

На правах рукописи



Таловская Анна Валерьевна

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
РАЙОНОВ Г. ТОМСКА ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ
ПЫЛЕАЭРОЗОЛЕЙ**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск - 2008

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Язиков Егор Григорьевич

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Бортникова Светлана Борисовна

кандидат геолого-минералогических наук
Бернатонис Вилис Казимирович

Ведущая организация: ОАО «Томскгеомониторинг», г. Томск

Защита состоится «23» декабря 2008 г. в 16.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.269.07 при Томском политехническом университете по адресу: 634050, г. Томск, ул. Советская, 73, 1-й корпус ТПУ, ауд. 111.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан «22» ноября 2008 г.

Ученый секретарь диссертационного совета



С.И. Арбузов

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Техногенное воздействие на окружающую среду в крупных промышленных центрах приводит к формированию антропогенных геохимических аномалий. Сейчас в земной атмосфере находится около 20 млн т пыли, из которой примерно три четверти приходится на выбросы промышленных предприятий (металлургический, энергетический, нефтегазодобывающий и нефтехимический комплексы) (Ивлев, 1982; Кабанов, 1997). Входящие в состав аэрозолей вещества неблагоприятно воздействуют на здоровье человека (Спурный и др., 1964; Василенко, 1999; Mugica et al., 2002; Carpes et al., 2004 и др.). В настоящее время особое внимание уделено изучению аэрозолей в крупных регионах и городах в нашей стране и за рубежом (Селезнева, 1966; Аэрозоли..., 1993; Куценогий, 1997; Геохимия ..., 1990; Norra, 2001; Watson et al., 2001; Kim et al., 2003 et al; Liu et al., 2005; Аэрозоли..., 2006 и др.).

В Западной Сибири исследование состава атмосферных пылевых выпадений с использованием снеговой геохимической съемки проводится начиная с 1974 г. Большая работа в этом направлении была проведена авторским коллективом, объединившем ученых из Томского государственного университета, Сибирского медицинского государственного университета и НИИ онкологии Томского научного центра РАМН, в составе Бояркиной А.П., Васильева Н.П., Львова Ю.А., Будаевой Л.И., Байковского В.В., Летувнинкаса А.И., Воробьевой А.И. и др. Начиная с 1990-х годов изучение загрязнения окружающей среды, в том числе и снегового покрова, проводится на базе кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета Рихвановым Л.П., Языковым Е.Г., Сарнаевым С.И., Шатиловым А.Ю. и др. В г. Новосибирске подобные работы проводят сотрудники Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН Росляков Н.А., Ковалев В.П., Щербakov Ю.Г., Сухоруков Ф.В., Щербов Б.Л., Ковалев С.И. и др., а также сотрудники ГПП «Березовгеология» Пахомов В.Г., Попов Ю.П., Зубов Е.В., Анцырев А.А., Лященко Н.Г. и др.

На территории Томского района Томской области расположено значительное количество крупных промышленных предприятий различного назначения. Особенностью этой территории является наличие предприятий ядерно-топливного цикла Сибирского химического комбината (СХК, г. Северск). Наряду с этим, нефтехимическая промышленность, десятки заводов и фабрик, а также предприятия топливного цикла (ГРЭС, ТЭЦ и др.) выбрасывают значительные массы пылеаэрозолей в окружающую среду, что создает определенную экологическую опасность для населения (Экология Северного, 1994; Экологический ..., 2006).

Анализ ранее проведенных эколого-геохимических исследований пылеаэрозолей на территории г. Томска и Томского района Томской области показывает, что преимущественное внимание при этом уделялось изучению уровней накопления в них тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Cd и др.) (Аэрозоли..., 1993; Летувнинкас, 1999; Ильченко, 2000; Летувнинкас, 2002;

Семина, Иванов, 2003 и др.). Имеется ряд работ по изучению содержания редких, редкоземельных и радиоактивных элементов, а также минеральной составляющей техногенных образований в пылеаэрозолях на территории сельских населенных пунктов Томского района и некоторых других регионов России (Экология..., 1994; Голева, 1994, 2001, 2007; Язиков, Рихванов, 1996; Шатилов, 2001; Язиков, 2006 и др.). Детальное изучение вещественного состава твердого осадка снега с применением современной аппаратуры, а также установление радиогеохимической специализации пылеаэрозолей в целом на всей территории г. Томска позволит объективно оценить уровень ее загрязнения.

Объектом исследований является территория г. Томска. Предметом исследования выступает твердый осадок снега.

Цель работы. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей для разработки рекомендаций по организации локального экологического мониторинга. Основные задачи исследования:

1. Изучить вещественный состав пылеаэрозолей на территории г. Томска.
2. Оценить среднесуточное поступление техногенной пыли с комплексом редких, редкоземельных и радиоактивных элементов на снеговой покров территории г. Томска.
3. Установить ассоциации редких, редкоземельных и радиоактивных элементов, характерных для пылеаэрозолей на территории г. Томска.
4. Выявить изменение минералого-геохимических особенностей пылеаэрозолей за зимние периоды 2001-2007 гг. на территории учебных корпусов Томского политехнического университета, Академгородка и пригорода с целью изучения динамики пылевого загрязнения территории г. Томска.
5. Определить токсичность пылеаэрозолей на территории г. Томска методом биотестирования на дрозofiлах *Drosophila melanogaster* и инфузориях-туфельках *Paramecium caudate*.
6. Разработать методику радиогеохимической оценки территории в зоне влияния предприятий ядерно-топливного цикла на основе изучения пылеаэрозолей методом f-радиографии.
7. На основе оценки эколого-геохимического состояния территории г. Томска и результатов детальных исследований района учебных корпусов Томского политехнического университета, Академгородка и пригорода разработать рекомендации по организации локального экологического мониторинга на площадках экологического благополучия.

Фактический материал и методы исследования

В основу диссертационной работы положены результаты исследований, проводившихся лично автором или совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии Института геологии и нефтегазового дела Томского политехнического университета в период с 2001 по 2007 год.

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 по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса» («УМНИК»), организованной Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере при поддержке Федерального агентства по науке и инновациям и Федерального агентства по образованию (2007-2008 гг.); гранта на проведение молодыми учеными научных исследований в ведущих научно-педагогических коллективах ТПУ (2008 г.). Исследования с 2006 г. выполнялись совместно с сотрудниками Института оптики атмосферы СО РАН (ИОА СО РАН) в рамках гранта РФФИ № 06-05-64393, а также во время научной стажировки автора в Университете Карлсруэ (Германия).

Для изучения минералого-геохимических особенностей пылевых атмосферных выпадений было отобрано и проанализировано 204 проб снега. Пробы отбирали в сельских населенных пунктах Томского района, расположенных в 30-40 км от города в юго-западном и северо-восточном направлениях, согласно «розы» ветров, а также в условно фоновых районах (с.с. Победа, Киреевск, заказник «Томский») (рис. 1). Снегогеохимическую съемку и другие исследования проводили также в отдельных пунктах мониторинга на территории г. Томска (рис. 2).

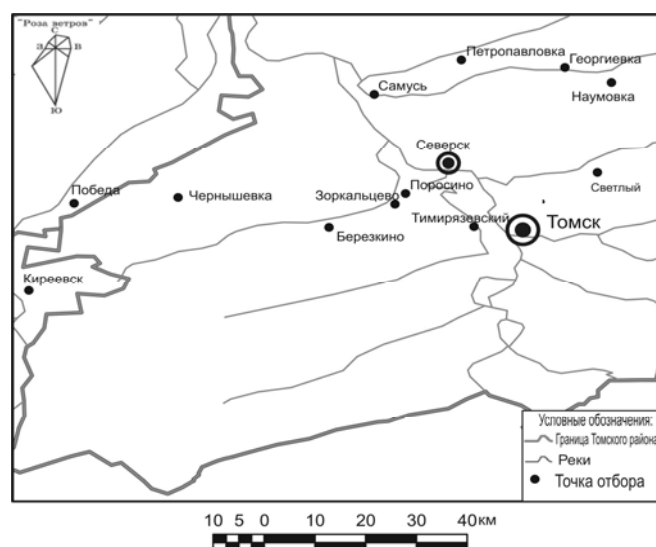


Рис. 1. Схема отбора проб снега на территории Томского района и на условно фоновых участках

Все пробы твердого осадка снега были проанализированы 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 (НИИЯФ при ТПУ) (аналитики А.Ф. Судыко, Л.В. Богутская). Исследования методом осколочной радиографии осуществляли на ядерном реакторе НИИЯФ при ТПУ. Кроме этого, использовали и другие методы анализа: масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS),

рентгенофлуоресцентный анализ, масс-спектрометрию для определения отношения изотопов углерода (IRMS) в аналитической лаборатории Института минералогии и геохимии Университета Карлсруэ (г. Карлсруэ, Германия).

Все анализы выполняли в аккредитованных лабораториях по аттестованным методикам с использованием стандартных образцов сравнения и контролировали параллельными определениями элементов несколькими аналитическими методами, а также данными внешнего контроля. Погрешность определения не превышала 20 % по большинству анализируемых элементов.

Исследования вещественного состава твердого осадка снега проводили с использованием рентгеноструктурного анализа и импульсной катодной люминесценцией в лабораториях ТПУ, а также рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии в лабораториях Института минералогии и геохимии Университета Карлсруэ (г. Карлсруэ, Германия).

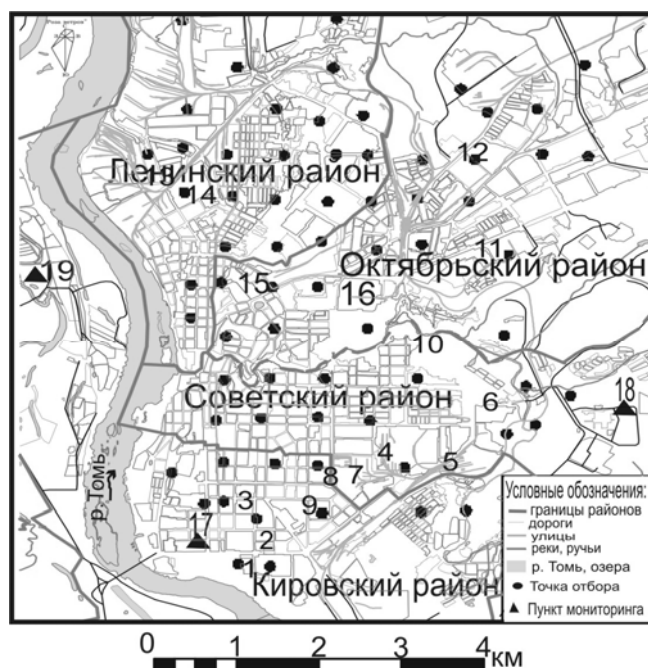


Рис. 2. Схема отбора проб снега на территории г. Томска

Промышленные предприятия (1-16): 1 – ООО «Континенть», 2 – ОАО «Томский инструмент», 3 – ОАО «Томский электроламповый завод», 4 – Томская ГРЭС-2 ОАО «Томскэнерго», 5 – ООО «Завод крупнопанельного домостроения ТДСК», 6 – «Эмальпроизводство ЗАО «Сибкабель», 7 – ОАО «Манотомь», 8 – ОАО «Сибэлектромотор», 9 – ФГУП «Томский электротехнический завод» и НПО «Полнос», 10 – золоотвал Томской ГРЭС-2 ОАО «Томскэнерго», 11 – ЗАО «Карьероуправление», 12 – ОАО «Завод ЖБК-100» и ООО «Керамзит-Т», 13 – ОАО ТрансВудсервис «Томский шпалопропиточный завод», 14 – ООО «Томский завод резиновой обуви», 15 – ЗАО «Сибкабель»; 16 – ЗАО «Томский подшипник». Пункты эколого-геохимического мониторинга (17-19): 17 – район учебных корпусов ТПУ, 18 – район Академгородока, 19 – с. Тимирязево.

Для определения токсичности пылеаэрозолей применяли метод биотестирования. В процессе выполнения эксперимента по биотестированию с использованием *Drosophila melanogaster* всего было изучено развитие 65 023

дрозофилы в 26 пробах твердого осадка снега территории г. Томска и его пригорода. Определение токсичности 20 проб твердого осадка снега методом биотестирования на инфузориях-туфельках *Paramecium caudate* проводили в гидрогеохимической лаборатории ОАО «Томскгеомониторинг».

Научная новизна работы:

1. Впервые на основе изучения пылеаэрозолей проведена эколого-геохимическая оценка состояния территории г. Томска с разработкой рекомендаций по её мониторингу.

2. Впервые для территории г. Томска выявлен уровень техногенного загрязнения на основе изучения вещественного состава твердого осадка снега, среднесуточного поступления пыли с комплексом редких, редкоземельных и радиоактивных элементов и выделения ассоциаций этих элементов.

3. Впервые предложена методика оценки радиогеохимического состояния территории с присутствием предприятий ядерно-топливного цикла на основе изучения пылеаэрозолей с помощью метода f-радиографии.

4. Впервые апробированы в качестве тест-объектов мушки *Drosophila melanogaster* и инфузории-туфельки *Paramecium caudate* для определения токсичности твердого осадка снега.

Практическая значимость работы

Проведенное автором районирование территории города с выделением типа загрязнения, по данным изучения пылеаэрозолей, послужит основой для разработки программы детального экологического мониторинга и внедрения системных природоохранных мероприятий для обеспечения безопасного проживания населения. Разработан новый способ экспрессной оценки определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами (патент № 2229737), который позволит совершенствовать технологию эколого-геохимического мониторинга. Предложенная методика радиогеохимической оценки территории с присутствием предприятий ядерно-топливного цикла (ЯТЦ), на основе изучения пылеаэрозолей методом осколочной радиографии, позволит установить степень и масштабы воздействия предприятий ЯТЦ на селитебную зону. Результаты работы внедрены в производство в ОАО «Томскгеомониторинг» и ОГУ «Облкомприрода».

Материалы диссертационной работы использованы при проведении практических и лабораторных занятий, а также в методических указаниях, в т.ч. и на английском языке, по курсам «Геохимический мониторинг природных сред» и «Минералогия техногенных образований» для студентов специальности 020804 «Геоэкология» кафедры геоэкологии и геохимии Института геологии и нефтегазового дела Томского политехнического университета.

Достоверность защищаемых положений обеспечена статистически значимым количеством проб, проанализированных современными высококачественными аналитическими методами, а также глубиной проработки материала.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы, полученные автором, докладывались на 25-и Международных и 5-и Всероссийских научных симпозиумах, форумах, конференциях, совещаниях и

школах-семинарах: V, VI, VII, VIII, IX, X, XI и XII Международных научных симпозиумах студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008), XI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2004» (Москва, 2004), Международной конференции «Экологическая геология и рациональное недропользование» (Санкт-Петербург, 2003), Международном форуме по проблемам науки, техники и образования (Москва, 2005), Международной конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (Семипалатинск, 2006, 2008) и др.

Публикации. Основное содержание и научные положения диссертации опубликованы в 45 статьях и тезисах докладов, в том числе 5 статей опубликованы в рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК. Получен в соавторстве 1 патент на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав и заключения. Объем работы составляет 185 страниц, включая 49 таблицы и 58 рисунков. Список литературы состоит из 174 наименований.

В главе 1 отражены современные научные достижения в области исследования атмосферных аэрозолей, в том числе и атмосферной пыли.

Глава 2 посвящена методике исследований. Описаны способы отбора и обработки проб снега, методы анализа твердого осадка снега и его биотестирования, а также приемы статистической обработки информации.

В главе 3 приводится характеристика природно-климатических особенностей территории, а также геоэкологической ситуации в г. Томске.

В главе 4 описаны уровень пылевой нагрузки на исследуемой площади и вещественный состав пылеаэрозолей.

В главе 5 охарактеризована геохимическая специализация пылеаэрозолей на изучаемой площади и описаны основные ореолы загрязнения снегового покрова химическими элементами на территории г. Томска.

В главе 6 дана радиогеохимическая характеристика пылеаэрозолей территории г. Томска и прилегающих площадей. При этом особое внимание уделяется формам нахождения делящихся радиоактивных элементов в пробах твердого осадка снега.

В 7 главе представлены результаты биотестирования проб твердого осадка снега на мушках *Drosophila melanogaster* и на инфузориях-туфельках *Paramecium caudate*.

В заключении приведены основные выводы и рекомендации.

Личный вклад соискателя в получение результатов, изложенных в диссертации, заключается в непосредственном участии в отборе и подготовке к анализам проб снега и их нерастворимого остатка, изучении вещественного состава проб, статистической обработке материала, построении карт-схем загрязнения снегового покрова изучаемой территории, биотестировании проб на *Drosophila melanogaster* и *Paramecium caudate*.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю, профессору, д.г.-м.н. Е.Г. Языкову и заведующему

кафедрой геоэкологии и геохимии, профессору, д.г.-м.н. Л.П. Рихванову за внимание, ценные советы и помощь при выполнении работы. Особо признателен автор руководителям и сотрудникам аналитических лабораторий А.Ф. Судыко, Л.В. Богутской, Г.А. Бабченко, Т.Д. Кириленко, Н.И. Мазуриной, U. Kramar, B. Oetzel, C. Naug, Cl. Mößner, V. Zibat, G. Preuß за помощь в проведении исследований. Автор выражает искреннюю благодарность за ценные советы д.б.н. Н.Н. Ильинских, д.ф.-м.н. В.И. Корепанову, д.ф.-м.н. М.В. Панченко, д.г.-м.н. Р.В. Голевой, к.ф.-м.н. В.И. Олешко, к.м.н. А.А. Михальчуку, к.т.н. С.Г. Маслову, ассистентам Н.А. Новиковой, Е.С. Андреевой, В.С. Козлову. Автор благодарен коллегам по кафедре геоэкологии и геохимии д.г.-м.н. С.И. Арбузову, к.г.-м.н. В.А. Домаренко, к.х.н. Н.А. Осиповой, к.г.-м.н. В.В. Ершову, к.б.н. Н.В. Барановской, к.г.-м.н. С.В. Азаровой, к.г.-м.н. А.В. Волостнову, к.г.-м.н. Т.А. Архангельской, ассистенту Л.В. Жорняк, инженеру Ю.Л. Замятиной, а также сотрудникам Института минералогии и геохимии Университета Карлсруэ (Германия, г. Карлсруэ) D. Stüben, St. Norra, Dr. Z. Berner, G.Ott, Th. Neumann и N. Schleicher.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Положение 1. Величина среднесуточной пылевой нагрузки на территорию г. Томска изменяется от 16 до 303 мг/м²хсут. при среднем значении 63 мг/м²хсут. Вещественный состав твердого осадка снега представлен природными (20-40%) и техногенными (60-80 %) составляющими. Основная доля техногенных составляющих приходится на выбросы предприятий топливно-энергетического комплекса, представленные преимущественно частицами сажи, угля (20-50 %), шлака (15-25 %) и алюмосиликатными микросферами (5-15 %), высокое содержание которых приходится на жилые кварталы Ленинского района и зоне воздействия Томской «ГРЭС-2».

Масса пыли в снеговой пробе служила основой для определения среднесуточной пылевой нагрузки P_n в мг/м²хсут. или кг/км²хсут. Расчет проводился по формуле: $P_n = P / (S \times t)$, где: P – масса пыли в пробе (мг; кг); S – площадь шурфа (м²; км²); t – время от начала снегостава (количество суток) (Геохимия ..., 1990).

По данным снеговой съемки, величина среднесуточной пылевой нагрузки на территорию г. Томска изменяется от 16 мг/м²хсут. до 303 мг/м²хсут. при среднем значении 63 мг/м²хсут. (рис. 3). По степени запыленности административные районы города образуют следующий ряд: Октябрьский – 84,3 мг/м²хсут., Советский – 62,7 мг/м²хсут., Ленинский – 55,9 мг/м²хсут. и Кировский – 43,6 мг/м²хсут.

Наиболее контрастные участки среднесуточного притока пыли на снеговой покров расположены на территории Октябрьского района, где сосредоточена основная часть предприятий строительной индустрии, а также на территории Советского района, где расположена Томская «ГРЭС-2».

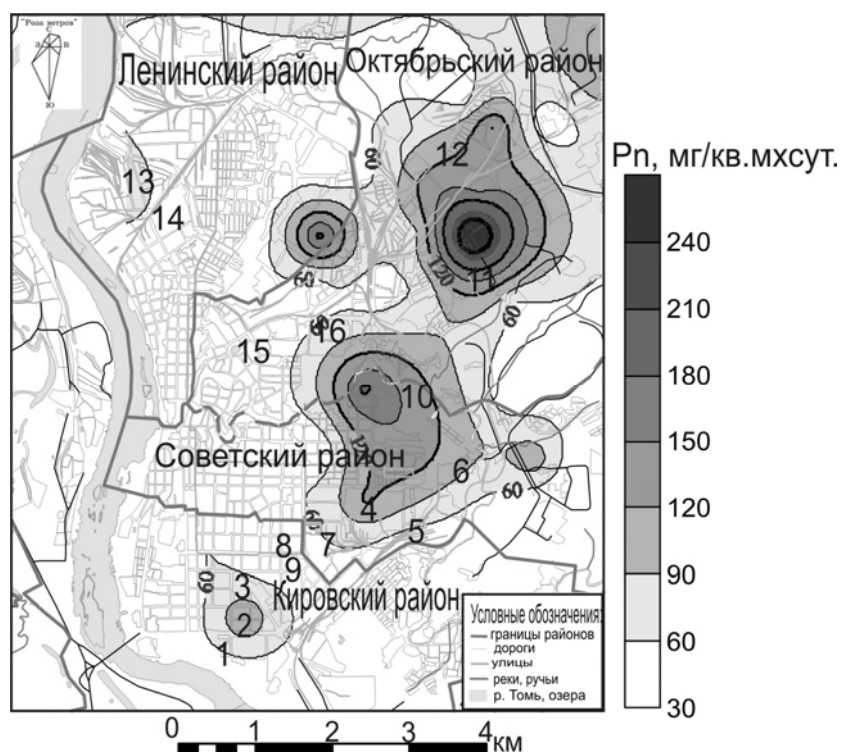


Рис. 3. Величина среднесуточной пылевой нагрузки на территорию г. Томска, по данным снегового геохимического опробования, $\text{мг/м}^2 \cdot \text{хсут.}$ (условные обозначения на рис. 2)

Детальные исследования вещественного состава проб твердого осадка снега с применением современных методов анализа позволили значительно дополнить сведения, полученные ранее А.Ю. Шатиловым и Е.Г. Языковым, при проведении аналогичных работ на территории Томского района Томской области.

По данным электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа, в пробах твердого осадка снега на территории г. Томска были обнаружены компоненты природного происхождения, представленные преимущественно кварцем, альбитом, амфиболами, каолинитом, слюдами, доломитом, кальцитом, гематитом, магнетитом.

Материал техногенного происхождения в основном представлен муллитом, магнезиоферритом, частицами сажи, угля, шлака и алюмосиликатными микросферулами с различной структурой (рис. 4).

В твердом осадке снега доля частиц природного и техногенного происхождения составляет соответственно 60-90 % и 10-40 % (табл. 1). Основная доля техногенного материала представлена частицами сажи и угля (20-50 %), шлака (15-25 %), алюмосиликатными микросферулами (5-15 %), поступающими в окружающую среду преимущественно с выбросами предприятий топливно-энергетического комплекса.

Основу пылеаэрозолей на территории Ленинского района составляют частицы сажи и угля (30-40 %), шлака (15-20 %), источниками которых являются частный сектор и местные котельные. Высокое содержание частиц

сажи и угля (25-30 %) приходится на жилые кварталы в зоне воздействия Томской «ГРЭС-2».

Таблица 1. Вещественный состав твердого осадка снега на территории г. Томска (зима, 2007 г.) (содержание, %)

Тип частиц	Условный фон*	Кировский район	Советский район	Октябрьский район	Ленинский район	Среднее по городу
Природные минеральные и биогенные частицы:	81,0	39,0	45,0	35,8	33,6	38,2
Кварц	60	25	33	24	23	26
Частицы оранжевого цвета, полупрозрачные, не окатанные	5	2	6	7	5	5
Растительные остатки	10	11	4	3	5	6
Полевой шпат	1,0	1,0	-	1,0	0,3	0,5
Слюда	-	-	2,0	0,8	0,3	0,7
Техногенные частицы:	19,0	61,1	55,0	64,2	66,4	61,8
Алюмосиликатные микросферулы	2,0	8,2	10,0	8,0	11,0	10,0
Металлические микросферулы	1,0	6,3	9,0	6,0	8,0	7,0
Частицы сажи и угля	7	28	23	24	33	27
Частицы шлака	8	14	7	7	11	10
Волокнистые частицы	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
Кирпичная крошка	-	3,0	4,0	18,0	2,3	6,4
Частицы синего цвета, бесформенные	-	0,3	1,0	0,2	0,1	0,4

Примечание: условный фон* – заказник «Томский».

Многолетние исследования в области медицины доказали, что частицы угольной золы вызывают массовую гибель легочных макрофагов, а сажа способствует учащению катаральных изменений носоглотки. Установлены прямые связи между высокими концентрациями частиц золы и сажи в воздухе с хроническим бронхитом, а также сажи с аллергическим ринитом (Мякишева, Германова, 2005).

Природная составляющая пылеаэрозолей в зимний период представлена в основном частицами кварца и растительными остатками (10-40 %), поступающими за счет ветровой эрозии берегов р. Томи и в результате подсыпания дорог песком во время противогололедных мероприятий. Отметим, что вблизи, обнаженных берегов р.р. Томи и Ушайки и склонов (например, микрорайон Солнечный) пылеаэрозоли представлены преимущественно природными частицами (60-70 %).

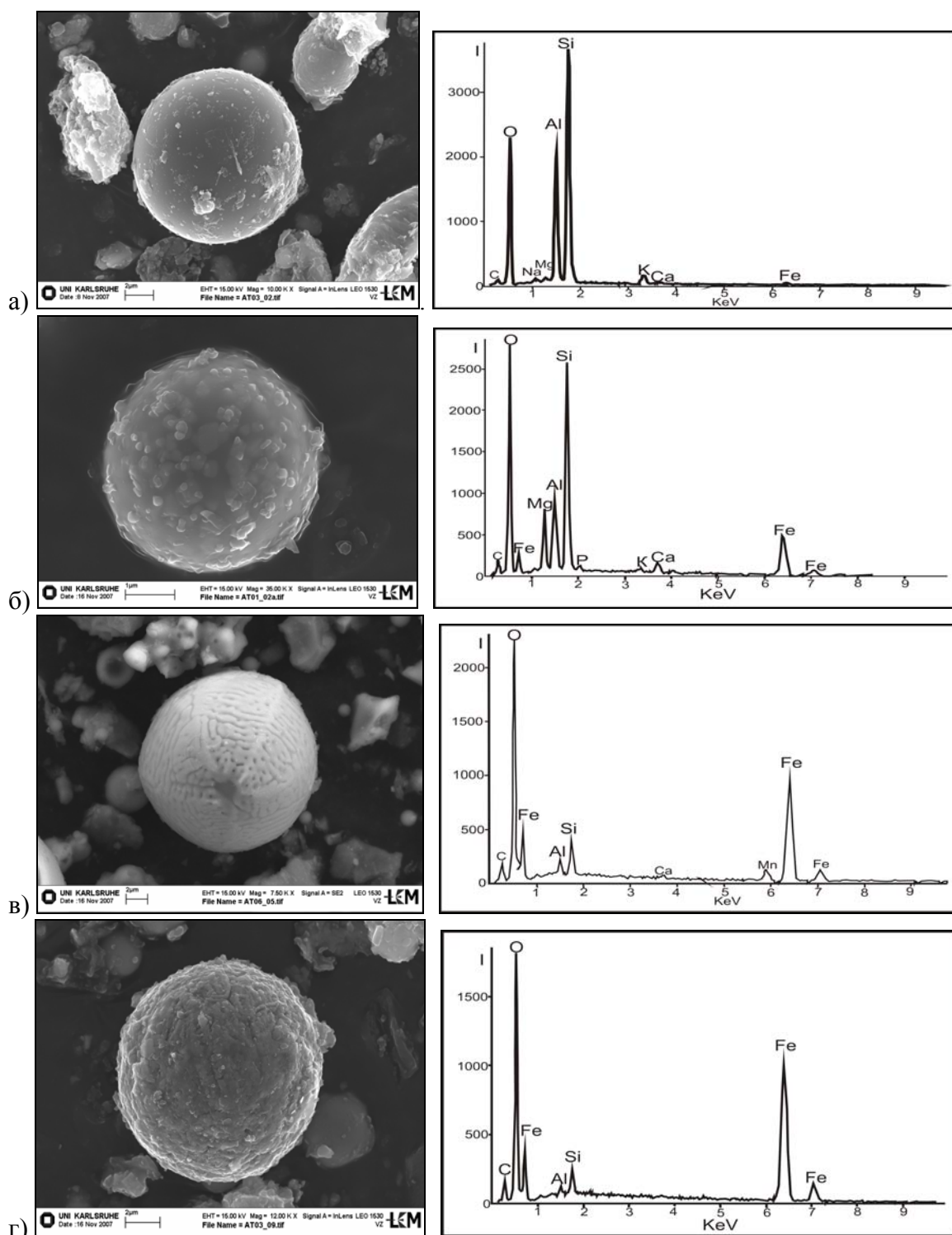


Рис. 4. Результаты электронной микроскопии твердого осадка снега

а) Al-Si гладкие микросферы (размер 0,5-12 мкм), (увел. 10 Кх); б) микросферы, содержащие оксиды Fe и Mg (2-6 мкм), (увел. 35 Кх); в) микросферы, содержащие оксиды Fe и Mn (20 мкм), (увел. 7,5 Кх); г) микросферы, содержащие оксиды Fe (20 мкм), (увел. 12 Кх)

Установлено, что соотношение природных (20-40 %) и техногенных частиц (60-80 %) за период наблюдения (2001-2007 гг.) существенно не изменялось. В пробах твердого осадка снега соотношение частиц угля, сажи (20-50 %), шлака (20-30 %) и алюмосиликатных микросферул (10-15 %)

практически не изменялось. В пробах условно фоновых районов частицы природного происхождения (70-75 %) доминируют над техногенными частицами (20-25 %).

Таким образом, вещественный состав твердого осадка снега является индикатором зон экологического неблагополучия на территории г. Томска. Основная доля техногенного материала представлена выбросами (частицы сажи, угля, шлака, алюмосиликатные микросферулы) топливно-энергетического комплекса. Наиболее загрязненными этими компонентами являются жилые кварталы Ленинского района и зона воздействия Томской «ГРЭС-2». По результатам многолетнего мониторинга, в твердом осадке снега наблюдается преобладание техногенного материала (частицы сажи, угля, шлака, алюмосиликатные микросферулы) на территории г. Томска и его пригорода.

Исследование твердого осадка снегового покрова проводили на основе авторского патента на изобретение № 2229737 от 17 октября 2002 г. (Авторы: Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., Таловская А.В. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами).

Положение 2. Величина суммарного показателя нагрузки, по данным снегогеохимической съемки, на территорию г. Томска изменяется от 100 до 4700 при фоновом уровне 28. Повышенные значения приходятся на территорию Октябрьского района. Геохимическая специализация твердофазных выделений снегового покрова в ореолах загрязнения данного района проявляется в повышенных величинах среднесуточного выпадения As, Lu, Rb, Hf, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Ta, Th, Na, Fe на снеговой покров относительно среднего значения для г. Томска.

Значения величин среднесуточного выпадения микроэлементов на снеговой покров территории г. Томска изменяются от 3,6 до 47207 мг/км²хсут. (табл. 2). Величина среднесуточного выпадения изучаемых химических элементов на снеговой покров г. Томска в десятки раз превышает аналогичный показатель для фонового района. Сравнение среднесуточного притока изучаемых химических элементов на снеговой покров в Кировском и Октябрьском районах г. Томска параметрическим критерием Стьюдента и непараметрическими критериями Колмогорова-Смирнова и Манна-Уитни показало значимые и сильно значимые различия данной величины для большинства изучаемых элементов, за исключением Cr, Sb, Ca, Br и Au. Отметим, что значимые и сильно значимые различия величин среднесуточных выпадений химических элементов наблюдаются в Октябрьском районе.

Сравнение среднесуточного притока изучаемых химических элементов на снеговой покров г. Томска и отдельно на территории Октябрьского района аналогичными критериями показало значимые различия данной величины для As, Lu, Rb, Hf, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Ta, Th, Na, Fe. Максимальные среднесуточные притоки изучаемых элементов на снеговой покров наблюдаются в Октябрьском районе и в зоне воздействия Томской «ГРЭС-2».

Таблица 2. Средняя величина среднесуточного выпадение химических элементов на снеговой покров на территории г. Томска, мг/км²хсут.

	г. Томск (n=69)	Кировский район (n=14)	Советский район (n=16)	Октябрьский район (n=20)	Ленинский район (n=19)	Фон*
Ca	721,3±76,4	506±76,7	700±137	966±213	662±97,1	57
Na	452,2±63,4	232±57,5	474±126	665±165	398±95,3	10,5
Fe	1744±191	1024±204	1605±436	2560±461	1594±259	130
Co	863±88,3	537±97,6	687±85	1219±225	891,5±124	72,1
Cr	5927±552	4791±874	5354±1408	7956±1299	5170±606	770
Sc	572±71,8	310±72,6	414±88	902±195	563±101	49,7
As	236±48,4	90,4±32,1	162±54,5	384±110,5	258,1±94,9	3,5
Sb	371±33,1	282±43	436±65	430±49,8	334±32,5	16,1
Ag	65,4±6,4	43,5±6,2	76,6±19	84,3±13,9	55,6±8,5	1,7
Au	3,6±0,5	3,7±1,7	3,3±1,1	4,3±1,1	3,0±0,4	1,5
Ba	47207±3569	36716±6960	47158±8973	56386±7499	46416±5031	700
Sr	9501±1513	4197±976	10574±4608	9534±2494	13141±3226	700
Rb	3095±383	1621±306	2894±791	4630±1004	2868±502	385
Cs	223±29,5	125±24,1	158±31,3	355±86,7	215±30,9	24,5
Br	706±80,3	579±117	414±123	1015±193	703±139	20,3
Hf	300±34,7	158±27,3	230±44,7	471±94,5	295±46,1	15,4
La	1557±154	933±145	1247±248	2233±408	1597±206,1	19,6
Ce	3398±343	1908±346	2656±537	4993±891	3520±463	72,1
Sm	273±29,5	152±23,5	220±47,5	415±77,8	267±40,2	4
Eu	76±10,6	37,3±10,2	52,3±12,5	106,4±23	94,2±24,9	7,7
Tb	43,9±4,7	25,5±5	30,7±5,7	66,2±11,6	45,6±8	0,4
Yb	120±12,7	67,7±10,6	91,7±18,4	178±32,5	122±20,6	1,4
Lu	19,8±2,2	11,3±2	15±3	30,7±5,9	19±3	0,5
Ta	50±5	32,3±5,3	37,6±8,1	74±13,1	48,6±6,7	0,7
U	171±17,9	110±20,2	127±28,7	222±47,7	201±26,6	1,4
Th	426±47,2	243±47,7	304±59,1	637±130	450±60,5	20,3

Примечание: Ca, Na, Fe – г/км²хсут., ± – стандартная ошибка, n – количество проб,

* - фон по данными А.Ю. Шатилова (2001 г.) с дополнениями Е.Г. Язикова (2006 г.).

Поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав, для них рассчитывается суммарный показатель нагрузки Z_p , характеризующего эффект воздействия всего спектра рассматриваемых элементов и рассчитанного относительно уровня притока микроэлементов в фоновых районах: $Z_p = \sum K_p - (n - 1)$, где K_p – коэффициент относительно увеличения общей нагрузки элемента, рассчитываемый по формуле $K_p = P_{\text{общ}}/P_{\text{ф}}$, где: $P_{\text{общ}}$ – общая нагрузка, создаваемая поступлением каждого из химических элементов в окружающую среду, рассчитываемая по формуле $P_{\text{общ}} = C \times P_n$, мг/км²хсут., C – содержание элемента, мг/кг, $P_{\text{ф}}$ – фоновая нагрузка исследуемого элемента, рассчитываемая по формуле: $P_{\text{ф}} = C_{\text{ф}} \times P_{\text{пф}}$, где: $C_{\text{ф}}$ – фоновое содержание исследуемого элемента, $P_{\text{пф}}$ – фоновая пылевая нагрузка (7 кг/км²хсут.), (Шатилов, 2001), n – число учитываемых элементов с $K_p > 1$ (Методические ..., 1982; Геохимия ..., 1990).

Величина суммарного показателя нагрузки распределена неравномерно на территории г. Томска – от 100 до 4700, при фоновом значении 28 (рис. 5). Районы города по величине суммарного показателя нагрузки ранжируются следующим образом: Октябрьский – 1448, Ленинский – 1027, Советский – 826 и Кировский – 595. Наиболее контрастные аномалии Zp приходятся на Октябрьский район. Кроме этого, ореолы высоких значений суммарного показателя нагрузки пространственно соответствуют положению предприятий топливно-энергетического комплекса (Томская «ГРЭС-2»).

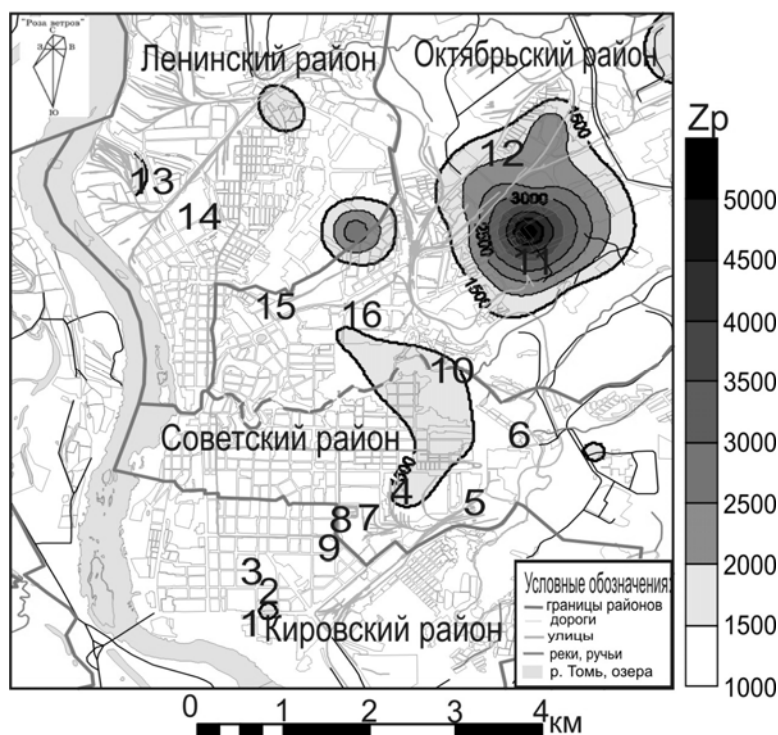
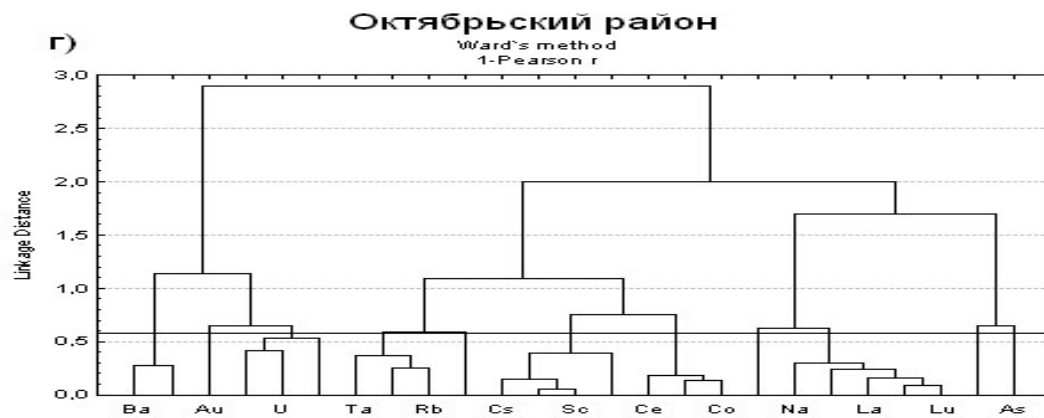
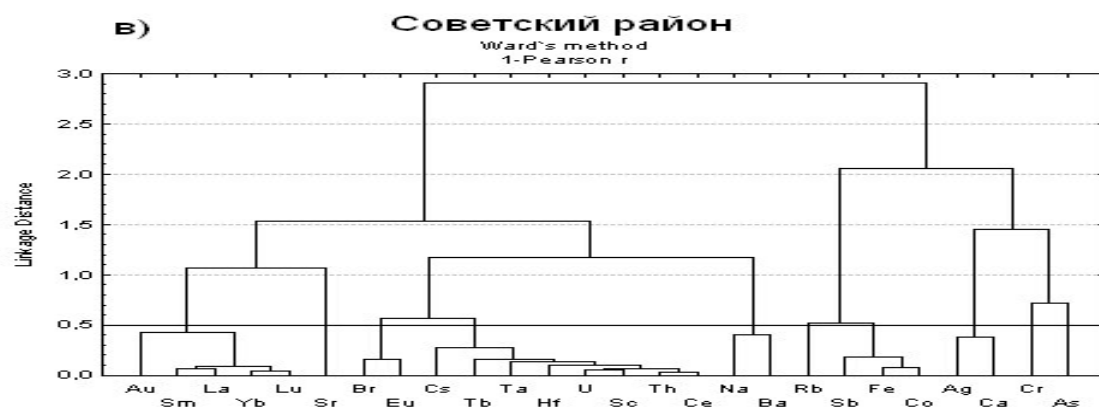
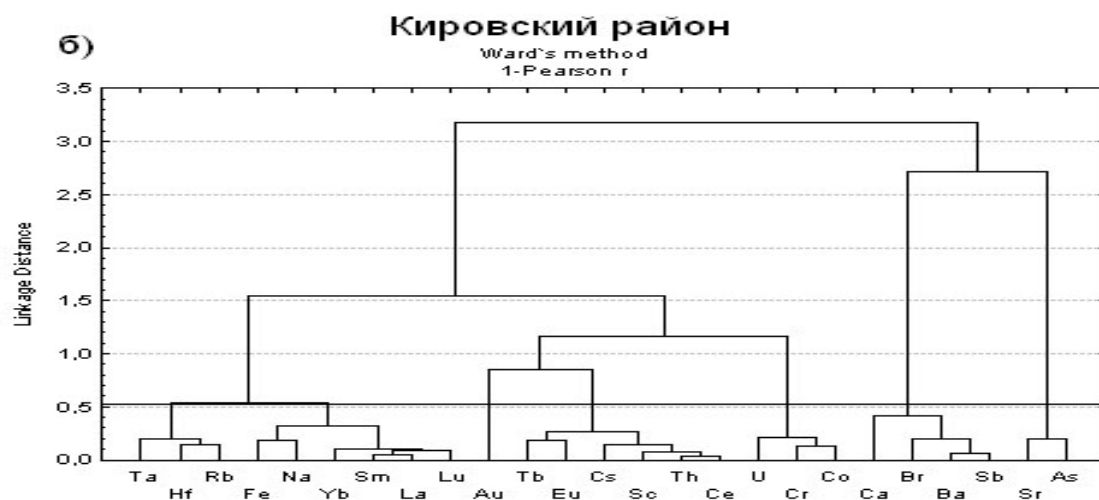
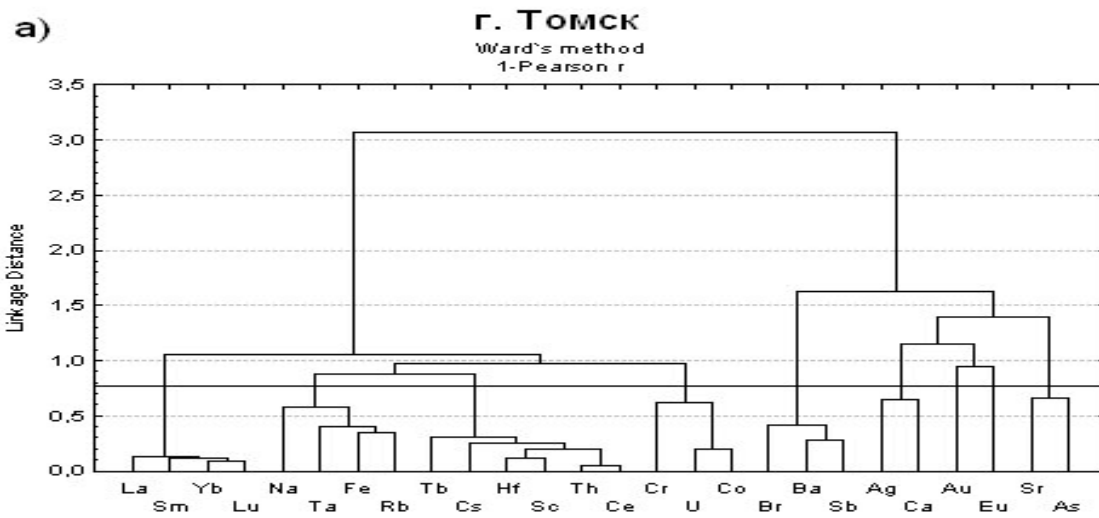


Рис. 5. Схема распределения суммарного показателя нагрузки на снеговой покров (Zp) территории г. Томска (условные обозначения на рис. 2)

По результатам кластерного анализа, в твердом осадке снега на территории г. Томска выявляются следующие микроассоциации элементов: La-Sm-Yb-Lu на уровне значимости $r \approx 0,9$; Na-Ta-Fe-Rb ($r \approx 0,4$), Tb-Cs-Hf-Sc-Th-Ce ($r \approx 0,7$), Cr-U-Co ($r \approx 0,3$), Br-Ba-Sb ($r \approx 0,6$), Ag-Ca ($r \approx 0,3$), Sr-As ($r \approx 0,3$) (рис. 6). Для каждого района города выявляются свои микроассоциации элементов: Кировский район – Ta-Hf-Rb ($r \approx 0,8$), Fe-Na-Sm-Lu ($r \approx 0,4$), U-Cr-Co ($r \approx 0,3$), Ca-Br-Ba-Sb ($r \approx 0,6$); Советский район – Au-Sm-Yb-Lu ($r \approx 0,6$), Br-Eu ($r \approx 0,8$), Cs-Tb-Ta-Hf-Sc-Th-Ce ($r \approx 0,7$), Na-Ba ($r \approx 0,6$); Октябрьский район – Ba-Cr ($r \approx 0,8$), Br-U-Sb ($r \approx 0,5$), Ta-Hf-Rb ($r \approx 0,7$), Cs-Th-Sc-Eu ($r \approx 0,7$) и Ленинский район – Rb-Ba ($r \approx 0,5$), Tb-Hf-Sc-U-Th-Ce-Co ($r \approx 0,5$). Они обусловлены специфическими особенностями поступления микроэлементов и их связью с источниками загрязнения. В целом наблюдаемые геохимические ассоциации (в рамках изученного спектра элементов) фиксируют наиболее распространенные в городе типы источников загрязнения – топливно-энергетический комплекс, стройиндустрию, предприятия по металлообработке и транспорт.



Продолжение рисунка на следующей странице

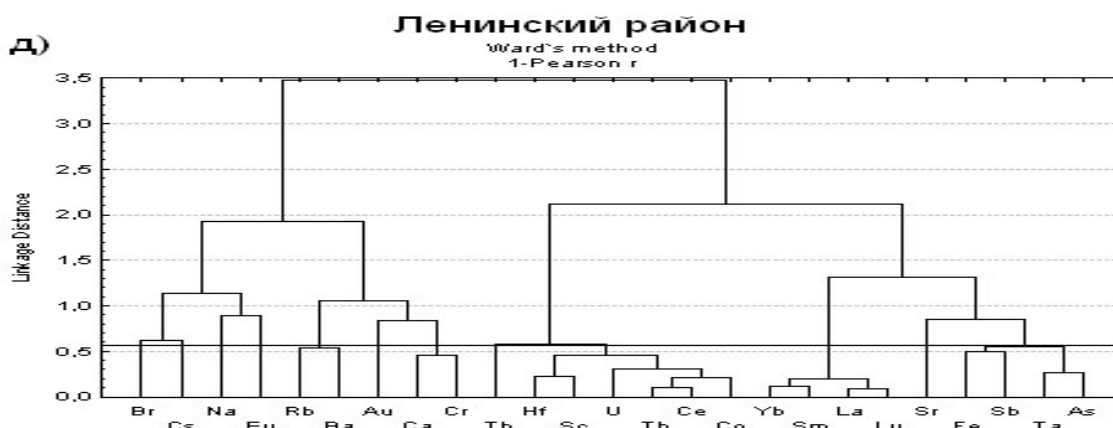


Рис. 6. Дендрограммы корреляционной матрицы геохимического спектра элементов в твердом осадке снега: а) г. Томск ($1-r_{0,05} = 0,77$, $n = 69$); районы: б) Кировский ($1-r_{0,05} = 0,53$, $n = 16$), в) Советский ($1-r_{0,05} = 0,5$, $n = 14$), г) Октябрьский ($1-r_{0,05} = 0,58$, $n = 20$), д) Ленинский ($1-r_{0,05} = 0,57$, $n = 19$)

Установленные ассоциации редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в пылеаэрозолях Октябрьского района связаны с выбросами предприятий стройиндустрии и топливно-энергетического комплекса, в тоже время как Br-Sb аномалии обусловлены воздействием нефтехимического комбината и автотранспорта. В почвах Октябрьского и Ленинского районов ранее были выявлены высокие концентрации редких и редкоземельных элементов (Геохимия..., 1993; Жорняк, Язиков, 2006). Этот факт указывает на многолетний устойчивый источник поступления данных элементов в окружающую среду на изучаемой территории.

Установлено, что величина среднесуточного выпадения химических элементов на снеговой покров территории пунктов мониторинга существенно не изменялась. Кроме высоких значений в зимние сезоны 2002/03 гг. и 2005/06 гг.

По результатам биотестирования твердого осадка снега на *Drosophila melanogaster* и *Paramecium caudate* установлено, что наиболее токсичными являются пробы из санитарно-защитных зон промышленных предприятий г. Томска (Томская «ГРЭС-2», ОАО «Томский инструмент» и др.), что связано особенностями геохимического состава проб.

Таким образом, на территории г. Томска максимум величин среднесуточного выпадения химических элементов на снеговой покров и суммарного показателя нагрузки приходится на Октябрьский район, а минимум – на Кировский. Кроме этого, площадь высоких значений данных величин совпадают с зонами влияния Томской «ГРЭС-2». Величина среднесуточного выпадения химических элементов на снеговой покров существенно не изменялась за период наблюдения (2001-2007 гг.).

Положение 3. Уровни накопления радиоактивных элементов в пылеаэрозолях территории г. Томска составляют в среднем по урану 2,8 мг/кг и торию 6,7 мг/кг. Средняя величина среднесуточного выпадения для урана равна 171 мг/км²сут. при фоновом значении 1,4 мг/км²сут. и

тория 426 мг/км²хсут. при фоне 20,3 мг/км²хсут. По данным осколочной радиографии, в пылеаэрозолях радиоактивные делящиеся элементы имеют равномерный характер распределения (молекулярно-рассеянная форма), тогда как в зоне воздействия предприятий ядерно-топливного цикла установлено неравномерное их распределение, образованное микровключениями собственных минеральных образований радиоактивных элементов.

На территории г. Томска концентрация урана в твердом осадке снега изменяется от 0,3 мг/кг до 7,7 мг/кг при среднем значении 2,8 мг/кг, тогда как содержание тория колеблется от 0,8 мг/кг до 11,5 мг/кг при средней величине 6,7 мг/кг. Поступление радиоактивных элементов в атмосферу города связано преимущественно со сжиганием угля (Томская «ГРЭС-2», частный сектор и др.), что подтверждается исследованиями С.И. Арбузова с соавторами (Арбузов и др., 2001; Арбузов, 2007).

Среднесуточное выпадение урана на снеговой покров территории г. Томска изменяется от 9 до 1015 мг/км²хсут., при средней величине 171 мг/км²хсут., а тория – от 35 до 2770 мг/км²хсут., при среднем значении 426 мг/км²хсут. (рис. 7). Основные ореолы радиоактивных элементов фиксируются на территории Октябрьского района.

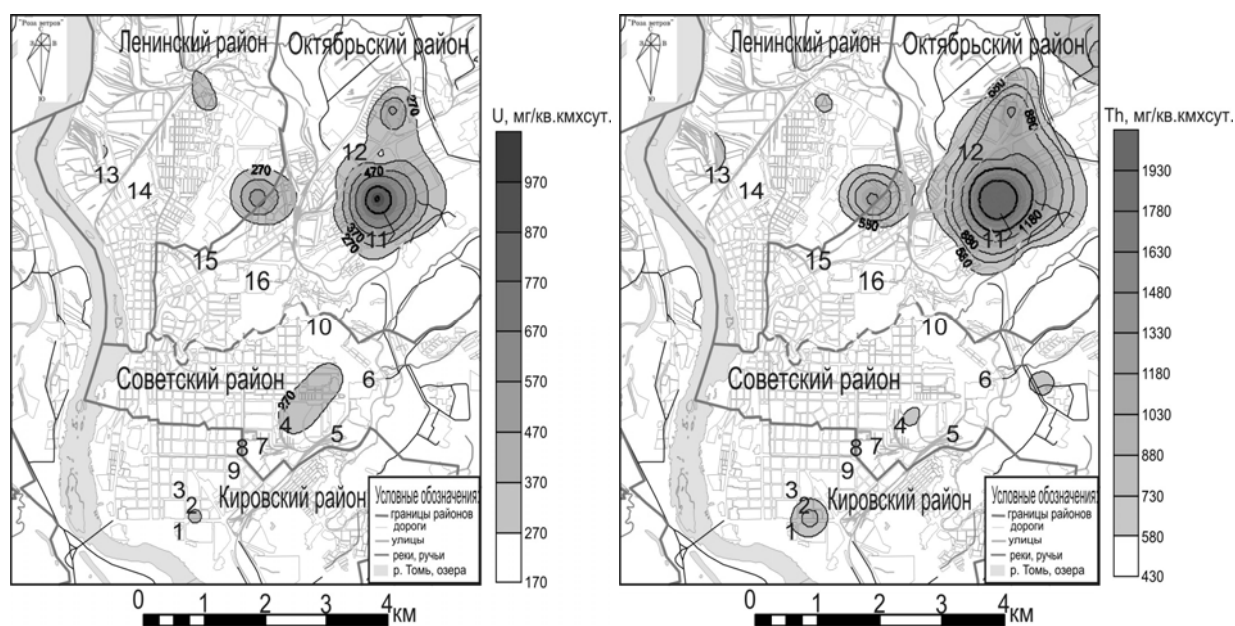


Рис. 7. Изменение величин среднесуточных выпадений урана и тория на снеговой покров территории г. Томска (условные обозначения на рис. 2)

По данным f-радиографии, равномерный характер распределения U-235 и трансурановых элементов определен в твердофазных выпадениях снегового покрова на территории г. Томска и условно фоновых участков (с.с. Киреевск, Победа) (рис. 8). В пробах твердого осадка снега из сельских населенных пунктов, попадающих в «розу» ветров от предприятий СХК, наряду с равномерным характером распределения треков от осколков деления радиоактивных элементов проявлены скопления треков в виде «звезд» и отдельных сгустков (рис. 8). По данным ряда исследователей, в зоне

воздействия предприятий ЯТЦ устанавливаются «горячие» частицы 1-ого и 2-го родов (Черкезян, 1994; Tcherkezian, 1994; Рихванов, 1997; Гритченко и др., 2001; Язиков, 2003; Закономерности..., 2004; Архангельская, 2004).

Минеральные образования радиоактивных элементов в виде оксидов урана были выявлены ранее в пылеаэрозолях в зоне воздействия СХК (Язиков, 2006).

Установлено, что распределение треков от осколков деления радиоактивных элементов в пробах твердого осадка снега на территории г. Томска имеет в основном равномерный характер.

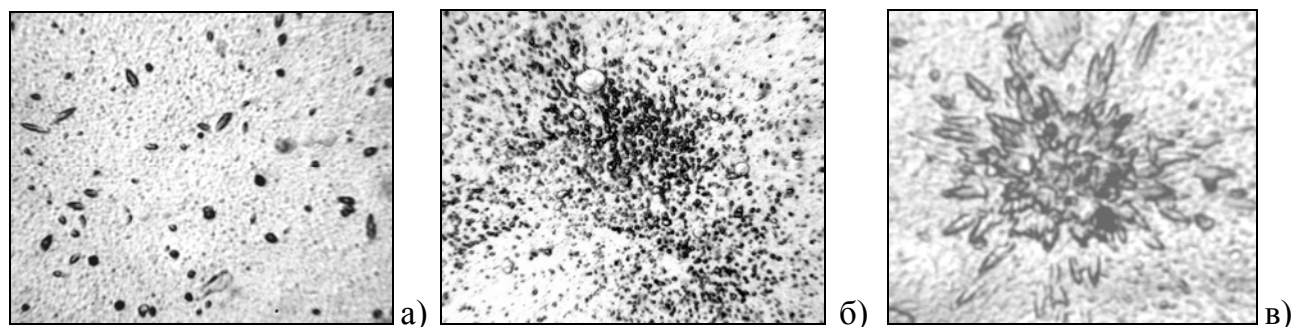


Рис. 8. Характер распределения треков от осколков деления радиоактивных элементов в твердом осадке снега

Детектор лавсан. Увел. 200–500^х. Характер распределения треков: а) равномерный, г. Томск (мкр. Солнечный); б) отдельные сгустки скоплений, с. Наумовка; в) микровключения собственных минералов урана, с.с. Поросино и Георгиевка

Установлено, что по мере удаления от СХК (г.г. Северск, Томск) в юго-западном и северо-восточном направлениях плотность треков от осколков деления радиоактивных элементов, характеризующих равномерный характер распределения, уменьшается и достигает минимума в условно фоновых районах. Тогда как повышенные плотности скоплений треков от осколков деления радиоактивных элементов в виде «звезд» приходятся на сельские населенные пункты (с.с. Поросино, Наумовка, Георгиевка), расположенные в «розе» ветров предприятий СХК (рис. 9).

Полученные результаты подтверждают ранее делавшиеся выводы (Рихванов, 1997; Шатилов, 2001; Язиков, 2006 и др.) о максимальном влиянии предприятий СХК на окружающую природную среду в северо-восточном и в юго-западном направлениях.

Таким образом, в твердом осадке снега территории г. Томска и условно фоновых районов наиболее распространенными формами распределения радиоактивных делящихся элементов являются преимущественно равномерное рассеяние. В твердом осадке снега территории сельских населенных пунктов, расположенных в зоне влияния предприятий ЯТЦ, зафиксированы также скопления треков от осколков деления радиоактивных элементов в виде «звезд», представляющих собой собственные минеральные образования радиоактивных элементов.

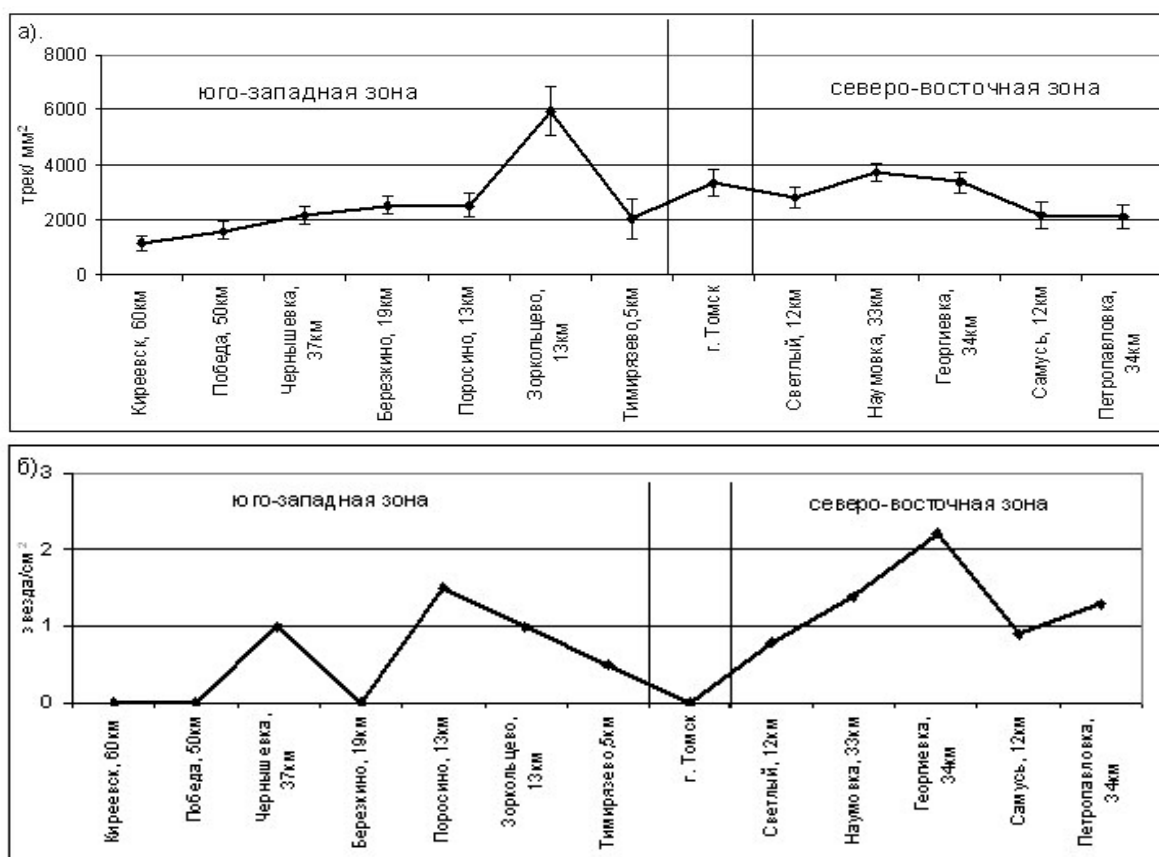


Рис. 9. Плотность треков равномерного (а) и неравномерного (б) характера распределения от осколков делящихся элементов в пробах твердого осадка снега

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы:

1. Вещественный состав твердофазных выделений снегового покрова территории г. Томска представлен преимущественно (45-90 %) выбросами предприятий ТЭК (частицы сажи, угля, шлак, алюмосиликатные микросферулы). Участки аномальных величин пылевой нагрузки, среднесуточного выпадения химических элементов на снеговой покров и суммарного показателя нагрузки приходятся на территорию Октябрьского района.

2. В пробах твердого осадка снега сельских населенных пунктов, расположенных в «розе» ветров предприятий ядерно-топливного цикла Сибирского химического комбината (г. Северск), наряду с равномерным характером распределения треков от осколков деления радиоактивных элементов, фиксируются скопления треков в виде «звезд».

3. Установлено, что основная доля радиоактивных, редких и редкоземельных элементов в окружающую среду территории г. Томска поступает с выбросами ГРЭС-2.

4. Для оценки опасности пылеаэрозолей для живых организмов необходимо геохимические исследования сочетать с методами биотестирования.

Основные рекомендации:

1. Организовать локальный мониторинг загрязнения атмосферы в зонах воздействия предприятий топливно-энергетического (Томская «ГРЭС-2») и строительного комплексов (ООО «Континенть», ЗАО «Карьероуправление», ЖБК-100, ОАО «Керамзит») на основе изучения пылеаэрозолей.

2. Для прогноза изменения состояния окружающей среды необходимо создать математическую модель распространения редких, редкоземельных и радиоактивных элементов с техногенной пылью в зонах воздействия промышленных предприятий.

3. Для улучшения экологической обстановки на территории г. Томска необходимо провести следующие природоохранные мероприятия:

- перевести полностью на газ Томскую «ГРЭС-2»;
- усовершенствовать систему пылеулавливания на промышленных предприятиях;
- увеличить роль транспорта на электрическом токе в перевозке пассажиров;
- озеленять санитарно-защитные зоны предприятий.

Список публикаций по теме диссертации

Статьи в ведущих рецензируемых научных журналах

1. **Таловская А.В.** Мониторинг пылеаэрозолей территории Южного округа г. Томска // Вестник ТГУ. Проблемы геологии и географии Сибири. – 2003. – Приложение 3 (V). – С. 214–216.

2. **Таловская А.В.** Геоэкологическая оценка территории Томск - Северской промышленной агломерации по результатам изучения пылеаэрозольных выпадений // Записки горного института. Полезные ископаемые России и их освоение. – 2006. – Т. 167. – Ч. 2. – С.128–131.

3. **Таловская А.В.** Локальные геохимические наблюдения пылеаэрозолей в пределах городской и пригородной зон / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // Вычислительные технологии. – 2006. – Спецвыпуск. – Т. 11. – Ч. 1. – С. 46–52.

4. **Таловская А.В.** Мониторинг потоков аэрозольных выпадений в фоновых районах Томской области / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, М.В. Панченко, В.С. Козлов // Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 20. - № 6. – С. 517–523.

5. **Таловская А.В.** Геохимический состав пылеаэрозолей на территории полигона «Томский» Томской области / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13. – Спец. вып. 3. – С. 30–36.

6. **Таловская А.В.** Мониторинг потоков аэрозольных выпадений в фоновых районах Томской области в зимний период 2006 и 2007 гг. / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, М.В. Панченко, В.С. Козлов // Оптика атмосферы и океана. – 2008. – № 6. – С. 498–503.

7. Рихванов Л.П. Состояние компонентов природной среды Томской области по данным эколого-геохимического мониторинга и здоровье населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Н.В. Барановская, Л.В. Жорняк, **А.В. Таловская**,

О.А. Денисова, Ю.И. Сухих // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 1. – С. 29–37.

Патенты

1. Способ определения загрязнённости снегового покрова техногенными компонентами: пат. №2229737 Россия, МПК⁷ G 01 V 9/00 / Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., **Таловская А.В.**; заявитель и патентообладатель Томский политех. ун-т. – №2002127851; заявл. 17.10.2002; опубл. 27.05.2004.

Материалы в сборниках научных конференций

1. **Таловская А.В.** Комплексный мониторинг пылеаэрозолей южной части территории г. Томска // Школа экологической геологии и рационального недропользования (Экогеология – 2003 г.): Мат. IV Межвуз. молодеж. науч. конф. – СПб., 2003. – С. 256–258.

2. **Таловская А.В.** Мониторинг пылеаэрозолей территории Томского района // Ломоносов-2004: Мат. XI Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 132.

3. **Таловская А.В.** Эколого-геохимический мониторинг пылеаэрозольных выпадений на территории Томск-Северской промышленной агломерации / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // 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. 123–127.

4. **Таловская А.В.** Состав и структура пылеаэрозольных частиц в аэрозольных выпадениях Томского региона // Высоко разбавленные системы: массоперенос, реакции и процессы: Тезисы докладов нем.-рос. семинара, Томск, 15–17 октября 2005 г. / Томский политех. ун-т. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 116–117.

5. **Таловская А.В.** Мониторинг пылеаэрозольных выпадений территории юга Томской области // Труды Международного форума по проблемам науки, техники и образования / Под ред. В.П. Савиных, В.В. Вишневого. – М.: Академия наук о Земле, 2005. – Т. 3. – С. 41–42.

6. **Таловская А.В.** Оценка токсичности пылеаэрозолей методом биотестирования / Проблемы геологии и освоения недр: Тр. X Межд. симп. им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – С. 551–553.

7. **Таловская А.В.** Инновационные технологии оценки радиоэкологической обстановки территории по результатам изучения пылеаэрозольных выпадений // Проблемы геологии и освоения недр: Тр. XI Межд. симп. им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – С. 607–608.

8. **Таловская А.В.** Минералого-геохимические особенности пылеаэрозольных выпадений территории полигона «Томский» Томской области // Проблемы геологии и освоения недр: Тр. XI Межд. симп. им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – С. 608–610.

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, Ю.Л. Замятина, А.Ю. Иванов, **А.В. Таловская**, С.С. Шатилова, Е.Г. Язиков // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 128–136.

Материалы, опубликованные за рубежом

1. **Таловская А.В.** Биотестирование аэрозольных выпадений – индикатор экологического состояния территории / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // Актуальные проблемы геохимической экологии: Матер. V Междунар. биогеохим. шк., Семипалатинск, 8-11 сентября 2005 г. / Семипалатинский гос. пед. ин-т. – Семипалатинск, 2005. – С. 496–498.

2. **Таловская А.В.** Геохимический мониторинг снегового покрова (на примере Томска) / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков, А.Ф. Судыко // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: Матер. Междунар. конф., Семипалатинск, 19-21 октября 2006 г. / Семипалатинский гос. пед. ин-т. – Семипалатинск, 2006. – Т. 2. – С. 314–322.

3. **Таловская А.В.** Радиогеохимические особенности пылеаэрозольных выпадений Томской области / А.В. Таловская, Е.Г. Язиков // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: Матер. Междунар. конф., Семипалатинск, 16-18 октября 2008 г. / Семипалатинский гос. пед. ин-т. – Семипалатинск, 2008. – Т. 2. – С. 413–421.