

**Жорняк Лина Владимировна**

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ Г. ТОМСКА ПО  
ДАНЫМ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ**

**Специальность 25.00.36 – Геоэкология**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 2009

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Томский политехнический университет»

**Научный руководитель:**

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Егор Григорьевич Язык

**Официальные оппоненты:**

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Валерий Петрович Парначев

доктор геолого-минералогических наук,  
профессор Светлана Борисовна Бортникова

**Ведущая организация:**

ОАО «Томскгеомониторинг», г. Томск

Защита состоится 28 апреля 2009 г. в 15.00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.269.07 при ГОУ ВПО «Томский политехнический университет» по адресу: 634050, г. Томск, ул. Советская, 73, 1-й корпус ТПУ, ауд. 111.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ГОУ ВПО «Томский политехнический университет».

Автореферат разослан «    » марта 2009 г.

Ученый секретарь совета,  
д. г.-м. н., профессор



С.И. Арбузов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В настоящее время во многих городах России и зарубежья экологическая обстановка приближается к критической. Основными источниками загрязнения окружающей среды являются промышленные предприятия и автотранспорт. Их выбросы, сбросы и отходы производства ухудшают экологическое состояние всех компонентов природной среды, что в дальнейшем может повлиять и на здоровье населения. Основным компонентом природной среды, несущим в себе долговременную информацию о техногенном воздействии, является почва, которая одновременно выступает главным физико-химическим барьером на пути миграции техногенных элементов (Рихванов и др., 1994; Экогеохимия..., 1995; Ильин и др., 2001; Сысо, 2004 и др.). Продолжительность пребывания техногенных загрязнителей в почве больше, чем в других компонентах биосферы (Васильева и др., 1998). Загрязнение почв имеет устойчиво-прогрессивный характер (Кабата-Пендиас, 1989, 2006). В связи с этим необходима детальная эколого-геохимическая оценка их состояния на территории города с использованием в комплексе минералого-геохимических методов и методов биотестирования.

В нашей стране впервые масштабные исследования урбанизированных территорий были начаты под руководством Ю.Е. Саета в 1976 году. В Западной Сибири оценка состояния естественных и техногенно измененных почв проводилась и проводится коллективами сотрудников Института минералогии и геохимии СО РАН (Росляков Н.А., Ковалев В.П., Щербаков Ю.Г., Сухоруков Ф.В., Щербов Б.Л., Ковалев С.И. и др.), Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Сысо А.И. и др.), ГПП «Березовгеология» (Пахомов В.Г., Попов Ю.П., Зубов Е.В., Анцырев А.А., Лященко Н.Г. и др.), а также другими специалистами различных организаций и институтов.

На территории юга Томской области многие годы исследования почв выполняются сотрудниками ТГУ (Пашнева Г.Е., Квасников А.В., Сазонтова Н.А., Летувнинкас А.И., Ильченко Н.В. и др.), а также НИИБиБ при ТГУ (Изерская Л.А. и др.). Начиная с 1990-х годов, изучение загрязнения почвенного покрова проводится на базе кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета (Рихванов и др., 1993, 1996; Сарнаев и др., 1995; Экология..., 1994; Язиков и др., 1998; Архангельский, 2001; Язиков, 2006). Исследования выполнялись в рамках программы Госкомэкологии Томской области по радиационному мониторингу и в соответствии с «Программой ведения государственного мониторинга состояния недр на территории Томской области» по договору с ОГУП ТЦ «Томскгеомониторинг».

Анализ ранее проведённых эколого-геохимических исследований почв урбанизированных территорий городов в России и других странах показывает, что они характеризуются недостаточной изученностью радиогеохимических особенностей, часто отсутствуют в исследуемом спектре редкие и редкоземельные элементы, практически нет данных о вещественном составе городских почв. Ранее, при изучении почв территории г. Томска, преимущественное внимание уделялось содержанию в них тяжелых металлов

(Летувнинкас, 1999; 2002; Ильченко, 2000 и др.) и в какой-то мере радиоактивных элементов (Рихванов и др., 1993).

Детальное изучение автором вещественного состава почв территории города, а также уровней накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов позволит более полно оценить степень их загрязнения.

Объектом исследований является территория г. Томска, предметом исследований – городские почвы.

**Цель исследований:** оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения почв.

**Задачи исследований:**

1. Изучить особенности вещественного состава почв, отобранных вокруг различных по специфике производства промышленных предприятий.

2. Провести детальные исследования почв в районах расположения промышленных предприятий города, выявить их геохимическую специфику и ранжировать по степени загрязнения.

3. Определить содержания редких, редкоземельных, радиоактивных элементов в почвах города и выявить характерные ассоциации элементов.

4. Оценить характер распределения делящихся радиоактивных элементов в почвах районов расположения промышленных предприятий города, сельских населенных пунктов Томского района и фоновой территории.

5. Изучить токсичность почв в районах функционирования промышленных предприятий методом биотестирования с использованием тест-объектов инфузории-туфельки (*Paramecium caudatum*) и мушки (*Drosophila melanogaster*).

6. Выделить на территории г. Томска зоны экологического неблагополучия и дать рекомендации по природоохранным мероприятиям.

**Фактический материал и методы исследований.** В основу диссертационной работы положены результаты исследований, выполненные лично автором и совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии Института геологии и нефтегазового дела Томского политехнического университета в период 2004-2008 г.г. на территории г. Томска и юга Томской области.

Работы выполнялись в рамках договорных работ с ОАО «Томскгеомониторинг» согласно «Программе ведения государственного мониторинга состояния недр на территории Томской области» в период с 2005 г. по 2008 г., гранта на проведение молодыми учеными научных исследований в ведущих научно-педагогических коллективах ТПУ (2006 г.)

Диссертация базируется на результатах анализов 215 проб почв. Из них 204 пробы почв отобраны по сети на территории г. Томска с детализацией (103 пробы) в районах расположения действующих в настоящее время и функционировавших ранее промышленных предприятий. Кроме этого, дополнительно были отобраны пробы почв в 11-и населенных пунктах Томского района и условно фоновом участке (пос. Победа), расположенных на различном расстоянии от города в юго-западном и северо-восточном направлениях (рис. 1, 2).

В процессе исследования проб количественное определение элементов выполнено атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой (лаборатория Кара-Балтинского горно-рудного комбината, Кыргызская Республика), многоэлементным инструментальным нейтронно-активационным анализом в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии, функционирующей на базе исследовательского ядерного реактора научно-исследовательского института ядерной физики при Томском политехническом университете (НИИ ЯФ при ТПУ) (аналитики с.н.с. А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская). Облучение проб для дальнейшего изучения их методом осколочной радиографии также осуществлялось на исследовательском ядерном реакторе НИИ ЯФ при ТПУ.

Все аналитические исследования проведены в аттестованных и аккредитованных лабораториях с использованием стандартных образцов сравнения. При этом осуществлялся внутренний и внешний контроль параллельными определениями элементов разными аналитическими методами. Погрешность определения большинства анализируемых элементов не превышала 20 %.

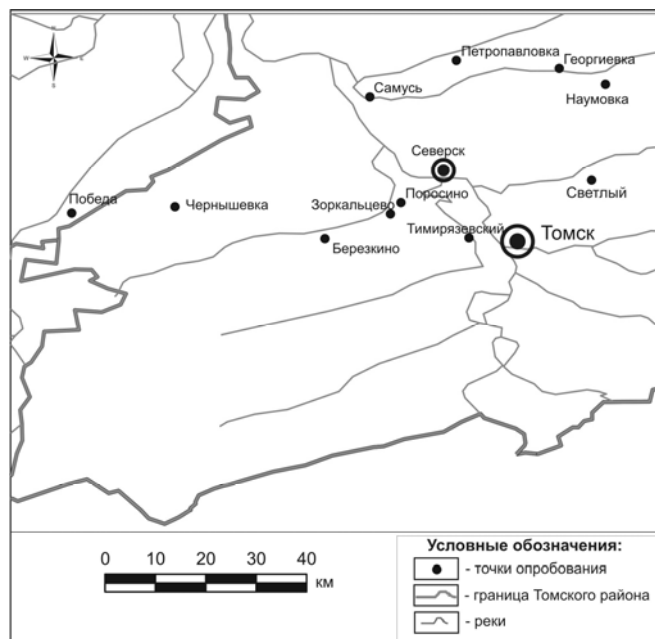


Рис. 1. Схема размещения точек опробования почв на территории Томского района

Изучение вещественного состава почв выполнялось в лаборатории исследования состава компонентов природной среды кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ (зав. лабораторией Г.А. Бабченко) рентгеноструктурным анализом на установке ДРОН-3М и визуальными методами; отдельные частички проб почв исследовались локальным спектральным анализом с лазерным отбором пробы на ЛМА-10 с использованием модуля атомно-эмиссионного спектра. Также изучалась магнитная восприимчивость почв (каппаметрия) на основе запатентованной методики (Патент № 2133487, авторы Е.Г. Язиков, О.А. Миков) и измерялся показатель pH.

Электронная микроскопия (сканирующий электронный микроскоп Hitachi S-3400N с приставкой для микроанализа) выполнялась в учебно-научной лаборатории электронно-оптической диагностики Международного инновационного образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ.

Определение токсичности почв проводилось методом биотестирования с использованием мушки *Drosophila melanogaster* (на кафедре биологии и генетики Сибирского государственного медицинского университета г. Томска, под руководством д. б. н., профессора Н.Н. Ильинских и ассистентов Н.А. Новиковой и Е.С. Андреевой). Исследованы 21 проба почв, отобранных в районах

расположения различных промышленных предприятий города и на фоновой территории (заказник «Томский»), при этом изучены 27 252 мухи. Определение токсичности 17 проб почв методом биотестирования на инфузориях-туфельках *Paramecium caudatum* проведено в гидрогеохимической лаборатории ОАО «Томскгеомониторинг» (начальник лаборатории Т.Д. Кириленко).

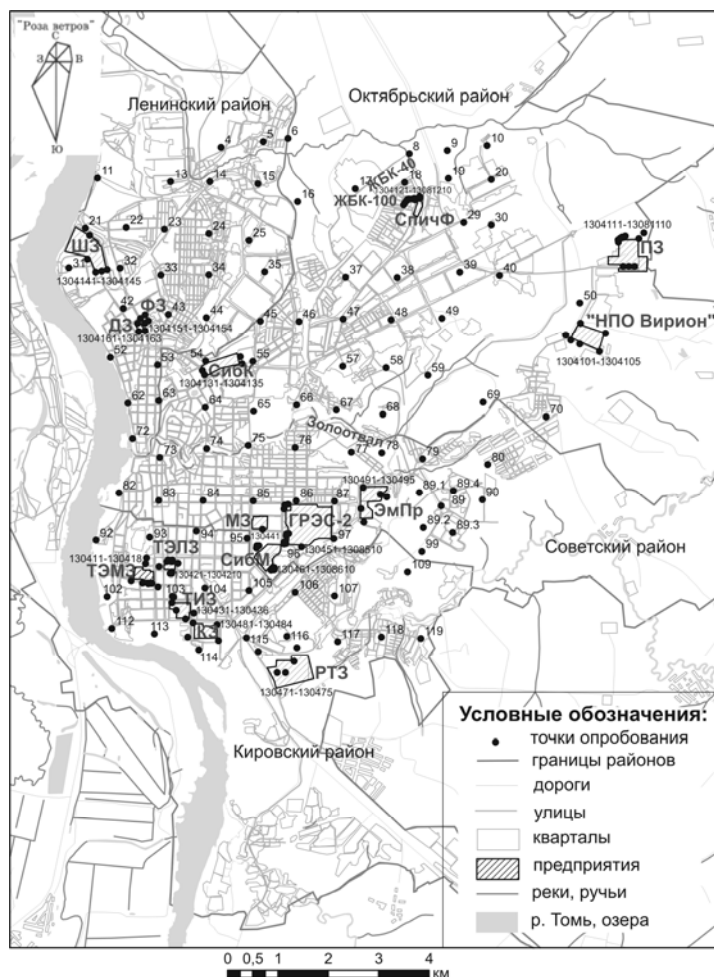


Рис. 2. Схема расположения точек опробования почв на территории г. Томска: ТЭМЗ – ОАО «Томский электромеханический завод»; ТЭЛЗ – ОАО «Томский электроламповый завод»; ТИЗ – ОАО «Томский инструмент»; МЗ – ОАО «Манотомь»; СибМ – ОАО «Сибэлектромотор»; РТЗ – ОАО «Томский радиотехнический завод»; КЗ – ООО «Континентъ» (Кирпичный завод); ЭмПр – Эмальпроизводство ЗАО «Сибкабель»; ПЗ – ЗАО «Томский приборный завод»; СпичФ – Спичечная фабрика «Сибирь»; СибК – ЗАО «Сибкабель»; ШЗ – ОАО «Томский шпалопропиточный завод»; ФЗ – ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм»; ДЗ – Томский дрожжевой завод; 114, 130421 – номера проб

### Научная новизна работы:

1. Проведена оценка среднего содержания редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в почвах на территории г. Томска и его районов, а также выделены их характерные ассоциации.

2. Впервые изучены особенности вещественного состава почв, отобранных в районах расположения различных по специфике производства промышленных предприятий на территории города, и установлены их геохимические особенности.

3. Выявлены особенности распределения делящихся радиоактивных элементов в почвах районов расположения промышленных предприятий г. Томска и фоновой территории методом f-радиографии.

4. Изучена токсичность почв в районах функционирования промышленных предприятий г. Томска методом биотестирования с использованием инфузориитуфельки (*Paramecium caudatum*) и апробирована в качестве тест-объекта мушка *Drosophila melanogaster*.

5. Проведено зонирование территории города по эколого-геохимическим параметрам, выявлены наиболее неблагоприятные районы для проживания населения.

**Достоверность защищаемых положений** обеспечена значительным количеством проб, изученных современными высококачественными аналитическими методами, большим объемом экспериментальных данных, проанализированных и обработанных с применением статистических методов анализа, а также глубиной проработки материала.

#### **Практическая значимость работы.**

Проведенные исследования (минералого-геохимическими методами и методами биотестирования) позволили выявить участки почвенного покрова на территории г. Томска с максимальной степенью техногенной трансформации, провести зонирование территории, позволяющее прогнозировать заболеваемость населения г. Томска, а также предложить комплекс природоохранных мероприятий для обеспечения безопасного проживания населения.

Результаты, полученные методом f-радиографии для почв юга Томской области с расположенными на ее территории предприятиями ядерно-топливного цикла необходимо учитывать в дальнейшем при комплексном определении степени и масштабов воздействия этих предприятий на данную территорию.

Материалы исследований использованы в работах ОАО «Томскгеомониторинг» согласно «Программы ведения государственного мониторинга состояния недр на территории Томской области» и в итоговых отчетах по хоздоговорной теме «Радиогеохимические исследования на территории полигона «Томский» (договор № 2-67/06 от 11.04.2006 г. и № 2-137/07 от 25.07.2007 г.). Результаты работы внедрены в производство в ОАО «Томскгеомониторинг» и ОГУ «Облкомприрода».

Материалы диссертационной работы учтены при разработке и чтении лекционных курсов «Геоэкологический мониторинг», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза проектов», «Минералогия техногенных образований», «Геохимия и геохимический мониторинг природной среды», а также задействованы в составлении практических и лабораторных занятий для студентов специальности 020804 – Геоэкология кафедры геоэкологии и геохимии Института геологии и нефтегазового дела Томского политехнического университета.

**Апробация работы и публикации.** Результаты исследований, полученные автором, докладывались на научных конференциях различного уровня: VIII, IX, X, XI, XII и XIII Международных научных симпозиумах студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2004-2009 года), Международной научной школе-конференции студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири и сопредельных территорий» (г. Абакан, 2004 г.), на Международном Форуме по проблемам науки, техники и образования «III

тысячелетие – новый мир» (г. Москва, 2005 г.), VI открытой окружной конференции молодых ученых «Наука и инновации XXI века» (г. Сургут, 2005 г.), на VII Межвузовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования», (г. Санкт-Петербург, 2006 г.), III и IV Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (г. Семипалатинск, 2004, 2006 г.г.), на V Международной биогеохимической школе «Актуальные проблемы геохимической экологии» (г. Семипалатинск, 2005 г.).

Основное содержание и научные положения диссертации опубликованы в 13 статьях и тезисах докладов, из них 2 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, семи глав и заключения. Общий объем 205 страниц, включая 47 таблиц, 105 рисунков и список литературы из 284 наименований, из них 36 на иностранном языке.

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы и проведенных исследований. Определены цели и задачи диссертационной работы, изложены основные результаты, обозначен вклад автора в исследования по данной теме, отражена научная новизна работы и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** дан обзор степени изученности и современного состояния проблемы загрязнения почв природных ландшафтов и почв урбанизированных территорий.

**Во второй главе** описаны основные методы исследований и видов анализов.

**Третья глава** содержит природно-климатическую, геологическую и геоэкологическую характеристики изучаемой территории.

**В четвертой главе** приводится вещественная характеристика почв, а также результаты измерения магнитной восприимчивости.

**В пятой главе** дана геохимическая характеристика, оценены уровни накопления элементов и выявлены геохимические особенности почв на территории г. Томска с детализацией в районах расположения различных промышленных предприятий, а также, приведены результаты зонирования территории города по эколого-геохимическим параметрам.

**В шестой главе** рассмотрены радиогеохимические особенности изученных почв и приведены итоги радиографических исследований.

**В седьмой главе** представлены результаты биотестирования почв с помощью тест-объектов: инфузорий *Paramecium caudatum* и мушек *Drosophila melanogaster*. Проведена взаимосвязь комплексных биологических показателей с геохимическим составом почв.

**В заключении** подведены итоги исследований, сформулированы основные выводы и предложены природоохранные мероприятия.

**Личный вклад автора** заключается в самостоятельном отборе и подготовке к аналитическим исследованиям проб почв, изучении вещественного состава проб, статистической обработке полученных результатов и построении



карт-схем загрязнения почв территории г. Томска. Автором выполнен весь объем работ по биотестированию проб с применением тест-объектов: инфузорий-туфельек *Paramecium caudatum* и мушек *Drosophila melanogaster*.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю профессору, д.г.-м.н. Е.Г. Языкову и научному консультанту профессору, д.г.-м.н. Л.П. Рихванову за внимание, ценные советы и помощь при выполнении работы.

Особо признателен автор к.х.н. Г.Е. Пашневой, д.б.н. Н.Н. Ильинских, ассистентам Н.А. Новиковой и Е.С. Андреевой за плодотворную работу и полезные консультации по почвоведению и методу биотестирования на *Drosophila melanogaster*. Автор благодарен руководителям лабораторий и исполнителям аналитических исследований: А.Ф. Судыко, Л.В. Богутской, Г.А. Бабченко, Л.И. Евтеевой, Т.Д. Кириленко и Н.И. Мазуриной за помощь в проведении исследований, а также к.т.н. С.Г. Маслову и В.Г. Архипову за помощь при выполнении пробоподготовки к анализам. Автор выражает признательность за ценные советы д.г.-м.н. Р.В. Голевой.

Искреннюю благодарность за ценные советы, рекомендации, помощь и поддержку при написании и оформлении работы автор выражает сотрудникам кафедры геоэкологии и геохимии: д.г.-м.н. С.И. Арбузову, к.г.-м.н. В.В. Ершову, к.г.-м.н. В.А. Домаренко, к.б.н. Н.В. Барановской, к.х.н. Н.А. Осиповой, к.м.н. М.П. Чубику, к.г.-м.н. И.С. Соболеву, к.г.н. Н.П. Соболевой, к.г.-м.н. А.В. Волостнову, к.г.-м.н. С.В. Азаровой, ст. преподавателю Т.В. Усмановой, инженерам Ю.Л. Замятиной и А.М. Межибор, ассистенту А.В. Таловской.

Отдельную признательность за помощь в проведении полевых исследований и плодотворное сотрудничество автор выражает сотруднику кафедры геологии и разведки полезных ископаемых к.г.-м.н. Р.Ю. Гаврилову и сотруднику Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН Е.Е. Ляпиной.

## ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**ПОЛОЖЕНИЕ 1.** Для почв г. Томска характерными элементами являются Та, Вг, Sb, U, Tb, величина коэффициента концентрации которых более 5. Значение суммарного показателя загрязнения в среднем составляет 51 единицу. На территории города выделяется четыре зоны, характеризующиеся различными уровнями накопления элементов и характером их взаимосвязей.

По результатам исследований в почвах на территории г. Томска установлены уровни накопления редких, редкоземельных и радиоактивных элементов (табл. 1). Относительно фоновых концентраций в почвах происходит накопление практически всех изученных элементов, кроме стронция и европия. Минимальное превышение над фоном составляет 1,4 раза для Sc, максимальное – 7 раз для Вг и 8 – для Tb (рис. 3).

Поскольку техногенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав, для них рассчитывается суммарный показатель загрязнения, характеризующий эффект воздействия группы элементов (Сагт и др., 1990):

$Z_c (СПЗ) = \sum KK - (n - 1)$ , где  $\sum KK$  – сумма коэффициентов концентраций;  $n$  – число учитываемых аномальных элементов. Согласно ориентировочной шкале оценки аэрогенных очагов загрязнения, разработанной Ю.Е. Саетом (1990), и методическим указаниям по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами (утвержденными Минздравом СССР, №4266-87) выделяется четыре интервала значений суммарного показателя загрязнения. Величина от 1 до 15 характеризует низкую степень загрязнения с неопасным уровнем заболеваемости; от 16 до 31 фиксирует средний, умеренно опасный уровень; интервал величин от 32 до 127 показывает высокую степень загрязнения с опасным уровнем заболеваемости, особенно детей. Очень высокое загрязнение с чрезвычайно опасным уровнем заболеваемости характерно для значений СПЗ более 128 единиц.

Таблица 1  
Средние содержания элементов в почвах районов г. Томска, мг/кг

Элементы	Районы				г. Томск (204 пробы)	Фон (Языков, 2006)
	Кировский (57 проб)	Советский (48 проб)	Октябрьский (61 проба)	Ленинский (38 проб)		
Na, %	<b>1,3±0,04</b>	1,1±0,05	1,1±0,03	1,1±0,04	1,1±0,02	0,46
Ca, %	1,3±0,03	1,5±0,06	1,5±0,1	<b>1,7±0,1</b>	1,4±0,04	0,43
Fe, %	2,9±0,1	3,2±0,1	3,2±0,1	3,2±0,1	3,2±0,04	1,3
Br	8,9±1,1	8,5±0,7	<b>9,5±0,7</b>	8±1,5	8,8±0,5	1,24
Ba	<b>608,7±31,1</b>	576±19,8	542,6±16,3	560±29,4	550±12,3	124
Co	14,5±1,1	13,1±0,4	14,7±0,3	13,8±0,5	14,3±0,3	6,5
Cr	109±6,3	113,2±4,9	102,4±14,7	109±5,4	103,6±5	43,2
Sb	1,7±0,4	1,8±0,2	1,6±0,2	1,6±1,7	1,6±0,3	0,3
As	< п.о.	< п.о.	0,5±0,36	1,2±0,6	0,4±0,2	< п.о.
Редкие элементы						
Rb	72,8±2,9	71±3,6	79,4±3,2	<b>85,7±3,4</b>	76,7±1,7	17,2
Cs	3,5±0,1	3,8±0,2	3,7±0,1	3,5±0,1	3,6±0,1	1,25
Sr	30,1±13,3	44,7±22	44,4±18	<b>188,4±41,6</b>	67,3±12	164
Hf	6,5±0,2	6,6±0,2	<b>7,1±0,2</b>	6,1±0,2	6,6±0,1	3,8
Ta	0,92±0,05	0,83±0,05	0,91±0,04	0,86±0,06	0,85±0,02	0,16
Sc	10,9±0,3	10,8±0,3	<b>12,1±0,3</b>	11,2±0,4	11,3±0,2	8,3
Редкоземельные элементы						
Tb	0,97±0,04	0,97±0,04	<b>1,1±0,03</b>	1±0,04	1±0,02	0,13
Sm	5,5±0,2	5,6±0,2	<b>6,2±0,2</b>	5,5±0,3	5,7±0,1	3,9
Eu	1,3±0,04	1,2±0,05	1,4±0,04	1,4±0,05	1,3±0,02	1,4
La	25,1±0,7	24,7±0,8	<b>27,6±0,6</b>	24,6±0,9	25,7±0,4	17,3
Ce	55,3±1,4	59,1±3,1	<b>59,8±1,1</b>	55,6±1,1	58,6±0,9	33,4
Yb	2,6±0,1	2,5±0,1	<b>3±0,1</b>	2,6±0,1	2,7±0,05	0,9
Lu	0,39±0,01	0,38±0,01	<b>0,43±0,01</b>	0,38±0,02	0,4±0,01	0,16
Радиоактивные элементы						
U	2,6±0,2	2,7±0,1	2,2±0,1	2,4±0,2	2,4±0,1	0,5
Th	7,2±0,3	7,4±0,3	<b>7,8±0,2</b>	7,1±0,2	7,5±0,1	3,7

Примечание: в таблице приведены результаты инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА); среднее±стандартная ошибка; < п.о. – значение ниже предела обнаружения анализа; жирным шрифтом выделены значения, превышающие среднее по г. Томску и другим районам.

Значение суммарного показателя загрязнения почв, рассчитанного относительно фоновых содержаний, для территории города составляет, в среднем, 51 единицу, что соответствует высокой степени загрязнения и опасному уровню заболеваемости. Основной вклад в значение суммарного показателя загрязнения вносят Та (КК=5,3), Вг (КК=7), Sb (КК=5,4), U (КК=5), Tb (КК=8).

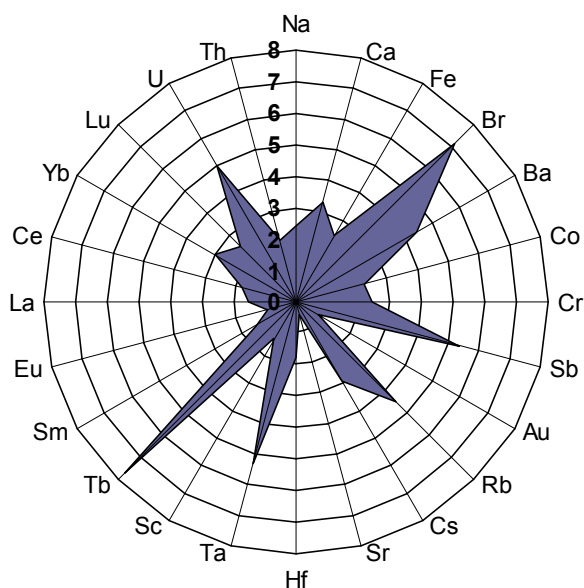


Рис. 3. Коэффициенты концентраций элементов, относительно локального фона (заказник «Томский» по данным Е.Г. Язикова, 2006), в почвах г. Томска

На территории города по результатам исследований выявлены участки с максимальными содержаниями ряда элементов, относительно средних значений по городу. На схемах распределения содержаний элементов в почвах отчетливо просматриваются ореолы их повышенных содержаний, особенно в центральной, северо-западной и северо-восточной частях города (рис. 4). Схожее распределение содержания Rb, Cs, Hf, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Yb и Lu в почвах города позволяет предположить о наличии единого, мощного, действующего в течение длительного времени источника загрязнения. Таким источником, скорее всего, являются выбросы из дымовых труб Томской ГРЭС-2, так как данные элементы

содержатся в используемом угле и, следовательно, при сжигании попадают в окружающую среду (Арбузов, 2007; Кизильштейн, 2002; Рихванов, 1997). Кроме того, поступление некоторых редкоземельных элементов в городские почвы, возможно, происходит за счет дальнего переноса выбросов от Сибирского химического комбината (Рихванов, 1997, 2000).

По результатам расчета коэффициентов парной корреляции в почвах территории г. Томска выделяются различные ассоциации элементов со значимыми коэффициентами корреляции, которые характеризуют воздействие наиболее распространенных в городе типов источников загрязнения – топливно-энергетического комплекса, предприятий по металлообработке, стройиндустрии и транспорта (рис. 5).

Специфика почвенного покрова районов города заключается в повышенных относительно средних значений по городу содержаниях ряда элементов. Кировский район – Na и Ba, Октябрьский – Hf, Sc, Tb, Sm, La, Ce, Yb, Lu, Th, Вг, Ленинский – Ca, Rb, Sr (табл. 1).

При сравнении средних содержаний элементов в почвах г. Томска и его районов параметрическим критерием Стьюдента и непараметрическими критериями Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни, статистически значимые различия для Hf, Sc, Tb, Sm, La, Ce, Yb, Lu, Th выявлены в Октябрьском районе. Повышенные концентрации данных элементов в почвах Октябрьского района можно объяснить влиянием выбросов Томской ГРЭС-2, которые

распространяются, согласно среднегодовому преобладающему направлению ветра, в северной части города, а также влиянием предприятий стройиндустрии (ОАО «ЖБК-100», ООО «ЖБК-40») и ЗАО «Томский приборный завод», расположенных в данном районе. Высокие концентрации Hf, La, Ce, Eu, Yb, Ta также были ранее зафиксированы в пылевых выбросах предприятий строительной индустрии, которые расположены и на территории данного района (Языков, 2006).

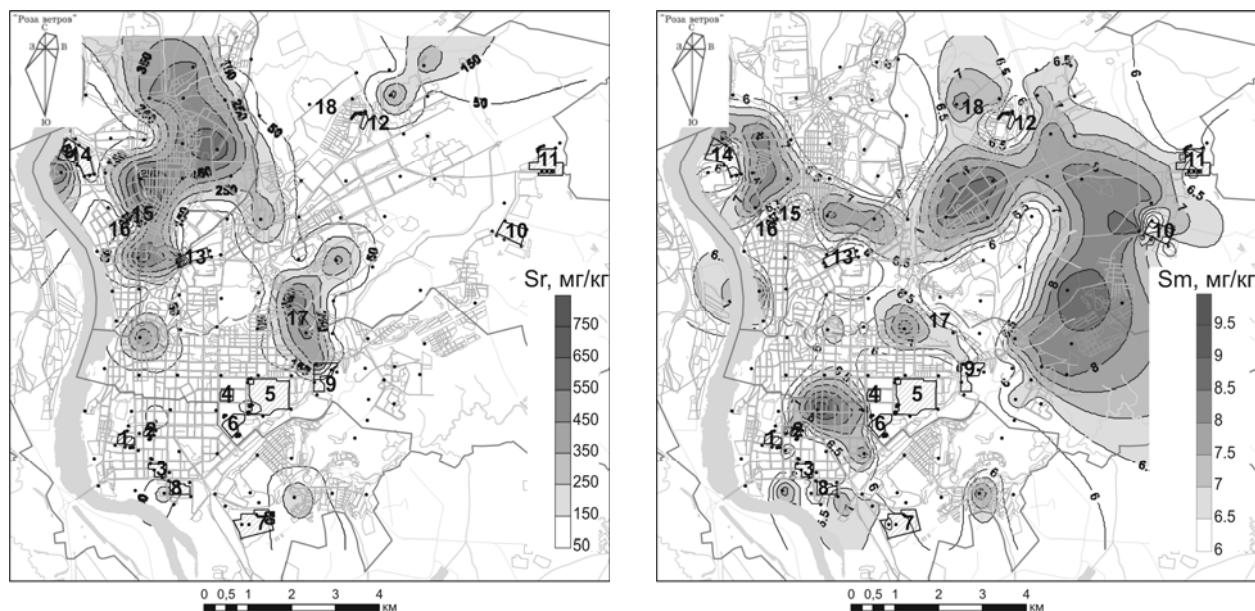


Рис. 4. Карты пространственного распределения содержания стронция и самария в почвах на территории г. Томска: 1 – ОАО «Томский электромеханический завод» (ТЭМЗ); 2 – ОАО «Томский электроламповый завод» (ТЭЛЗ); 3 – ОАО «Томский инструмент» (ТИЗ); 4 – ОАО «Манотомь»; 5 – Томская ГРЭС-2; 6 – ОАО «Сибэлектромотор»; 7 – ОАО «Томский радиотехнический завод»; 8 – ООО «Континентъ» (Кирпичный завод); 9 – Эмальпроизводство ЗАО «Сибкабель»; 10 – НПО «Вирион»; 11 – ЗАО «Томский приборный завод»; 12 – Спичечная фабрика «Сибирь»; 13 – ЗАО «Сибкабель»; 14 – ОАО «Томский шпалопропиточный завод»; 15 – ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм»; 16 – Томский дрожжевой завод; 17 – золоотвал Томской ГРЭС-2; 18 – ОАО «ЖБК-100» и ООО «ЖБК-40»

#### г. Томск

Ward's method  
1-Pearson r

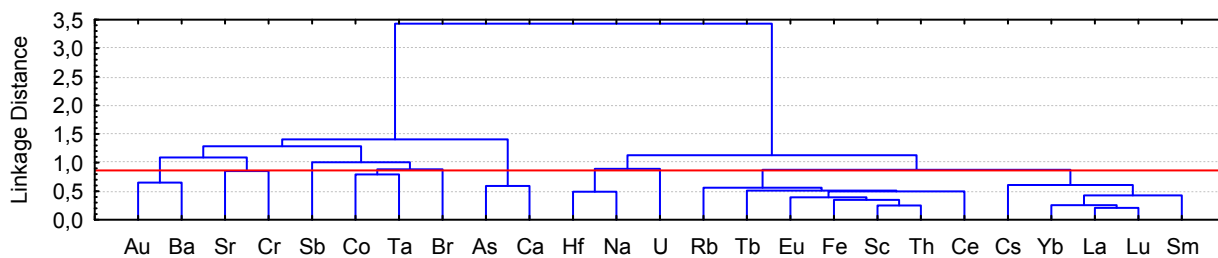


Рис. 5. Дендрограмма корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в почвах (1-Person  $r_{0,05} = 0,86$ ;  $n = 204$  пробы)

Величина СПЗ почв районов города в среднем составляет более 50 единиц, что соответствует высокой степени загрязнения и опасному уровню заболеваемости.

Обработка геохимических данных с помощью факторного, кластерного, регрессионного анализов и расчета аддитивного показателя позволила выделить на территории г. Томска четыре зоны, которые характеризуются различными

уровнями накопления ряда элементов в почвах и характером их взаимосвязей. Первая зона характеризуется повышенными относительно других проб почв содержаниями Sr и пониженными – остальных элементов. Вторая – повышенными содержаниями Ba, Au, концентрации остальных элементов находятся на уровне средних значений в выборке. Третья зона характеризуется более высокими уровнями накопления Fe, Co, Cr, Br, Sb, Tb, Ta, четвертая – повышенными содержаниями большинства изученных элементов (рис. 6). Характер корреляционных взаимосвязей между элементами и поведение элементов в выборках в пределах выделенных зон также различается.

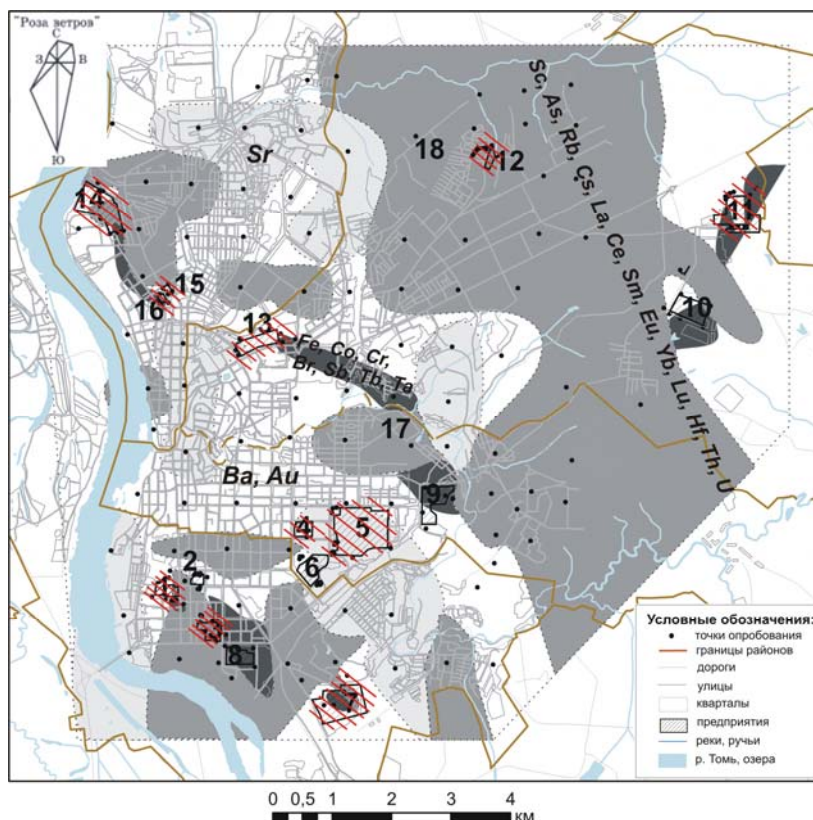


Рис. 6. Зонирование территории г. Томска по особенностям накопления и характеру поведения взаимосвязей элементов в почвах (условные обозначения см. на рис. 4; штриховкой выделены предприятия, почвы вокруг которых токсичны для тест-объектов)

В работе Л.П. Рихванова с соавторами (1993) представлены данные по заболеваемости детского населения города и проведена взаимосвязь загрязнения почв тяжелыми металлами с уровнем заболеваемости. При сопоставлении полученных нами геохимических данных с заболеваемостью также выявлена некоторая корреляция. Ореолы повышенных содержаний ряда редких и редкоземельных элементов в почвах совпадают с районами, где фиксируется повышенная частота встречаемости хронических заболеваний органов дыхания, печени и крови.

Дети, проживающие в районах города с повышенным уровнем загрязнения воздуха, чаще болеют бронхитом, пневмониями, отитом, аллергическими заболеваниями (Воробьева и др., 1992). По результатам исследований Л.П. Волкотруб и Т.В. Чемерис (2002), зоны очень высокого онкологического риска населения всех возрастных групп расположены в северо-западной, северо-

восточной и центральной частях города. Наиболее неблагоприятные районы, выделенные в результате исследований, в основном, совпадают с зонами очень высокого онкологического риска населения.

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

**ПОЛОЖЕНИЕ 2. Геохимические особенности почв в районах промышленных предприятий г. Томска отражают специфику их производств. Например, для металлообрабатывающих предприятий характерны Cr, Co, Mo, W, для шпалопропиточного производства – Cu. Почвы с повышенными содержаниями микроэлементов обладают токсичностью, что подтверждается результатами биотестирования.**

Рассматриваемые промышленные предприятия располагаются, в основном, в зоне жилой застройки на территории различных районов города. По результатам проведенных исследований в почвах около предприятий отмечаются высокие содержания Cr, W, Co, Mo, Cd, Sn, а также Cu и Sb, что отражает специфику их производства (рис. 7). Отличия от средних содержаний элементов в почвах районов города статистически значимые.

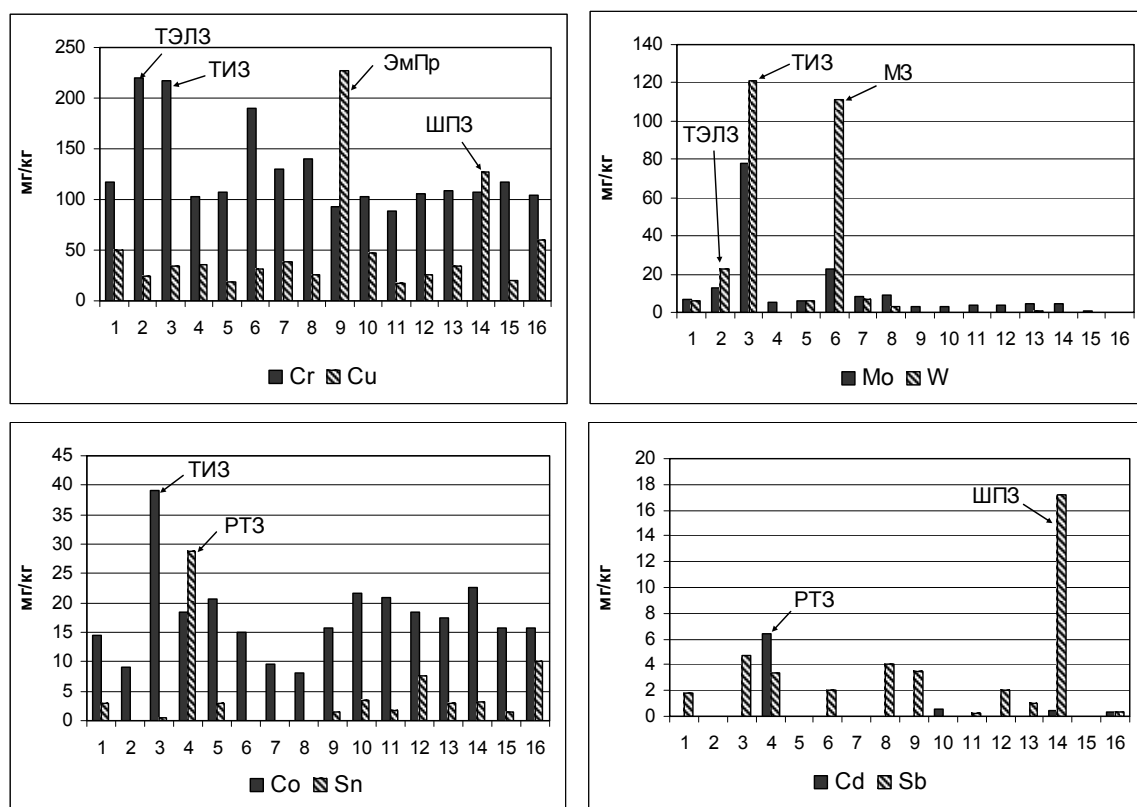


Рис. 7. Содержание микроэлементов в почвах около промышленных предприятий города: 1 – ОАО «ТЭМЗ»; 2 – ОАО «ТЭЛЗ»; 3 – ОАО «ТИЗ»; 4 – ОАО «Томский радиотехнический завод» (РТЗ); 5 – ООО «Континентъ»; 6 – ОАО «Манотомь» (МЗ); 7 – Томская ГРЭС-2; 8 – ОАО «Сибэлектромотор»; 9 – Эмальпроизводство ЗАО «Сибкабель» (ЭмПр); 10 – НПО «Вирион»; 11 – ЗАО «Томский приборный завод»; 12 – Спичечная фабрика «Сибирь»; 13 – ЗАО «Сибкабель»; 14 – ОАО «Томский шпалопропиточный завод» (ШПЗ); 15 – ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм»; 16 – Томский дрожжевой завод

Повышенные концентрации элементов в почвах около промышленных предприятий города отражаются на значениях коэффициентов концентраций (КК), рассчитанных относительно фоновых содержаний. Значения КК составляют от 2,6 до 242 единиц (табл. 2).

Таблица 2

Ассоциации химических элементов в почвах в районах расположения промышленных предприятий г. Томска (данные ИСР)

Территория	Коэффициенты концентраций (КК)				СПЗ (степень загрязнения)
	1 – 3	3 – 5	5 – 10	более 10	
ОАО «ТЭМЗ»	Zn <sub>2,5</sub> Cu <sub>2,4</sub> Mo <sub>2</sub> Be <sub>1,6</sub> Cr <sub>1,4</sub> As <sub>1,1</sub> Co <sub>1,1</sub>	-	Pb <sub>5,7</sub>	W <sub>12,6</sub>	22 (средняя)
ОАО «ТЭЛЗ»	Cr <sub>2,6</sub> Be <sub>1,8</sub> P <sub>1,5</sub> Cu <sub>1,2</sub> Zn <sub>1,1</sub>	Mo <sub>4</sub> Pb <sub>3,4</sub>	-	W <sub>46</sub>	<b>55 (высокая)</b>
ОАО «ТИЗ»	Co <sub>3</sub> Cr <sub>2,6</sub> Zn <sub>2,3</sub> Cu <sub>1,7</sub> Ba <sub>1,4</sub> V <sub>1,3</sub>	-	Pb <sub>5,2</sub>	W <sub>242</sub> Mo <sub>24</sub>	<b>275 (очень высокая)</b>
ОАО «РТЗ»	Zn <sub>1,9</sub> Cu <sub>1,7</sub> Mo <sub>1,5</sub> As <sub>1,5</sub> Co <sub>1,4</sub> Cr <sub>1,2</sub>	Pb <sub>3,1</sub>	Sn <sub>6</sub>	Cd <sub>10,7</sub>	21 (средняя)
КЗ	Pb <sub>2,3</sub> Mo <sub>1,8</sub> Co <sub>1,6</sub> Cr <sub>1,3</sub> Zn <sub>1,3</sub> As <sub>1,3</sub> V <sub>1,1</sub> Y <sub>1,1</sub>	-	-	W <sub>11,5</sub>	15 (низкая)
МЗ	Cr <sub>2,3</sub> Be <sub>1,8</sub> Cu <sub>1,5</sub> Ba <sub>1,5</sub> Zn <sub>1,4</sub> As <sub>1,2</sub> Co <sub>1,2</sub>	-	Mo <sub>7,1</sub> Pb <sub>6,9</sub>	W <sub>222</sub>	<b>238 (очень высокая)</b>
ГРЭС-2	P <sub>3</sub> Zn <sub>2,9</sub> Mo <sub>2,6</sub> Be <sub>2,2</sub> Cu <sub>1,9</sub> As <sub>1,6</sub> Cr <sub>1,5</sub>	Pb <sub>4,6</sub>	-	W <sub>13</sub>	25 (средняя)
«СибМ»	Pb <sub>2,8</sub> Mo <sub>2,8</sub> Be <sub>1,8</sub> Cr <sub>1,7</sub> Cu <sub>1,3</sub> Zn <sub>1,2</sub>	-	W <sub>6</sub>	-	12 (низкая)
«ЭмПр»	Zn <sub>2,6</sub> As <sub>1,6</sub> Co <sub>1,2</sub> Cr <sub>1,1</sub>	-	-	Cu <sub>11</sub> Pb <sub>10,8</sub>	23 (средняя)
НПО «Вирин»	Cu <sub>2,3</sub> Co <sub>1,7</sub> Zn <sub>1,5</sub> Cr <sub>1,2</sub> V <sub>1,2</sub> Be <sub>1,1</sub> Ti <sub>1,1</sub> Y <sub>1,1</sub> Zr <sub>1,1</sub>	-	Pb <sub>5,1</sub>	-	8 (низкая)
ЗАО «ТПЗ»	Co <sub>1,6</sub> Pb <sub>1,5</sub> Cr <sub>1,1</sub> Zn <sub>1,1</sub> Mo <sub>1,1</sub> V <sub>1,1</sub> P <sub>1,1</sub> Y <sub>1,1</sub>	-	-	-	3 (низкая)
СпичФ	Zn <sub>2,9</sub> P <sub>1,6</sub> Sn <sub>1,6</sub> Co <sub>1,4</sub> Cu <sub>1,3</sub> Cr <sub>1,3</sub> Mo <sub>1,1</sub> Ba <sub>1,1</sub>	-	Pb <sub>8,9</sub>	-	13 (низкая)
«Сибкабель»	Zn <sub>2,2</sub> W <sub>2</sub> Cu <sub>1,6</sub> Mo <sub>1,4</sub> Cr <sub>1,3</sub> Co <sub>1,3</sub> Be <sub>1,1</sub> P <sub>1,1</sub>	-	Pb <sub>6,6</sub>	-	11 (низкая)
ШЗ	Zn <sub>2,9</sub> Co <sub>1,7</sub> Mo <sub>1,5</sub> As <sub>1,4</sub> P <sub>1,4</sub> Cr <sub>1,3</sub> Be <sub>1,3</sub> Ba <sub>1,2</sub> Y <sub>1,2</sub> Zr <sub>1,2</sub> Ni <sub>1,1</sub> V <sub>1,1</sub>	Sb <sub>3,8</sub>	Cu <sub>6,2</sub>	Pb <sub>12,8</sub>	26 (средняя)
ФЗ	Zn <sub>2</sub> Cr <sub>1,4</sub> Co <sub>1,2</sub>	Pb <sub>4,2</sub>	-	-	6 (низкая)
ДЗ	Cu <sub>2,9</sub> Sn <sub>2,1</sub> As <sub>1,9</sub> Ba <sub>1,4</sub> Co <sub>1,2</sub> Cr <sub>1,2</sub>	P <sub>3,1</sub>	Zn <sub>5,5</sub>	Pb <sub>14,7</sub>	26 (средняя)

Примечание: величина КК рассчитана относительно локального фона – п. Ипатово (Языков, 2006), средних содержаний в почвах Западной Сибири (Сысо, 2004); СПЗ рассчитан для элементов с КК>1; ТЭМЗ – Томский электромеханический завод; ТЭЛЗ – Томский электроламповый завод; ТИЗ – ОАО «Томский инструмент»; РТЗ – Томский радиотехнический завод; КЗ – ООО «Континентъ» (Кирпичный завод); МЗ – ОАО «Манотомъ»; «СибМ» – ОАО «Сибэлектромотор»; «ЭмПр» – Эмальпроизводство ЗАО «Сибкабель»; ТПЗ – Томский приборный завод; СпичФ – Спичечная фабрика «Сибирь»; ШЗ – ОАО «Томский шпалопропиточный завод»; ФЗ – ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм»; ДЗ – Томский дрожжевой завод.

Выявленные ассоциации элементов со значимыми коэффициентами корреляции также отражают специфику накопления данных микроэлементов в почвах около промышленных предприятий.

В результате исследования вещественного состава проб почв из районов расположения предприятий и фонового участка выявлены частицы природного и

техногенного происхождения. Природные составляющие представлены, в основном, частицами кварца, слюды, окислами и гидроокислами железа, биогенными частицами и другими. Техногенные – различными микросферами, содержащими Fe (выявлены практически во всех пробах), Ca (в районе ОАО «ТЭЛЗ»), Mg, а также частицами угля, сажей, шлаком и частицами металлообработки (рис. 8).

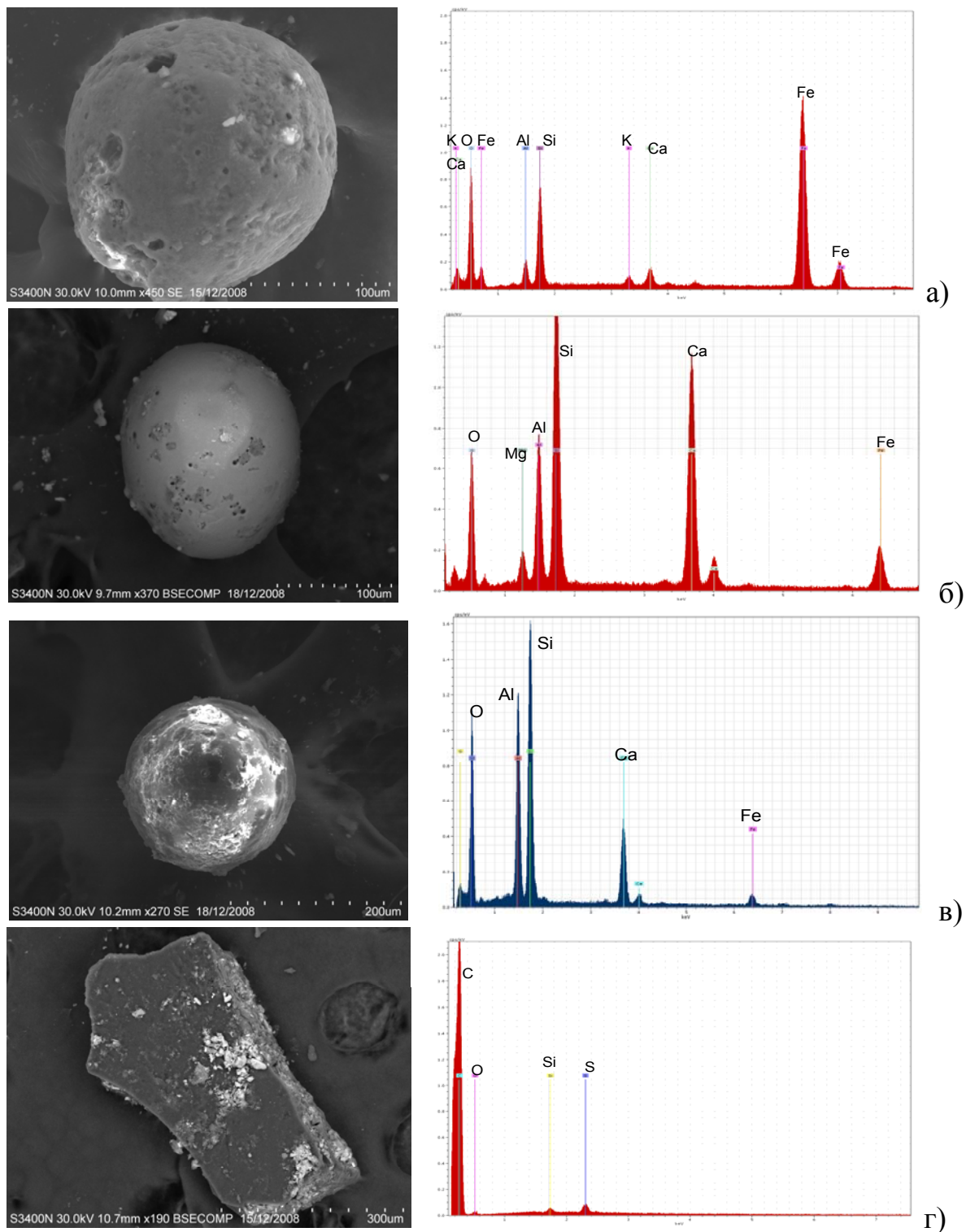


Рис. 8. Результаты электронной микроскопии частиц проб почв: а) микросферы, содержащие Fe (увел. 450<sup>x</sup>); б) Al-Si микросферы, содержащие Ca, Fe и Mg (увел. 370<sup>x</sup>); в) Al-Si микросферы, содержащие Ca (увел. 270<sup>x</sup>); г) частица угля (увел. 190<sup>x</sup>)



Максимальное количество техногенных составляющих, по отношению к природным, выявлено в пробах в районе ОАО «Томский шпалопропиточный завод» (65%) и Томской ГРЭС – 2 (64%), минимальное – в пробах, отобранных в районах расположения НПО «Вирион» (16,5%) и ЗАО «Томский приборный завод» (19,5%).

Относительно фонового района и сельских населенных пунктов, в среднем, процент техногенных частиц в почвах г. Томска значительно больше, что указывает на высокий уровень техногенной нагрузки на окружающую среду на территории города, обусловленный работой промышленных предприятий, теплоэнергетического комплекса и предприятий стройиндустрии.

Значение суммарного показателя загрязнения почв элементами трех классов опасности в районах промышленных предприятий города изменяется от 3 единиц (ЗАО «Томский приборный завод»), что соответствует низкой степени загрязнения, до 275 единиц (ОАО «Томский инструмент») – очень высокая степень загрязнения (табл. 2).

По результатам исследований методами биотестирования токсичными для обоих тест-объектов оказались пробы, отобранные около ОАО «Томский электромеханический завод», ОАО «Томский инструмент», ОАО «Томский радиотехнический завод», ОАО «Манотомь», Томской ГРЭС-2, ОАО «Томский шпалопропиточный завод», Спичечной фабрики «Сибирь», ЗАО «Сибкабель» и ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм», что связано с особенностями геохимического состава почв.

*Таким образом, специфика производств промышленных предприятий определяет особенности геохимического и вещественного составов почв города. Повышенные содержания химических элементов в почвах обуславливают их токсичность для живых организмов.*

**ПОЛОЖЕНИЕ 3.** Среднее содержание урана в почвах территории г. Томска составляет 2,4 мг/кг, тория – 7,5 мг/кг, при отношении тория к урану равном 3,1. По данным f-радиографии в городских почвах радиоактивные делящиеся элементы ( $U^{235}$ , Pu, Am) характеризуются, в основном, равномерным характером распределения, однако встречаются участки почв с присутствием микровключений. В зоне воздействия предприятий ядерно-топливного цикла установлено преимущественно неравномерное их распределение.

Основными источниками поступления радиоактивных элементов в почвы г. Томска и Томской области являются Сибирский химический комбинат (СХК), Томская ГРЭС-2, а также котельные промышленных предприятий и частного сектора, работающие на углях. Угли как природные образования содержат в тех или иных количествах естественные радиоактивные элементы (Рихванов и др., 1996). При их сжигании происходит концентрирование многих химических компонентов в золошлаках (Рихванов и др., 1997). Содержание урана в почвах района золошлакоотвала до 5 мг/кг, тория – до 14 мг/кг (Рихванов и др., 1993). Также в районе золошлакоотвала ГРЭС-2 фиксируются повышенные значения МЭД (14-16 мкР/ч) (Рихванов и др., 1993).

По результатам проведенных исследований почвы г. Томска характеризуются содержаниями урана от  $<0,8$  до 6 мг/кг при среднем значении  $2,4 \pm 0,1$  мг/кг, тория – от 2,5 до 16,1 мг/кг при средней величине  $7,5 \pm 0,1$  мг/кг, фоновые значения составляют 0,5 мг/кг и 3,7 мг/кг соответственно. Среднее значение отношения тория к урану в почвах города составляет 3,1 единицы, при фоновом значении 7,4.

Основные ореолы повышенных содержаний данных элементов, относительно средних значений для почв города, фиксируются в восточной части Советского района и северо-восточной части Октябрьского района, а также в районе золоотвала Томской ГРЭС-2, что согласуется с данными, полученными А.В. Таловской (2008) по результатам изучения пылеаэрозолей (рис. 9).

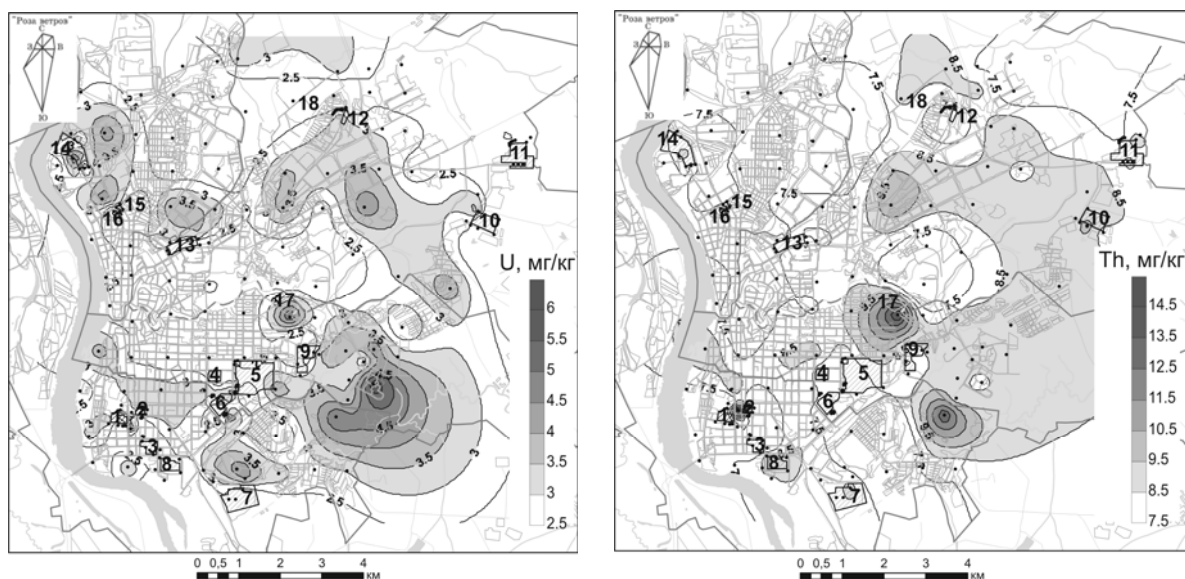


Рис. 9. Карты пространственного распределения содержания урана и тория в почвах на территории г. Томска (условные обозначения см. на рис. 4)

По результатам f-радиографии распределение делящихся радиоактивных элементов в почвах изученной территории имеет равномерный и неравномерный характер, что связано с различными формами нахождения радиоактивных элементов. Радиоактивные делящиеся элементы находятся в форме молекулярного рассеяния и в виде примесей (концентрированная форма), которые проявляются на детекторе как отдельные скопления треков от осколков деления в виде сгустков треков и звездчатых скоплений (рис. 10). «Звезды», как показали исследования Е.Г. Язикова (2006), характеризуют собственные минеральные выделения радиоактивных элементов (оксиды урана). Такие частицы, характерные для района с предприятиями ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), были также установлены ранее в работах Л.П. Рихванова и В.В. Архангельского (Архангельский и др., 2000; Рихванов и др., 1990, 1996).

Для почв г. Томска характерен, в основном, равномерный характер распределения, плотность треков на детекторе составляет, в среднем,  $4790 \pm 118$  треков/мм<sup>2</sup>, что в 2 раза выше фонового значения. На неравномерный характер распределения, представленный единичными звездчатыми и точечными

скоплениями треков, приходится в среднем до 3 штук/см<sup>2</sup>, что также выше фоновых значений.

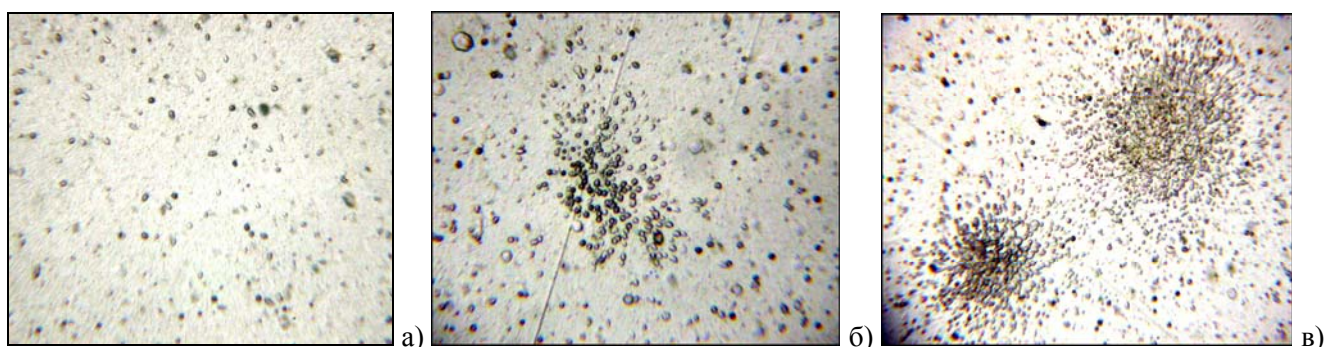


Рис. 10. Характер распределения треков от осколков деления радиоактивных элементов в почвах. Детектор лавсан. Увел. 180-500<sup>X</sup>. Характер распределения треков: а) равномерный; б) отдельные сгустки скоплений; в) микровключения радиоактивных элементов

По сравнению с почвами населенных пунктов Томского района, плотность равномерного характера распределения треков в городских почвах значительно выше, а неравномерного – ниже. В пробах из сельских населенных пунктов, попадающих в 30-км зону влияния СХК, наблюдается значительное увеличение количества скоплений треков на детекторе в виде «звезд» и отдельных сгустков, что указывает на влияние комбината на данную территорию. Максимальное количество скоплений треков выявлено в почвах населенных пунктов

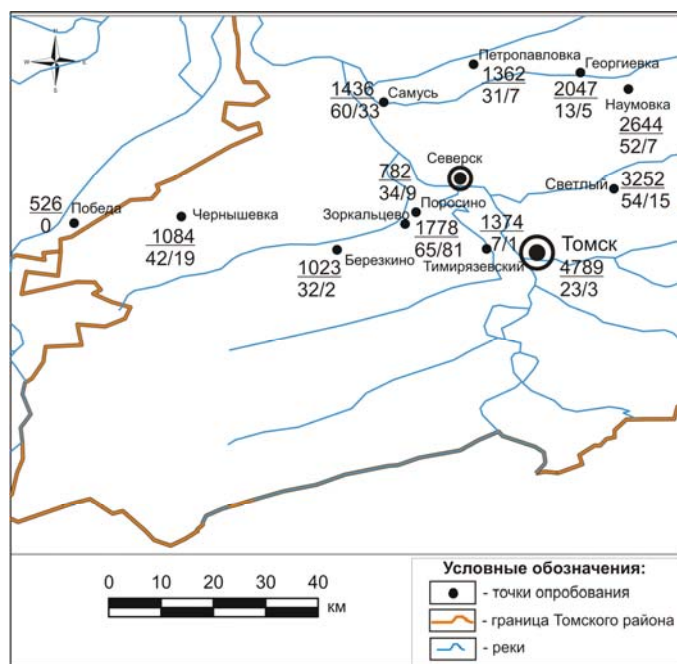


Рис. 11. Плотность треков от осколков деления радиоактивных элементов равномерного и не равномерного характера распределения в пробах почв района исследований (в числителе приведена плотность треков на мм<sup>2</sup>, в знаменателе – среднее количество точечных скоплений/количество «звезд», штук)

Зоркальцево и Самусь (рис. 11). Повышение плотности скоплений треков в виде «звезд» в почвах сельских населенных пунктов, расположенных в зоне влияния СХК, было также ранее установлено в работах Л.П. Рихванова, Е.Г. Язикова и В.В. Архангельского.

Таким образом, по результатам исследований методом осколочной радиографии в почвенном покрове территории г. Томска и фоновых районов наиболее распространенной формой распределения радиоактивных делящихся элементов является равномерное рассеяние. В почвах территорий сельских населенных пунктов, расположенных в зоне влияния СХК, зафиксировано значительное увеличение количества скоплений треков от осколков деления радиоактивных элементов в виде «звезд» и сгустков треков.

## ВЫВОДЫ

1. Средние содержания редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в почвах города превышают фоновые в 1,4-8 раз. Из них наибольшие значения коэффициентов концентраций характерны для Ta, Br, Sb, Tb, U. Величина суммарного показателя загрязнения составляет 51 единицу, что соответствует высокой степени загрязнения и опасному уровню заболеваемости населения.

2. По результатам корреляционного анализа в почвах города выделены следующие ассоциации со значимыми коэффициентами: Au-Ba, Sr-Cr, Co-Ta, As-Ca, Hf-Na, Eu-Fe-Sc-Th, Cs-Yb-La-Lu-Sm, характеризующие воздействие топливно-энергетического комплекса, предприятий с металлообработкой, стройиндустрии и других производств.

3. Специфика почвенного покрова районов города заключается в повышенных относительно средних значений по городу содержаниях ряда элементов: Кировский район – Na и Ba, Октябрьский – Hf, Sc, Tb, Sm, La, Ce, Yb, Lu, Th, Br, Ленинский – Ca, Rb, Sr.

4. Геохимические особенности почв в районах расположения промышленных предприятий отражают специфику производства. Для металлообрабатывающих предприятий характерны элементы: Cr, Co, Mo, W, для шпалопропиточного производства – Cu, радиотехнического – Sn и Cd.

5. Почвы с повышенными содержаниями микроэлементов обладают токсичностью, что подтверждается результатами биотестирования с использованием в качестве тест-объектов инфузории-туфельки (*Paramecium caudatum*) и мушки (*Drosophila melanogaster*).

6. По результатам изучения вещественного состава проб почв, максимальное количество техногенных составляющих, по отношению к природным, выявлено около ОАО «Томский шпалопропиточный завод» и Томской ГРЭС – 2, минимальное – около НПО «Вирион» и ЗАО «Томский приборный завод».

7. На территории города выделены четыре зоны с различными уровнями накопления элементов в почвах и характером их взаимосвязей. По комплексу эколого-геохимических показателей наиболее неблагоприятными являются северо-восточная, северо-западная, центральная и юго-западная части города, где расположены различные по специфике производства промышленные предприятия.

8. По результатам радиографических исследований в почвенном покрове территории города и фоновых районов наиболее распространенной формой распределения радиоактивных делящихся элементов является равномерное их рассеяние. В почвах территорий сельских населенных пунктов, расположенных в зоне влияния СХК, зафиксировано значительное увеличение количества скоплений треков от осколков деления радиоактивных элементов в виде «звезд», представляющих собой собственные минеральные образования радиоактивных элементов.

## ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для улучшения экологической обстановки на территории г. Томска целесообразно котлы Томской «ГРЭС-2» и котельных промышленных предприятий, расположенных в районе Черемошников, перевести на сжигание газа.

2. На промышленных предприятиях (ОАО «Сибэлектромотор», ОАО «Томский инструмент», ОАО «Томский электроламповый завод», ОАО «ЖБК-100», ООО «ЖБК-40») необходима реконструкция устаревшего оборудования с применением более совершенных и экологически чистых технологий. Требуется разработка методов и аппаратов для улавливания и удаления токсичных веществ из вентиляционных выбросов и выбросов от стационарных источников.

3. Почвы территорий детских садов и школ, расположенных в районах ОАО «Томский инструмент», ООО «Континенть», ОАО «Томский электроламповый завод» необходимо рекультивировать гумусовым грунтом слоем 10-15 см с посевом трав-фитомелиорантов, способных сорбировать и удерживать загрязняющие вещества.

4. Для снижения выбросов от автотранспорта необходимо перевести часть автотранспорта на сжатый природный, сжиженный газ, смесевые топлива и использовать двигатели, не дающие токсичных выхлопов, а также увеличить долю городского электротранспорта.

### Список публикаций по теме диссертации

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

1. **Жорняк Л.В.** Редкие, редкоземельные и радиоактивные элементы в почвенном покрове урбанизированных территорий (на примере г. Томска) / Л.В. Жорняк, Е.Г. Языков // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 2008. – № 4. – С. 82-84.

2. Рихванов Л.П. Состояние компонентов природной среды Томской области по данным эколого-геохимического мониторинга и здоровье населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Языков, Н.В. Барановская, **Л.В. Жорняк** [и др.]//Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 1.– С. 29-37.

#### *Материалы в сборниках научных конференций*

3. **Жорняк Л.В.** К вопросу биотестирования почвогрунтов территорий промышленных предприятий г. Томска с использованием *Drosophila melanogaster* // Проблемы геологии и освоения недр: Труды VIII Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых им. акад. М.А. Усова, Томск, 5-9 апреля 2004 г. – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – С. 722-725.

4. **Жорняк Л.В.** Микроэлементы в почвогрунтах урбанизированных территорий (на примере г. Томска) // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий: Труды VIII Международной научной школы-конференции студентов и молодых ученых. В 2-х т./ Отв. ред. В.В. Анюшин, Абакан, 24-26 ноября 2004 г. – Абакан: Изд-во ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2004. – Т. II. – С.12-13.

5. **Жорняк Л.В.** Геохимическая специализация почвогрунтов в зоне влияния промышленных предприятий г. Томска // Проблемы геологии и освоения недр: Труды IX Международного научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых им. акад. М.А. Усова, Томск, 11-15 апреля 2005 г. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – С. 607-610.

6. **Жорняк Л.В.** Геохимическая характеристика грунтов урбанизированных территорий и оценка их токсичности / Л.В. Жорняк, Е.Г. Языков // III тысячелетие –

новый мир: Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования, Москва, 5-9 декабря 2005 г. – Том 3. – М.: Академия наук о Земле, 2005. – С. 94-95.

7. **Жорняк Л.В.** Тяжелые металлы в почвах городских территорий (на примере г. Томска) // Наука и инновации XXI века: Материалы VI открытой окружной конференции молодых ученых, Сургут, 24-25 ноября 2005 г. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2006. – С. 205-206.

8. **Жорняк Л.В.** Эколого-геохимическая характеристика почвогрунтов г. Томска // Школа экологической геологии и рационального недропользования: Материалы Седьмой межвузовской молодежной научной конференции, Санкт-Петербург, 29 мая-2 июня 2006 г. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2006. – С. 199-200.

9. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде / Л.П. Рихванов, С.И. Арбузов, Н.В. Барановская, А.В. Волостнов, Т.А. Архангельская, А.М. Межибор, В.В. Берчук, **Л.В. Жорняк** [и др.] // Известия ТПУ. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 128-136.

10. **Жорняк Л.В.** Радиогеохимическая характеристика почвогрунтов г. Томска // Проблемы геологии и освоения недр: Сборник научных трудов XII Международного симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, ТПУ, 14-17 апреля 2008 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – С. 685-687.

#### *Материалы, опубликованные за рубежом*

11. Язиков Е.Г. Мониторинг эколого-геохимического состояния природных сред населенных пунктов юга Томской области / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, А.Ю. Шатилов, **Л.В. Жорняк** // Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде: Труды III Международной научно-практической конференции, Семипалатинский государственный педагогический институт, 7-9 октября 2004 г. – Т. II. – Семипалатинск, 2004. – С. 314-321.

12. **Жорняк Л.В.** Биотестирование почвогрунтов как индикатор экологического состояния территорий промышленных предприятий / Л.В. Жорняк, Е.Г. Язиков // Актуальные проблемы геохимической экологии: Материалы V Международной биогеохимической школы, Семипалатинский государственный педагогический институт, 8-11 сентября 2005 г. – Семипалатинск, 2005. – С. 433-437.

13. **Жорняк Л.В.** Распределение редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в почвенном покрове урбанизированных территорий / Л.В. Жорняк, Е.Г. Язиков // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: Материалы IV Международной научно-практической конференции, Семипалатинский государственный педагогический институт, 19-21 октября 2006 г. – Т. I. – Семипалатинск, 2006. – С. 188-196.