение площадки исследования размером 10x10 метров на пахотном участке с проведением радиометрических, спектрометрических замеров методом конверта и отбор объединенной пробы почвы; 2). Измерение радона в подпольных помещениях; 3). Отбор проб снега, накипи, картофеля, молока и воды.	внемасштабные исследования
Территория сельхозугодия	1. Исследования снегового покрова; 2. Гамма-спектрометрическая и литогеохимическая съёмки; 3. Отбор проб растительной продукции (методом диагональных прогонов); 4. Исследования на контрольных площадках.	внемасштабные  1:10 000 внемасштабные внемасштабные
Территория тепличного хозяйства	1. Гамма-радиометрическая и гамма-спектрометрическая съёмки территорий теплиц; 2. Отбор проб почво-смесей и их исходных компонентов; 3. Отбор проб растительной продукции; 4. Гидрогеохимическое исследование вод.	1:500  внемасштабные внемасштабные внемасштабные
Территории полигонов, отвальных хозяйств и золошлаковых отходов	1. Гамма-спектрометрическая съёмка отвалов; 2. Отбор проб по выборочным площадкам или с отбором групповых проб; 3. Отбор проб почв из почвенных горизонтов.	1:1000 внемасштабные внемасштабные

5. Представленные экспрессные способы определения техногенной загрязнённости снегового и почвенного покровов тяжёлыми металлами группы

железа на основе магнитной восприимчивости могут являться составной частью эколого-геохимического мониторинга.

6. Для получения объективной информации оценки опасности отходов для окружающей среды требуются комплексные исследования с учётом геохимических данных и методов биотестирования.

Использование комплексного геохимического подхода к изучению экологической обстановки позволило районировать территорию с наличием разнопрофильных производств, выделять зоны и сектора с неблагоприятной обстановкой, что способствует разработки программ как природоохранных мероприятий, так и практической медицины с учётом конкретной геохимической обстановки в зоне воздействия промышленных предприятий.

Результаты работы представляют интерес как в теоретическом отношении (вопросы эмиссии пылеаэрозольных выпадений с их геохимической особенностью для Сибири), так и с точки зрения решения широкого круга прикладных задач, связанных с экспрессной оценкой загрязнения территорий и проблемами организации геохимического мониторинга, что даёт социальный и экономический эффекты.

### **Список публикаций по теме диссертации**

#### *Монографии*

1. Геохимия почв и здоровье детей Томска / Л.П. Рихванов, С.Б. Нарзулаев, **Е.Г. Язиков** [и др.]. – Томск: Изд-во Томского университета, 1993. –141 с.
2. Эколого-геохимические особенности Томского района и заболеваемости населения / Л.П. Рихванов, Ю.И. Сухих, Н.Н. Волкова, **Е.Г. Язиков** [и др.]. – Томск: Издательский дом «Тандем Арт», 2005. – 250 с.

#### *Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах*

1. **Язиков Е.Г.** Геоэкологические проблемы горнодобывающих предприятий Республики Хакасия / Е.Г. Язиков, С.В. Азарова, В.М. Худяков // Горный журнал. – 2006. – № 4. – С. 26–28.
2. **Язиков Е.Г.** Минералого-геохимический состав природно-техногенной составляющей почв Томской агропромышленной агломерации / Е.Г. Язиков, Р.В. Голева, Л.П. Рихванов, В.Т. Дубинчук [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2006. – № 3. – С. 315–324.
3. **Язиков Е.Г.** Геоэкологические особенности природных сред территории Томского водозабора подземных вод / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, А.Ю. Шатилов [и др.] // Геоэкология. – 2004. – № 6. – С. 501–507.
4. **Язиков Е.Г.** Минеральный состав пылеаэрозольных выпадений снегового покрова Томской агропромышленной агломерации / Е.Г. Язиков, Р.В. Голева, Л.П. Рихванов [и др.] // Записки ВМО. – 2004. – № 5. – С.69–78.
5. **Язиков Е.Г.** Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская // Известия вузов. Геология и разведка. – 2004. – № 1. – С. 67–69.
6. **Язиков Е.Г.** Эколого-геохимическая характеристика отходов горнодобывающего предприятия, их токсичность и воздействие на почвы / Е.Г. Язиков, С.В. Азарова // Горный журнал. – 2003. – № 11. – С. 61–64.

7. **Язиков Е.Г.** Отвалы горнодобычного производства: комплексная оценка токсичности (на примере объектов Республики Хакасия) / Е.Г. Язиков, В.М. Худяков, С.В. Азарова // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. – 2003. – № 3. – С. 93–97.
8. Рихванов Л.П. Уран и торий в карбонатных минералах. Статья I / Л.П. Рихванов, **Е.Г. Язиков**, С.И. Сарнаев // Изв. ВУЗов. Геология и разведка, 1986. – № 7. – С. 37–42.
9. Рихванов Л.П. Уран и торий в карбонатных минералах. Статья II / Л.П. Рихванов, **Е.Г. Язиков**, С.И. Сарнаев // Изв. ВУЗов. Геология и разведка, 1986. – № 8. – С. 34–38.
10. **Язиков Е.Г.** Разработка методологии комплексной эколого-геохимической оценки состояния природной среды (на примере объектов юга Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета, 2001. – Т. 304. – Вып. 1. – С. 325–336.
11. **Язиков Е.Г.** Геоэкологические проблемы угледобывающих предприятий и геохимическая оценка воздействия отвалов на почвы (на примере угольного разреза Чалпан, Республика Хакасия) / Е.Г. Язиков, В.М. Худяков, С.В. Азарова // Известия Томского политехнического университета, 2002. – Т. 305. – Вып. 6. – С. 433–445.
12. **Язиков Е.Г.** Состав техногенных составляющих в снеговом покрове по данным микрорентгеноспектрального анализа / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов [и др.] // Вестник ТГУ. Проблемы геологии и географии Сибири. – 2003. – Приложение. № 3 (V). – С. 237–239.
13. Михальчук А.А. Особенности применения статистического анализа при обработке материалов геоэкологических исследований в случае малых выборок / А.А. Михальчук, **Е.Г. Язиков** // Вестник ТГУ. Проблемы геологии и географии Сибири. – 2003. – Приложение. № 3 (V). – С.182–184.
14. Азарова С.В. Оценка экологической опасности отходов горно-добывающих предприятий Республики Хакасия с применением метода биотестирования / С.В. Азарова, **Е.Г. Язиков**, Н.Н. Ильинских // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 4. – С. 55–59.
15. Базанов В.А. Влияние шламовых амбаров на геохимическое состояние болотных экосистем в бассейне реки Васюган / В.А. Базанов, О.Г. Савичев, Д.В. Волостнов, Б.А. Егоров, А.О. Крутовский, **Е.Г. Язиков** // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 2. – С. 72–75.

#### *Патенты и авторское свидетельство*

1. Способ поисков урановых месторождений: авт. с. № 169076 СССР, М. кл. G 01 V 9/000 / **Е.Г. Язиков**, Л.П. Рихванов; заявитель и обладатель Томский политех. ун-т. – № 3013738; заявл. 12.03.81; опубл. 02.02.1982.
2. Способ определения техногенной загрязнённости почвенного покрова тяжёлыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель): пат. № 2133487 Россия, МПК<sup>6</sup> G 01 V 9/00 / **Е.Г. Язиков**, О.А. Миков; заявитель и патентообладатель Томский политех. ун-т. – № 98100689; заявл. 08.01.98; опубл. 20.07.1999.
3. Способ определения техногенной загрязнённости снегового покрова тяжёлыми металлами группы железа (железо, кобальт, никель): пат. № 2176406 Россия, МПК<sup>6</sup> G 01 V 9/00 / **Е.Г. Язиков**, О.А. Миков; заявитель и патентообладатель Томский политех. ун-т. – № 2000101371; заявл. 17.01.2000; опубл. 27.11.2001.
4. Способ определения загрязнённости снегового покрова техногенными компонентами: пат. № 2229737 Россия, МПК<sup>7</sup> G 01 V 9/00 / **Е.Г. Язиков**, А.Ю. Шатилов, А.В. Таловская; заявитель и патентообладатель Томский политех. ун-т. – № 2002127851; заявл. 17.10.2002; опубл. 27.05.2004.

5. Способ определения загрязнённости почвенного покрова техногенными компонентами: пат. № 2229738 Россия, МПК<sup>7</sup> G 01 V 9/00 / **Е.Г. Язиков**, А.Ю. Шатилов, Т.В. Багазий; заявитель и патентообладатель Томский политех. ун-т. – № 2002127854; заявл. 17.10.2002; опубл. 27.05.2004.

#### *Материалы в сборниках научных конференций*

1. Рихванов Л.П. Почва как депонирующая среда при изучении техногенного фактора воздействия на природу / Л.П. Рихванов, **Е.Г. Язиков**, С.И. Сарнаев / Проблемы региональной экологии. Региональный мониторинг: Сб. науч. ст. / Ин-т экологии природных комплексов СО РАН. – Томск, 1994. – Вып. 3. – С. 35–46.
2. Рихванов Л.П. Выявление основных источников загрязнения и прогнозирование состояния здоровья населения методами геохимического картирования компонентов природной среды / Л.П. Рихванов, С.И. Сарнаев, **Е.Г. Язиков** // Проблемы прикладной геохимии: Сб. тез. докл. IY Объедин. межд. симпозиума ..., Иркутск, 7–10 сентября 1994 г. / Ин-т геохимии СО РАН. – Иркутск, 1994. – С. 88–89.
3. **Язиков Е.Г.** Картирование техногенных образований и изучение микрочастиц с применением лазерного микроанализатора // Проблемы прикладной геохимии: Сб. тез. докл. IV Объедин. межд. симпозиума ..., Иркутск, 7–10 сентября 1994 г. / ИГХ СО РАН; ИМГРЭ РАН. – Иркутск, 1994. – С. 106–107.
4. Миков О.А. Методика проведения капнометрии для экологических исследований / О.А. Миков, **Е.Г. Язиков** // Природокомплекс Томской области. Геология и экология / Томский гос. ун-т. – Томск, 1995. – Т. 1. – С. 286–293.
5. Рихванов Л.П. Предварительная оценка уровней накопления тяжелых металлов в почвах бассейна р. Обь / Л.П. Рихванов, **Е.Г. Язиков**, С.А. Грязнов [и др.] // Природокомплекс Томской области. Геология и экология / Томский гос. ун-т. – Томск, 1995. – Т. 1. – С. 249–259.
6. **Язиков Е.Г.** Содержание радиоактивных и редкоземельных элементов в аэрозольных выпадениях снегового покрова различных территорий Западной Сибири / **Е.Г. Язиков**, Л.П. Рихванов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Матер. Межд. конф. ..., Томск, 22–24 мая 1996 г. / Томский политех. ун-т. – Томск, 1996. – С. 316–321
7. Евсева Н.С. Литологические и геохимические аспекты выветривания и процессов денудации в ландшафтах Томь-Яйского междуречья / Н.С. Евсева, Г.Е. Пашнева, **Е.Г. Язиков** // Вопросы географии Сибири / Томский гос. ун-т. – Томск, 1997. – Вып. 22. – С. 37–48.
8. **Язиков Е.Г.** Эколого-геохимическая оценка состояния объектов природной среды г. Стрежевого и прогноз заболеваемости детского населения / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, О.А. Миков [и др.] // Медицинские и экологические проблемы Северных районов Сибири: Мат. межрегион. науч.-практ. конф. Томск-Стрежевой, 1998. – С.190–195.
9. **Язиков Е.Г.** Особенности накопления микроэлементов в магнитных фракциях природных сред некоторых урбанизированных территорий Западной Сибири / **Е.Г. Язиков**, А.Ю. Шатилов / Экологическая геофизика и геохимия: Мат. Межд. конф. – Москва-Дубна, 1998. – С. 92–93.
10. **Язиков Е.Г.** Организация геоэкологических практик в Хакасии / **Е.Г. Язиков**, Л.П. Рихванов // Обской вестник, 1999. – № 1–2. – С. 90–95.
11. **Язиков Е.Г.** Особенности эколого-геохимического состояния природных сред населенных пунктов Томской области / **Е.Г. Язиков**, А.Ю. Шатилов, М.В. Подольская

- / Природа и природопользование на рубеже XXI века: Мат. межрегион. науч.-практ. конф. – Омск, 1999. – С. 311–314.
12. **Язиков Е.Г.** Оценка экологического состояния урбанизированных территорий геохимическими методами / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов [и др.] // Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий: Тр. межд. науч. конф. ..., Томск / Томский государственный архитектурно-строительный университет. - Томск, 1999. – С. 83–84.
13. **Язиков Е.Г.** Оценка состояния природных сред урбанизированных территорий геохимическими методами в зоне влияния угледобывающего производства и заболеваемость (на примере г. Междуреченска) / Е.Г. Язиков [и др.] // Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию: Тр. Межд. науч.-практ. конф. ..., Кемерово, 24–25 февраля 1999 г. / Администрация Кемеровской области. – Кемерово, 1999. – Т.1. – С. 251–257.
14. **Язиков Е.Г.** Методика комплексной эколого-геохимической оценки территории для решения геоэкологических задач / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, А.Ю. Шатилов // III века горно-геологической службы России: Мат. регион. конф. геологов Сибири, Дальнего Востока и северо-восточной России / Комитет ПР по Томской области. – Томск, 2000. – Т.II. – С. 246–248.
15. **Язиков Е.Г.** Эколого-геохимическая характеристика отвалов горнодобывающих предприятий и их воздействие на почвы (на примере Тейского рудоправления) / Е.Г. Язиков, В.М. Худяков // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства. Гидрогеология и инженерная геология. Геоэкология и мониторинг геологической среды: Мат. Межд. науч.-техн. конф. / Томский политех. ун-т. – Томск, 2001. – С. 210–212.
16. **Язиков Е.Г.** Методика исследования техногенных составляющих в депонирующих средах с применением лазерного микроанализатора / Е.Г. Язиков, Т.А. Чурилова, А.Ю. Шатилов // Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства. Гидрогеология и инженерная геология. Геоэкология и мониторинг геологической среды: Мат. Межд. науч.-техн. конф. / Томский политех. ун-т. – Томск, 2001. – С. 213–215.
17. Рихванов Л.П. Радиоэколого-геохимические проблемы урбанизированных территорий (на примере г. Томска) / Л.П. Рихванов, **Е.Г. Язиков**, А.Ю. Шатилов / Техногенная трансформ. геол. среды: Мат. Межд. науч.-практ. конф. ...., Екатеринбург, 17–19 декабря 2002 г. / Уральская гос. горно-геол. акад. – Екатеринбург, 2002. – С. 162–165.
18. **Язиков Е.Г.** Геоэкологические исследования отвальных хозяйств горно-добычных предприятий для оценки токсичности отходов (на примере объектов Хакасии) / Е.Г. Язиков, В.М. Худяков, С.В. Азарова // Техногенная трансформ. геол. среды: Мат. Межд. науч.-практ. конф. ..., Екатеринбург, 17–19 декабря 2002 г. / Уральская гос. горно-геол. акад. – Екатеринбург, 2002. – С. 222–225.
19. Голева Р.В. Минеральные формы железа как потенциальные носители токсикантов / Р.В. Голева, В.В. Коровушкин, **Е.Г. Язиков** // 120 лет со дня рождения акад. А.Е. Ферсмана: Тез. докл. годичной сессии Московского отд. минерал. общества России ..., Москва, 4–5 ноября 2003 г. – Москва, 2003. – С. 25–26.
20. Евсеева Н.С. Морфолитодинамические потоки вещества на сельскохозяйственных угодьях юго-востока таежной зоны Западно-Сибирской равнины / Н.С. Евсеева, Г.Е. Пашнева, **Е.Г. Язиков** // Самоорганизация и динамика геоморфосистем: Мат. XXVII Плен. Геоморфологической комисс. РАН ..., Томск, 25 августа – 2 сентября 2003 г. / Ин-т оптики атмосферы СО РАН. – Томск, 2003. – С. 274–278.

21. **Язиков Е.Г.** Использование радиографии для изучения пылевых аэрозольных выпадений // Новые идеи в науках о земле: Мат. VI Межд. конф. ..., Москва, 9–22 апреля 2003 г. / Московский гос. геолого-развед. ун-т. – Москва, 2003. – Т. 4. – С. 93.
22. **Язиков Е.Г.** Методика оценки загрязнения почво-грунтов на основе магнитных свойств природно-техногенных составляющих / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов [и др.] // Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях: Мат. Всеросс. научно-технич. конф. ..., Томск, 19–21 ноября 2003 г. / Томский политех. ун-т. – Томск, 2003. – С. 299–301.
23. **Язиков Е.Г.** Эколого-геохимическая оценка природных вод угледобывающего района Кузбасса (на примере г. Междуреченска) / Е.Г. Язиков, С.А. Юшков, В.М. Людвиг // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Мат. науч. конф. ..., Томск, 25–30 октября 2003 г. / Томский политех. ун-т. – Томск, 2003. – С. 302–305.
24. **Язиков Е.Г.** Эколого-геохимическая оценка состояния снегового покрова и почв с использованием метода капнометрии и изучения минерального состава / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов, О.А. Миков // Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды: Докл. Межд. шк. ..., Новороссийск, 15–20 сентября 2003 г. / НИИ Геохимии биосферы РГУ. – Новороссийск, 2003. – С. 279–293.
25. **Язиков Е.Г.** Цитогенетический и геохимический анализ отходов производства горнодобывающей промышленности Республики Хакасия / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, Н.Н. Ильинских // Актуальные проблемы медицины и биологии: Сб. науч. работ. / Сибирский гос. мед. ун-т. – Томск, 2003. – Вып. 2. – С. 76–79.
26. **Язиков Е.Г.** Техногенные составляющие в пылеаэрозольных выпадениях и возможность поражения легких / Е.Г. Язиков, А.Ю. Шатилов, К.Е. Казакова, А.В. Таловская / Актуальные проблемы медицины и биологии: Сб. науч. работ / Сибирский государственный медицинский университет. – Томск, 2003. – Вып.2. – С. 123–127.
27. **Язиков Е.Г.** Аккумуляция загрязняющих веществ в почвах Обь-Томского междуречья / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, Р.В. Голева, В.Т. Дубинчук [и др.] // Современные проблемы загрязнения почв: сб. тез. Межд. науч. конф. ..., Москва, 24–28 мая 2004 г. / МГУ. – Москва, 2004. – С. 289–291.
28. Азарова С.В. Сравнительная оценка токсичности отходов горно-добывающих предприятий с использованием методов цитогенетического и генетического анализа / С.В. Азарова, **Е.Г. Язиков**, Н.Н. Ильинских [и др.]. // Сб. науч. работ «Актуальные проблемы биологии, медицины и экологии». – Томск: Изд-во СГМУ, 2004. – Т. 3. – № 1. – С. 9–12.
29. **Язиков Е.Г.** Радиоактивные элементы в атмосферных выпадениях территории юга Западно-Сибирского региона / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, А.Ю. Шатилов, А.В. Таловская // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Матер. II Межд. конф. ..., Томск, 18–23 октября 2004 г. / Томский политех. ун-т. – Томск, 2004. – С. 715–719.
30. **Язиков Е.Г.** Мониторинг пылевых атмосферных выпадений на территории юга Западно-Сибирского региона / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов / Шестое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Матер. совещ. ..., Томск, 14–16 сентября 2005 г. / Ин-т мониторинга климатических и экологических систем СО РАН. – Томск, 2005. – С. 119–123.

### *Материалы, опубликованные за рубежом*

1. Rikhvanov L., Geochemical assessment of soils near Tomsk Petrochemical Plant / L. Rikhvanov, **E. Yazikov**, S. Gryaznov, N. Protopopov // Environmental Contamination Toxicology and Health: International Conference ..., Hong Kong, 23–25 September 1998. – Hong Kong, 1998. – p. 15.
2. **Язиков Е.Г.** Геохимические особенности природных сред специализированных полигонов Томского района / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов [и др.] // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Докл. II Межд. науч.-практ. конф. ..., Семипалатинск, 16–18 октября 2002 г. / Семипалатинский гос. ун-т. – Семипалатинск, 2002. – Т. 2. – С. 448–454.
3. **Язиков Е.Г.** Солевые образования – индикатор загрязнения среды при геохимическом мониторинге / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Докл. II Междунар. науч.-практ. конф. / Семипалатинский гос. ун-т. – Семипалатинск, 2002. – Т. 2. – С. 426–432
4. **Язиков Е.Г.** Тяжёлые металлы и радиоактивные элементы в агроландшафтах Томской области // Тяжёлые металлы и радионуклиды в окружающей среде: Сб. матер. Первой Межд. науч.-практ. конф. / Семипалатинский гос. ун-т. – Семипалатинск, 2000. – С. 258–262.
5. Барановская Н.В. Индикаторное значение содержания редкоземельных и радиоактивных элементов и их соотношений в волосах человека / Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, **Е.Г. Язиков** // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: докл. III Межд. науч.-практ. конф. ..., Семипалатинск, 7–9 октября 2004 г. / Семипалатинский гос. пед. ин-т. – Семипалатинск, 2004. – Т. II. – С. 575–581.
6. **Язиков Е.Г.** Мониторинг эколого-геохимического состояния природных сред населенных пунктов юга Томской области / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов [и др.] // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Докл. III Межд. науч.-практ. конф. ..., Семипалатинск, 7–9 октября 2004 г. / Семипалатинский гос. пед. ин-т. – Семипалатинск, 2004. – Т. II. – С. 314–321.
7. **Язиков Е.Г.** Специализированные геоэкологические исследования в районах размещения полигонов по добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, А.Ю. Шатилов // Актуальные проблемы урановой промышленности: Матер. III Межд. науч.-практ. конф. ..., Алматы, 6–9 июля 2004 г. / НАК «Казатомпром». – Алматы, 2004. – С. 125–127.
8. **Язиков Е.Г.** Уран и ртуть в системе почва–растение тепличных хозяйств / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов / Актуальные проблемы геохимической экологии: Матер. V Межд. биогеохим. шк. ..., Семипалатинск, 8–11 сентября 2005 г. / Семипалатинский гос. пед. ин-т. – Семипалатинск, 2005. – С. 500–503.
9. Baranovskaya N.V. Concentrations and indicated element ratios in environments and human tissues / N.V. Baranovskaya, L.P. Rikhvanov, **E.G. Yazikov** // 5<sup>th</sup> Intern. Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives. – Athens, Greece, 2005, – P, 683–694,