

На правах рукописи



Барановская Наталья Владимировна

ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМАХ
ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

03.02.08 – Экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Томск – 2011

Работа выполнена на кафедре геоэкологии и геохимии Института природных ресурсов ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

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

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Безель Виктор Сергеевич

доктор биологических наук, ст. науч. сотр.
Сысо Александр Иванович

доктор биологических наук
Куранов Борис Дмитриевич

Ведущая организация: Институт водных и экологических проблем СО РАН
(ИВЭП СО РАН), г. Барнаул

Защита состоится 19 октября 2011 года в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.10 при ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета.

Автореферат разослан «__» _____ 2011 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. биол. наук



Просекина Е.Ю.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы определяется необходимостью решения проблемы выявления закономерностей накопления и распределения химических элементов в живом веществе в комплексе с окружающими его геосферными оболочками на основе систематизации знаний об элементном составе живых организмов и их дополнения по элементам, остающимся малоизученными.

Задача получения информации об элементном составе отдельного живого организма и их совокупности была поставлена перед научным сообществом еще В.И. Вернадским в начале прошлого столетия (Вернадский, 1922). Значительный вклад в ее решение был внесен коллективом первой в мире Биогеохимической лаборатории «БИОГЕЛ», организованной В.И. Вернадским и возглавляемой в разное время А.П. Виноградовым, В.В. Ковальским, В.В. Ермаковым. Нарботан значительный материал о функциональной роли отдельных химических элементов, о физиологической норме для некоторых из них благодаря многочисленным исследованиям, проводимым в течение многих лет и отраженным в виде трудов, статей, сводок и справочников (Виноградов, 1932, 1935; Ткалич, 1959; Войнар, 1960; Bowen, 1966; Боуэн, Гиббонс, 1968; Бала, Лившиц, 1973; Ковальский, 1974; Глазовские, 1982, 1988; Кист, 1987; Кабата-Пендиас и Пендиас, 1989; Саенко, 1992; Иванов, 1997; и др.). Результаты этих исследований освещены в трудах Биогеохимической лаборатории за все время ее существования, а также в работах ряда исследователей (Малюга, 1963; Underwood, 1977; Iyengar et al., 1978; Ryabukin, 1978; Bowen, 1979; Anke, 1979; Bucku, Parr, 1982; Фортескью, 1985; Авцын, 1991; Эмсли, 1993; и др.). Изучались вопросы миграции отдельных элементов в биосфере, их накопления отдельными частями растительных организмов, взаимодействие элементов в системе «окружающая среда – живой организм», видовые отличия концентрации, наличие биогеохимических барьеров и способность к безбарьерному накоплению элементов, возможность практического применения при поиске месторождений полезных ископаемых, формирования биогеохимических провинций (Виноградов, 1932, 1938, 1954, 1957; Warre, Delavault, 1960; Кэннон, Боуэлс, 1962; Андервуд, 1962; Грабовская, Астрахан, 1963; Малюга, 1964; Пэйдж, 1971; Бабенко, 1971; Ковальский, 1974, 1982; Брукс, 1982; Ковалевский, 1984, 1999; Ильин, 1985, 1991; Алексеенко, 2006; Кабата-Пендиас, 2007; Ермаков, 2008, 2009; и др.). Работ по изучению накопления отдельных элементов в живых организмах так много, что только за период 50–60-х годов прошлого столетия они собраны в несколько библиографических томов («Микроэлементы...», 1964; «Биологическая...», 1965). Наблюдается общемировая тенденция изучения элементного состава организма человека для целей корректировки и профилактики заболеваемости в рамках развития нового стремительно развивающегося научного направления на стыке медицины и биологии, с одной стороны, и геологии и геохимии – с другой, так называемая «Медицинская геология» («Essentials...», 2005; Selinus, 2010) .

Весьма обширная информация представлена по изучению функционирования отдельных живых организмов в условиях техногенеза (Криволуцкий, 1971, 1984; Покатилов, 1992; Рихванов, 1993; Безель, Панин, 2008; Жуйкова, 2001, 2009; Позолотина, 2003, 2008, 2009; и др.). Интенсивно изучались вопросы миграции химических элементов (Батоян и др., 1990; Ивашов, 1991; Башкин и др., 1993) и рассматривались возможности разработки нормативных показателей для целей экологического нормирования территорий (Федоров, 1976; Криволуцкий, 1988; Гончарук, Сидоренко, 1986; Израэль и др., 1991; Степанов, 1991; Тэрьцэ, Покаржевский, 1991). Значительно продвинулись знания в области изучения микроэлементозов животных и человека, в том числе вызванных влиянием техногенных факторов на организм человека (Бабенко, 1971, 2001; Авцын, 1990; Сусликов, 1999, 2000, 2003; Гичев, 2000; Скальный, 2000, 2004; Ревич и др., 2003, 2004; Мешков, 2003, 2006; Денисова и др., 2009).

Большой вклад в развитие научных знаний об элементном составе живых организмов внесли ученые сибирского региона, что отражено в многочисленных работах последних лет (Москвитина, 1989, 1999, 2000; Воробьева, Медведев и др., 1992; Покатилов, 1992; Куранова, 1992, 2003; Бояркина, Байковский, Васильев и др., 1993; Рихванов, 1993, 2006, 2009; Адам и др., 1994; Волкотруб, 1995; Попов, 1996, 2000; Бабенко А.С., 2000, 2006; Савченко, 2000, 2008; Москвитина, Коханов, 2002; Леонова, 2008, 2009; Куранов, 2009; и др.).

Актуальность данной тематики подтверждается постоянным научным интересом ученых разных направлений (геология, медицина, биология, химия) и регулярными конференциями, проводимыми как в России, так и в разных городах и странах за рубежом (Баку, 1958; Рига, 1959; Киев, 1965; Улан-Удэ, 1960; Красноярск, 1964; Омск, 1969; Италия, 1993; Греция, 1997; Франция, 1999; Швеция, 2000; Германия, 1996–2002; и др.). В последние годы их систематически проводили: профессор М. Анке («Mengen ...», 1999–2001) в Германии; София и Серж Эрмидот-Полет в Греции (2005, 2007, 2009), профессор М.С. Панин в Казахстане («Тяжелые...», 2002–2010).

Несмотря на столь значительную историю изучения элементного химического состава как отдельных живых организмов, так и их совокупности, остается ряд проблем, требующих решения. На наш взгляд, наиболее актуальными из них являются следующие:

1) существуют пробелы в изучении элементного состава органов и тканей человека, проживающего в разных геохимических условиях, с целью профилактики возможных элементозов природного и техногенного характера, есть необходимость установления специфики элементного состава патологически измененных тканей для выявления причин возникновения патологий;

2) весьма важным является поиск новых нормативных показателей для дифференцировки территории по эколого-геохимическим признакам и формирования в дальнейшем эколого-правовых актов по защите населения и возможности

страхования жизни и здоровья людей, проживающих на экологически неблагоприятных территориях;

3) остается актуальным и вопрос об изучении отдельных химических элементов, сведений о которых мы практически не имеем, но которые могут являться весьма важными компонентами в сложной цепочке взаимосвязей, выражающейся в симбиотическом и антагонистическом соотношении внутри организма. Так, несмотря на долгую историю изучения отдельных элементов – данные из архива А.П. Виноградова (Yunk, 1926; Schiaparelli, 1880; Burkser, 1931; Hoffman, 1942; и др.) – на сегодняшний день практически отсутствует информация о содержании в живых организмах, например, актинидов, редкоземельных и ряда других элементов.

Цель работы – выявить закономерности накопления и перераспределения химических элементов в живом веществе на территориях с разной степенью природно-техногенной трансформации экосистем.

Для достижения поставленной цели предполагалось решить следующие задачи:

1. Изучить элементный состав живого вещества природных и природно-антропогенных экосистем и установить общие и региональные закономерности его формирования

2. Выявить основные закономерности накопления в живом веществе и изучить пространственное распределение элементов в районах со слабым проявлением техногенеза на территории юга Сибири.

3. Установить основные закономерности накопления в живом веществе и изучить пространственное распределение элементов на территориях с ярко выраженным проявлением факторов техногенеза.

4. Установить закономерности миграции химических элементов внутри живых организмов и их взаимосвязь с элементами, поступающими из компонентов окружающей среды, на примерах конкретных локальных экосистем.

5. Изучить особенности формирования элементного состава органов, тканей и зольного остатка человека в зависимости от экологической ситуации на территории его проживания.

6. Выяснить особенности депонирования элементов в составе патологически измененных органов и тканей человека.

Объектами исследования являлись: живое вещество (растительность, животные, человек – различные органы, ткани, жидкие среды) естественных и урбанизированных экосистем, а также компоненты окружающей его среды (почвы, питьевые воды, накипь питьевых вод).

Защищаемые положения:

1. В естественных экосистемах с геохимическими аномалиями, обусловленными геологическими и металлогеническими особенностями территории, живое вещество, включая ткани человека, характеризуется высоким содержанием и перераспределением ряда элементов в соответствии с его неоднородностью и сохранением закономерностей Менделеева–Кларка и Оддо–Гаркинса, что позволяет

предполагать на этих площадях развитие оруденения различных генетических типов (уран, сурьма, золото и др.). В лекарственных растениях таких зон некоторые элементы переходят в состав фармакологически активного экстракта, что позволяет прогнозировать лечебный эффект воздействия.

2. В зонах техногенеза происходит изменение как уровней накопления химических элементов в составе живого вещества, так и их отношений, что имеет индикаторное значение. Для предприятий ядерно-топливного цикла специфичными являются U, Th, TR, Bg, (Pu); для нефтехимического производства – Sb, Bg; для предприятий энергетического комплекса и металлообрабатывающей промышленности – Fe, Cr, Sc, Co, U, Th, TR; для агропромышленного комплекса – Hg.

3. Внутрорегиональные особенности миграции элементов, специфических для конкретных природных и природно-антропогенных экосистем, поступающих с продуктами питания, водой и воздухом в организм человека, формируют его биогеохимический портрет не только при условии нормального функционирования, но и при патологии. Особенности элементного состава патологически измененных органов и тканей человека необходимо учитывать при нормировании территории и проведении медицинских профилактических мероприятий.

4. В организме животных и человека по уровню накопления и показателям концентрирования идентифицируются биогеохимические барьеры, формирующиеся под влиянием факторов внутренней среды и химических свойств элементов и отражающие их избыточное поступление из внешних сред. Определение их наличия и специфики возможно при сравнении коэффициентов перехода элементов внутри организма, а также в сравнении с их содержанием во внешней среде и анализе распределения на территории.

Научная новизна:

Получены новые знания об уровнях накопления значительного количества химических элементов в живых организмах, включая человека, и их зависимости от условий функционирования экосистем.

Выявлены пространственные закономерности распределения химических элементов по данным состава живого вещества и установлена взаимосвязь уровней их накопления в зависимости от особенностей геологического строения, металлогенической специфики районов и качества питьевых вод.

Установлены некоторые особенности формирования биогеохимических барьеров внутри различных организмов, показаны закономерности их изменения в норме и патологии при их взаимосвязи с окружающей средой.

Выявлены общие и частные закономерности изменения в накоплении и соотношении элементов в живом веществе территорий с природными и техногенными источниками влияния, предложены индикаторные показатели отношений элементов в живых организмах таких территорий.

Выявлены закономерности формирования элементного состава лекарственной растительности, особенности ее фармакологически активного экстракта, установлена специфика распределения элементов внутри биологических систем.

Установлена специфика взаимообусловленности накопления химических элементов в живом веществе на территориях со смешанным типом природно-техногенного воздействия с цитогенетическими показателями крови человека и наличием патологических образований в его организме.

Показаны закономерности изменения элементного состава внутри организмов, функционирующих в норме и патологии, и их взаимосвязь с окружающей средой.

Предложены индикаторные показатели отношений элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем.

Достоверность защищаемых положений обеспечена применением современных методик исследования, значительным количеством проб живого вещества, изученных современными высокочувствительными аналитическими методами на широкий спектр химических элементов (от 26 до 63), большим объемом экспериментальных данных, проанализированных и обработанных с применением статистических методов анализа, а также глубиной проработки материала.

Практическая значимость:

По химическому составу биосубстратов человека выявлены зоны и участки с максимальной степенью техногенной трансформации природной среды, неблагоприятной для проживания человека, предложены новые биоиндикаторные показатели оценки качества природной среды и биогеохимические критерии экологической оценки территории.

Созданы схематические карты Томской области по уровням накопления элементов в тканях организма человека (кровь, волосы, щитовидная железа), а также в почвах, солевых отложениях (накипи) питьевых вод.

Установление факта накопления химических элементов в биологически активной фракции лекарственных растений (княжик сибирский (*Atragene speciosa* Weinm.), лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim), и альфредия поникшая (*Alfredia cernua* (L.) Cass)) позволило совместно с фармакологами Сибирского государственного медицинского университета (СибГМУ) и Института фармакологии СО РАМН (Е.А. Краснов, И.В. Шилова) сделать предложение о необходимости учета этого явления при создании лекарственных препаратов.

Установленные тенденции в изменении накопления химических элементов и их ассоциаций в организме человека в норме и при разных видах патологии (на примере щитовидной железы и тканей кардиоваскулярной системы человека) могут являться основой для прогноза и профилактики заболеваемости населения.

Совместно с педиатрами СибГМУ (Е.И. Кондратьева, С.С. Станкевич, Н.А. Барабаш) на примере изучения химических элементов в системе «грудное молоко матери – моча младенца» разработаны методические рекомендации для практического здравоохранения.

Результаты исследований могут быть использованы с целью организации медико-экологического мониторинга территорий, разработки практических рекомендаций для улучшения экологической ситуации и выработки нормативных геохимических показателей для зонирования и нормирования территории. Материалы могут быть полезны для служб органов здравоохранения, охраны природы и служб мониторинга за состоянием природной среды. Материалы выполненных исследований используются при чтении курсов лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Геохимия, геохимический мониторинг окружающей среды», «Медицинская геология», «Биогеохимия» для студентов и магистров Томского политехнического университета. Научные результаты работы используются для дальнейших исследований и разработок в НИИ фармакологии СО РАМН.

Фактический материал и методы исследования. В основе диссертации лежат результаты исследований, проводимых автором в процессе работы на кафедре геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета в период с 1999 по 2010 годы, прежде всего на территории Томской и Челябинской областей. Материал для сравнения отбирался из ряда регионов России (территории Новосибирской, Ростовской, Кемеровской, Иркутской областей, Республик Хакасия, Алтай, Тыва, Алтайского, Забайкальского (г. Краснокаменска), Краснодарского краев (г. Анапа)) и Казахстана (городов Павлодар и Риддер). В работе рассмотрен и использован материал, предоставленный коллегами из университетов и институтов г. Томска: Сибирского государственного медицинского университета, Томского государственного университета, Научно-исследовательского института фармакологии СО РАМН, а также Павлодарского педагогического института (г. Павлодар, Республика Казахстан), Института геохимии биосферы Южного федерального университета (г. Новороссийск), Бурятского государственного университета, а также сотрудниками медицинских учреждений Томской области. Часть работ проведена в рамках гранта Министерства образования и науки РФ («Комплексная оценка экологического состояния территории юга» № ГР 01200504848, инв. № 02200602444) и Федеральной целевой программы («Исследование элементного состава организма человека как основа для развития идей медицинской геологии», № 2011-1.2.2-141-005), руководителем которых являлась автор. Автором полностью проведены планирование работ, отбор большей части материала и его пробоподготовка, анализ полученных результатов, формулировка защищаемых положений, ключевых выводов и рекомендаций.

По результатам работы получен патент на изобретение № 2298212 «Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды».

Аналитические исследования проводились в современных лабораториях: кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета, г. Томск (аналитики – А.Ф. Судыко, Л.Ф. Богутская, Г.А. Бабченко), Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск (аналитики – Г.П. Сандиминова, Н.Н. Пахомова), Химико-аналитического центра «Плазма», г. Томск (аналитик Н.В. Федюнина), а также в аналитической лаборатории СФ «Березовгеология» ФГУП

«Урангеологоразведка» МПР России, г. Новосибирск (аналитики И.Г. Филипчук, К.Н. Шевченко). В основу работы положены результаты современных высокочувствительных методов анализа – инструментального нейтронно-активационного и индуктивно-связанной плазмы с масс-спектрометрическим окончанием (ICP-MS), кроме того, использовались данные эмиссионного спектрального и результаты лазерно-люминесцентного, лазерно-спектрального, радиографического и рентгеноструктурного анализов. Все аналитические исследования проведены в аттестованных и аккредитованных лабораториях с использованием стандартных образцов сравнения (стандарты МАГАТЭ «Сухое молоко», «Лист березы» (рис. 1), «SD-M2/TM (морские осадки), а также ЭК-1 (элодея канадская) и БИЛ-1 (байкальский ил)).

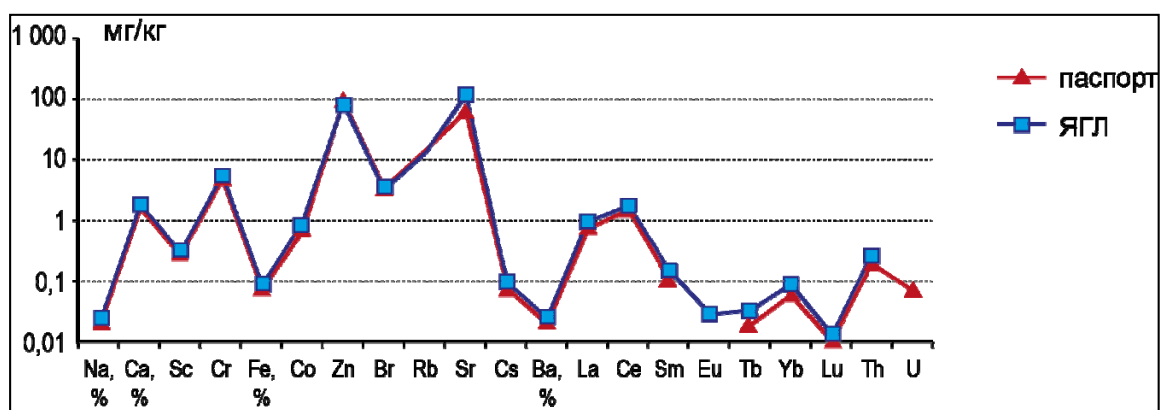


Рис. 1. Сопоставление результатов ИНАА (Паспорт-стандарт МАГАТЭ «Листья березы»; ЯГЛ – ядерно-геохимическая лаборатория кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета) (по оси ординат – мг/кг)

При этом осуществлялся внутренний и внешний контроль параллельными определениями элементов разными аналитическими методами. Погрешность определения большинства анализируемых элементов не превышала 10–20 %.

В целом проанализировано 1848 проб живого вещества, 201 проба почвы, 368 проб солевых отложений (накипи) питьевых вод и 107 проб воды (табл. 1).

Таблица 1.

Объем и методы исследования

| Объект исследования | Общее количество проб | Регион | Вид анализа | Учреждения и специалисты, в сотрудничестве с которыми получен материал |
|---------------------|-----------------------|---|-------------|--|
| Волосы детей | 645 | Томская область, Челябинская область, Р. Хакасия, Р. Алтай, Р. Тыва | ИНАА | ТПУ |
| | 36 | Иркутская область | | БГУ, Тайсаев Т.Т. |
| | 132 | Р. Казахстан | | ПГПИ, Корогод Н.П., Шайморданова Б.Х. |

| продолжение таблицы 1 | | | | |
|--|-------------|--|--|---|
| Кровь человека | 325 | Томская область, Челябинская область | ИНАА, Анализ количества микро- ядерных эритро- цитов, f-радио- графия | ТПУ, СГМУ, Ильинских Н.Н., Ильинских Е.Н., Матковская Т.В., районные больницы Томского и Зырянского районов Томской области, Сухих Ю.И., Попов В.Я., медсестры сельских медучреждений Томской области |
| | 38 | Иркутская область | ИНАА | БГУ, Тайсаев Т.Т. |
| Щитовидная железа (патологически измененные ткани) | 117 | Томская область | ИНАА | СГМУ, Денисова О.А. |
| Аортальные клапаны (патологически измененные с разной степенью кальцинации) | 21 | Томская область | ИНАА | ТГУ, Ламанова Л.М. |
| Биопсийный материал органов и тканей человека | 50 | Томская область | ИНАА, ICP – MS, ЭСПА, лазерно- люмине- сцентный | ТПУ, Морг Томского района Томской области, Федоров С.Ю. |
| | 13 | Краснодарский край (г. Анапа) | | ЮФУ, Институт геохимии биосферы, Алексеенко В.А. |
| Зольный остаток организма человека | 78 | Новосибирск, Ростов-на-Дону, Новокузнецк | | ТПУ, сотрудники городских крематориев |
| Молоко женщин | 64 | Томская область | ИНАА | СГМУ, Кондратьева Е.И., Станкевич С.С., Барабаш Н.А. |
| Моча детей | 64 | | | |
| Лекарственные и ягодные растения | 87 | Томская область, Р. Алтай, Р. Хакасия, Красноярский край | ИНАА, ЭСПА | ТПУ, НИИ фармакологии СО РАМН, СГМУ, Краснов Е.А., Шилова И.В. |
| Листья древесных растений | 61 | Р. Казахстан | ИНАА | ППУ, Асылбекова Г.Е., Шайморданова Б.Х. |
| | 20 | Томская область, Забайкальский край | | ТПУ |
| Органы и ткани речной рыбы, млекопитающих (домашняя свинья) и молоко коров | 10+78+ 9 | Томская область | ИНАА | ТПУ |
| Накипь питьевой воды | 368 | Томская область, Челябинская область, Иркутская область | ИНАА, лазерно- люмине- сцентный | ТПУ, БГУ, Тайсаев Т.Т. |
| Почва | 201 | Томская область, Челябинская область | ИНАА | ТПУ |
| Питьевая вода | 107 | Томская область | Лазерно- люмине- сцентный | ТПУ |

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертационной работы изложены в 89 публикациях (3 монографии, 13 статей в российских журналах, включенных в перечень ВАК, и 14 в зарубежных и российских научных рецензируемых журналах, 29 статей в зарубежных научных сборниках трудов и 30 в материалах всероссийских и международных конференций, проводимых в России). Результаты исследований по теме диссертации докладывались на конференциях, симпозиумах и биогеохимических школах в России и за рубежом: III Российской биогеохимической школе «Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы» (Горно-Алтайск, 2000), Международной научно-технической конференции «Горно-геологическое образование в Сибири, 100 лет на службе науки и производства» (Томск, 2001), пятом Международном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых имени академика М.А. Усова, посвященного столетию горно-геологического образования в Сибири (Томск, 2001), 3-м Конгрессе молодых ученых и специалистов «Науки о человеке» (Томск, 2002), Всероссийской научной конференции с международным участием «Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье человека» (Новосибирск, 2002), Международной конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде» (Семипалатинск, Республика Казахстан, 2002, 2006, 2008, 2010), 2-й Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека» (Томск, 2004), «5th International Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives» (Афины, Греция, 2005), на V Международной биогеохимической школе «Актуальные проблемы геохимической экологии» (Семипалатинск, Р. Казахстан, 2005), «Metals in the environment» (Вильнюс, Литва, 2006), «International Symposium on Trace Elements in the Food Chain» (Будапешт, Венгрия, 2006), «International Symposium of Herpethology» (Бонн, Германия, 2006), «Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых» (Минск, Беларусь, 2007), «Современные проблемы геоэкологии и сохранения биоразнообразия» (Бишкек, Кыргызстан, 2007), «Геохимия биосферы» (Новороссийск, 2008), «Аналитика Сибири и Дальнего Востока: VIII Научная конференция» (Томск, 2008), «7th International Symposium: «Trace Elements in Human: New Perspectives»» (Афины, Греция, 2009), 3-й Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека» (Томск, 2009), VI–XII Биогеохимических чтениях, посвященных памяти В.В. Ковальского (Москва, 2005–2010).

Структура и объем работы: диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и рекомендаций. Общий объем – 373 стр., включая 207 рисунков и 72 таблицы. Список литературы составляет 500 источников, в том числе 80 иностранных.

Содержание работы:

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 описаны материалы и методы исследований, представлено обоснование выбранных для исследования видов живых организмов.

Вторая глава отражает степень изученности и современного состояния проблемы.

В третьей главе показаны особенности распределения элементов в живом веществе в зависимости от эндогенных и экзогенных факторов, влияющих на этот процесс, приведены факты специфики концентрирования радиоактивных элементов в живых организмах разного уровня организации.

В четвертой главе в трех подглавах приведены результаты изучения травянистой и древесной растительности в следующих аспектах: специфика накопления элементов в лекарственных растениях, обладающих ноотропным и адаптогенным эффектами воздействия, проанализирована индикаторная роль элементов в их составе в местах с наличием природных и техногенных источников в окружающей среде; приведены факты перехода отдельных химических элементов из наземной части лекарственных растений в фармакологически активную фракцию, выделены общие черты этого процесса и отличия в зависимости от видовой принадлежности; описана специфика формирования элементного состава растений урбанизированных экосистем на примере тополя черного (*Populus nigra* L. 1753), показана индикаторная роль элементного состава листьев этого вида растений и возможность проведения районирования территории городов на основе биогеохимических показателей.

В пятой главе рассмотрены закономерности накопления и распределения элементов и их соотношения в организме домашних животных (свиней – *Sus scrofa domestica* Linnaeus 1758 (*Artiodactyla*, *Mammalia*)), на территориях с разной эколого-геохимической ситуацией.

В шестой главе приведены результаты изучения особенностей, специфики и закономерностей распределения химических элементов в организме современного человека. В 5 подглавах рассмотрены процессы накопления и особенности распределения 56 химических элементов в 25 исследуемых органах человека, представлены результаты исследований региональных особенностей элементного состава (63 химических элемента) зольного остатка организма жителей Западно-Сибирского региона (г. Новосибирск, г. Новокузнецк) и Южного региона (г. Ростов-на-Дону), приведены результаты накопления, распределения и соотношение элементов в волосах детей и крови жителей городских и сельских населенных пунктов с анализом пространственной структуры на территориях природных и техногенных геохимических аномалий. Уделено внимание процессам перехода элементов из параллельно отобранных сред (волосы детей – кровь детей – почва приусадебных участков – солевые отложения (накипь) питьевых вод из водонагревательных приборов (чайники) – вода) с использованием методов, применяемых в геохимических исследованиях (расчет коэффициентов обогащения,

водной миграции, концентрации). Проанализирована специфика накопления элементов в патологически измененных тканях организма людей, страдающих разными видами патологии щитовидной железы и имеющих проблемы в органах сердечно-сосудистой системы, рассмотрены процессы усвоения химических элементов из разных продуктов питания (мясо свиней, молоко, вода, ягоды), включая особенности перераспределения элементов в молоке женщин и моче их младенцев, проживающих на городской и пригородной территориях.

В выводах и рекомендациях работы подведены итоги исследования, сформулированы основные выводы, даны практические рекомендации.

Благодарности:

Автор выражает глубокую благодарность всем, кто способствовал накоплению материала, позволившего, в конечном итоге, провести всесторонний анализ особенностей накопления и распределения химических элементов в системе «живой организм – окружающая среда»: заведующему лабораторией «БИОГЕЛ» ГЕОХИ РАН, профессору, д.б.н. В.В. Ермакову за консультации, поддержку, помощь и организацию работы с архивными материалами лаборатории, а также всем ее сотрудникам; профессору, д.б.н. М.С. Панину, профессору, д.б.н., профессору С.В. Савельеву, д.б.н. Г.В. Мотузовой и д.б.н. Е.А. Карповой за полезное обсуждение отдельных разделов работы; профессору, д.б.н. Н.Н. Ильинских и д.м.н. Е.Н. Ильинских за предоставление материалов крови и проведение цитогенетических исследований; профессору, д.м.н. Т.В. Матковской за предоставление биологических материалов по отдельным населенным пунктам Томского района; профессору, д.г.-м.н. В.А. Алексеенко за предоставленный зольный материал биопсии некоторых органов жителей Краснодарского края и обсуждение отдельных положений работы; профессору, д.г.-м.н. Е.Г. Языкову за бесценные советы и помощь по организации отбора и анализа проб почвы и накипи питьевых вод на территории Томской области; профессору, д.фарм.н. Е.А. Краснову и к.фарм.н. И.В. Шиловой за предоставленный материал для проведения исследований по фармакологически активным экстрактам и фракциям лекарственных растений; профессору, д.м.н. Е.И. Кондратьевой, к.м.н. Н.А. Барабаш и к.м.н. С.С. Станкевич за тесное сотрудничество в исследованиях по изучению молока кормящих матерей и мочи их детей; д.б.н., профессору Н.С. Москвитиной и к.б.н. В.Н. Курановой за ценные советы и помощь; д.б.н. Б.Х. Шаймордановой, к.б.н. Н.П. Корогод и к.б.н. Г.Е. Асылбековой за поддержку и содействие в исследованиях живого вещества на территории Республики Казахстан; профессору, д.г.н. Т.Т. Тайсаеву за организацию исследований на территории Иркутской области и содействие в отборе комплекса проб; профессору, д.г.-м.н. С.И. Арбузову и к.г.-м.н. В.А. Домаренко за ценные советы при обсуждении взаимосвязи состава живого вещества с геологическими факторами; к.г.-м.н. И.С. Соболеву за постоянную помощь, консультацию, поддержку и организацию работ по отбору проб на территории Томской области; главным врачам районных больниц Томского и Зырянского районов Томской области – к.м.н. Ю.И. Сухих и

к.м.н. В.Я. Попову, патологоанатому С.Ю. Федорову за помощь в отборе проб биопсийного материала, медицинскому персоналу больниц населенных пунктов Томской и Челябинской областей за организацию работ по отбору проб крови. Глубокую признательность автор выражает к.м.н. О.А. Денисовой за долгое тесное сотрудничество в изучении накопления элементов в тканях щитовидной железы, а также сотруднику Томского государственного университета Л.М. Ламановой за предоставление материалов для изучения патологических образований кардиоваскулярной системы человека. Искреннюю признательность автор приносит к.г.-м.н. А.В. Волостнову за помощь в проведении экспериментальных работ по радиографическому анализу крови, к.г.-м.н. Т.Н. Игнатовой за отбор зольного материала организма человека, активное участие в пробоподготовке, поддержку и помощь, а также бывшим аспирантам Д.В. Швецовоу и Т.А. Монголиной, участвовавшим в пробпоотборах и пробоподготовке, и студентам кафедры геоэкологии и геохимии, активно занимающимся научной работой и способствующим реализации сложного и длительного процесса накопления научных знаний (Б.Р. Соктоеву, Т.Ч. Дамдиновой, Е.А. Галочкиной, Е.А. Литусовой и другим). Особо благодарна бывшему инженеру кафедры геоэкологии и геохимии В.С. Барановскому за бесценную помощь в подготовке графического материала, а также инженеру В.В. Жукову за поддержку и помощь в оформлении работы.

Автор признательна безвременно ушедшему к.г.-м.н. В.В. Ершову за ценные советы по методам статистической обработки материала.

Приношу благодарность всем сотрудникам кафедры геоэкологии и геохимии, и моим друзьям и родным, которые помогали, консультировали по различным вопросам и просто поддерживали морально.

Выражаю глубокую признательность своему научному консультанту профессору, д.г.-м.н. Л.П. Рихванову, на протяжении всех лет работы способствовавшему моему научному поиску.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ

Первое защищаемое положение: В естественных экосистемах с геохимическими аномалиями, обусловленными геологическими и металлогеническими особенностями территории, живое вещество, включая ткани человека, характеризуется высоким содержанием и перераспределением ряда элементов в соответствии с его неоднородностью и сохранением закономерностей Менделеева–Кларка и Оддо–Гаркинса, что позволяет предполагать на этих площадях развитие оруденения различных генетических типов (уран, сурьма, золото и др.). В лекарственных растениях таких зон некоторые элементы переходят в состав фармакологически активного экстракта, что позволяет прогнозировать лечебный эффект воздействия.

Живое вещество неоднородно по своему составу, что обусловлено дифференцировкой способности к накоплению и перераспределению элементов для разных видов, частей, тканей, спецификой физиологических реакций организма и внутренних факторов его развития, абиотическими факторами экосистемы, в которую

он входит и рядом других причин (Рихванов, Барановская, 2006; и др.). Так, из практики биогеохимических исследований хорошо известно, что разные части растений избирательно накапливают те или иные виды микроэлементов, что подтверждается нашими исследованиями ягодных: черника (*Vaccinium myrtillus* L.), клюква обыкновенная (*Vaccinium oxycoccos* L. (1753)) и лекарственных: лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim) растений. Например, корневая часть растения лабазника вязолистного накапливает значительно более высокие количества большого ряда химических элементов по сравнению с надземной, что имеет большое практическое значение, поскольку речь идет о части лекарственного растения, обладающего лечебным (ноотропным) эффектом воздействия на организм человека.

Анализ доступных нам обобщений и сводок позволяет утверждать, что по-видимому, для более высокоорганизованных организмов характерна возрастающая по мере эволюции независимость состава внутренней среды от состава окружающих природных сред («Человек...», 1977; Эмсли, 1993; Ершов, 2003; Ермаков, 2005, 2008; Алексеенко, 2000, 2006; Bowen, 1979; Lindh, 2005; Кист, 1987; Kabata-Pendias, 2007; и др.).

В.И. Вернадский (1939) отмечал, что количественные биогеохимические свойства являются специфическими характеристиками организмов, их рас и генераций; избирательно поглощая элементы и отражая в своей форме и составе физико-химические свойства среды, организмы, однако, не изменяют своего *среднего состава* (Вернадский В.И., 1939). Анализ полученных нами материалов свидетельствует, что в особенностях распределения средних содержаний химических элементов в изученном живом веществе соблюдаются закономерности их накопления, соответствующие всеобщим законам их распределения в объектах материального мира: Менделеева–Кларка о распространенности элементов разных масс и Оддо–Гаркинса о чередовании элементов с четными и нечетными номерами (рис. 2).

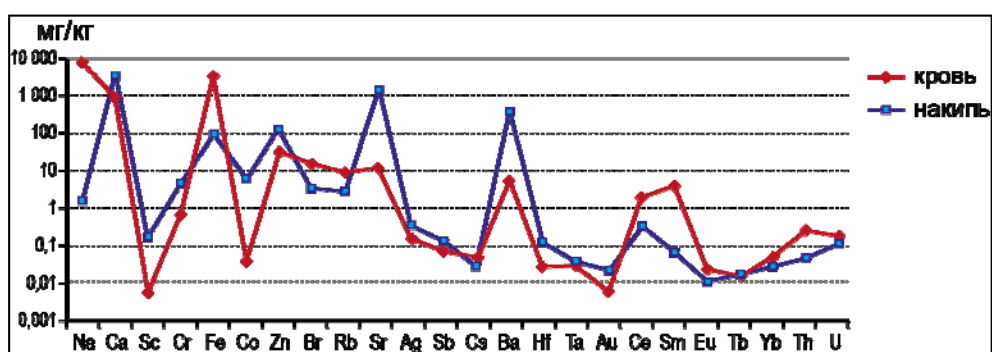


Рис. 2. Распределение элементов в солевых отложениях (накипи) питьевых вод и в крови человека (мг/кг, шкала логарифмическая)

Эти закономерности сохраняются при рассмотрении особенностей элементного состава тканей человека на территориях не подверженных интенсивному техногенному воздействию (рис. 3). Присутствующие в таких местах природные локальные геохимические аномалии, обусловленные факторами геологического

строения и металлогеническими особенностями территории, определяют специфические особенности распределения химических элементов в составе живого вещества. Это прослеживается как при анализе отдельных региональных показателей, так и в отдельных районах области, отдельных населенных пунктах.

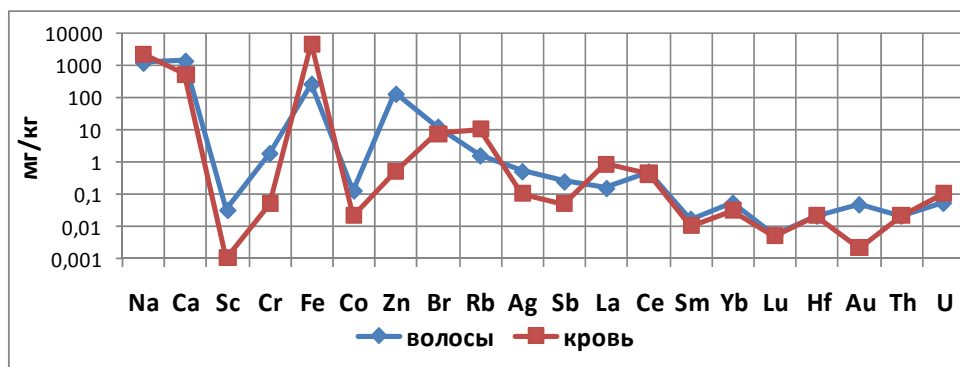


Рис.3. Изменение содержания элементов в составе волос и крови человека сельских населенных пунктов мало трансформированных техногенезом территорий.

В частности, региональная природная специфика состава волос жителей Республики Тува отмечается в виде высоких концентраций кобальта, что указывает на проявление известной кобальтовой биогеохимической провинции с высокими содержаниями этого элемента во многих средах (Ковальский, 1974); а особенности накопления элементов в волосах жителей Республики Узбекистан определенно свидетельствуют о наличии в этом регионе золото-сурьмяных проявлений (ассоциация Au – Sb – Hg) (табл. 2). Локальные проявления геологического фактора воздействия установлены нами на примере изучения животных, растений и тканей человека. Так, в организме амфибий, обитающих в окрестностях населенного пункта Малиновка Томской области, расположенного в зоне циркон-ильменитового месторождения, природная геохимическая аномалия проявляется в виде десятикратного превышения среднего содержания элементов по выборке, с концентрацией специфичных для этого типа проявлений редкоземельного спектра элементов, а также тория и гафния (Kuranova, Baranovskaya, 2003, 2005).

Проявление специфики полиметаллического месторождения Кызылчан в Республике Алтай отразилось в виде накопления в лекарственном растении княжик сибирский (*Atragea speciosa* Weinm.) свинца в количестве в 3–5 раз превышающем его содержание в других пробах и цинка – в 2– 3 раза (Шилова, Барановская и др., 2002). При сравнении полученных данных по трем видам лекарственных растений (княжик сибирский (*A. speciosa* Weinm.), лабазник вязолистный (*F. ulmaria* (L) Maxim.), альфредия поникшая (*Alfredia cernua* (L.) Cass), изученных нами (Барановская и др., 2008; Шилова и др., 2002, 2008), было выявлено, что для всех видов характерно концентрирование в повышенном количестве таких элементов, как фосфор, калий, медь и молибден. Значительные расхождения в содержаниях отмечаются для альфредии по олову, для княжика – по стронцию, барью, кадмию,

тербию и европию, железу и хрому, содержание которых в данных видах более высокое, что может быть обусловлено особенностями территории их произрастания и отражается в рядах биологического поглощения элементов.

Таблица 2.

Характеристика уровня накопления элементов (по максимальным и минимальным значениям) в волосах жителей разных регионов.

| Регион | Содержание | Химические элементы |
|--|--------------|--|
| Томская область | Максимальное | Ca, Sc, Cr, Fe, Br, Sm, Eu, Hf, Th |
| | Минимальное | – |
| Челябинская область | Максимальное | Zn, Lu |
| | Минимальное | Sc, Cr, Fe, Co, As, Br, Ag, Cs, Ce, Yb, Ta |
| Иркутская область | Максимальное | Hg |
| | Минимальное | Sc, Sr, Ba, Eu, Tb, Yb, Lu, Ta |
| Республика Хакасия | Максимальное | Sr, Cs, Ba, Ce, Tb, Yb, Ta, U |
| | Минимальное | Sc, As, Hf, Au, Th |
| Республика Алтай | Максимальное | Zn |
| | Минимальное | Sc, Cr, Fe, Co, As, Se, Br, Rb, Ag, Cs, Ce, Yb, Ta |
| Республика Казахстан | Максимальное | Rb, U |
| | Минимальное | Sc, Ta, Hg |
| Республика Узбекистан (по данным Л.И. Жук, 1990) | Максимальное | Na, Sc, Sb, La, Au, Hg |
| | Минимальное | Ca |
| Республика Тыва | Максимальное | Co, Ag |
| | Минимальное | Zn, Rb |

Примечание: цветом выделены элементы, встречающиеся в максимальном или минимальном количестве в волосах жителей только в одном регионе.

Немаловажным фактом является то, что существуют различия в содержании ряда элементов не только в надземной, но и в фармакологически активной фракции лекарственных растений. Примечательно, что во фракции княжика сибирского в преобладающей концентрации содержатся натрий, сурьма, хром и бром – элементы, составляющие основную часть зольного остатка. Кроме того, следует отметить достаточно высокое содержание лантана, церия и тория. В тоже время для других изученных элементов (например, кальция, железа и др.), играющих значительную роль в нормальном функционировании живых организмов и содержащихся в значительных количествах в надземной части княжика сибирского (Шилова, Барановская и др., 2002, 2008), не характерен переход в активную фракцию.

Анализ активных фракций двух других лекарственных растений – альфредии поникшей и лабазника вязолистного – показал, что такие элементы, как хром и бром также переходят в фармакологически активный экстракт и накапливаются в ней в больших концентрациях, по сравнению с надземной. Однако в рядах накопления элементов в активной фракции растений по сравнению с надземной существуют и отличия. Так, в активной фракции лабазника дополнительно концентрируются

гафний, серебро, лантан, железо, кобальт, 5 редкоземельных элементов, торий, уран и тантал. Необходимо отметить, что значительное количество проб этого растения отобрано в Томском районе в зоне расположения месторождения циркон-ильменитовых руд. А в активную фракцию альфредии переходят цинк, кобальт, торий, гафний, скандий и редкоземельные – лютеций, лантан и самарий (табл. 3). Важно, что некоторые лекарственные свойства этих растений определяют химические элементы, содержащиеся в значительных концентрациях в окружающей среде и переходящие в их активную фракцию (Шилова и др., 2011).

Присутствие природных геохимических аномалий находит свое отражение и в составе тканей человека. Так, анализ пространственных закономерностей распределения урана на территории Томской области по данным его накопления в составе волос детей этой территории свидетельствует, что этот показатель достаточно четко соответствует ранее выявленной геологами, гидрогеологами и геохимиками зоне геолого-геохимической неоднородности, зафиксированной на стыке перехода морских (в западной части области) и прибрежно-морских и континентальных отложений мезозойского чехла Западно-Сибирской низменности, а также смене гидрогеохимических типов вод (Ермашова и др., 1974; Назаров, 2004; Шор, 1997; Домаренко, 2008; Соболев, 2010; Воробьев и др., 2008; и др.).

Таблица 3.

Специфика накопления элементов в фармакологически активном экстракте лекарственных растений

| Вид лекарственного растения | Ряд преимущественного накопления элементов в фармакологически активном экстракте относительно наземной части |
|--|---|
| Княжик сибирский (<i>Atragene speciosa</i> Weinm.) | Na ₃₂ – Sb ₁₀ – Cr ₅ – Br ₂ – Th _{0,8} – Ce _{0,7} – La _{0,6} |
| Лабазник вязолистный (<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim) | Cr ₇₄ – Hf ₁₆ – Ag ₁₀ – Br ₈ – Na ₄ – Sb ₄ – Sm _{3,2} – Lu _{2,7} – La _{2,3} – Fe _{2,1} = Co _{2,1} – Ce _{1,9} – Ta _{1,8} – U _{1,3} – Tb _{1,2} |
| Альфредия поникшая (<i>Alfredia cernua</i> (L.) Cass) | Zn ₃₀ – Th _{7,5} – Hf _{6,6} – Cr _{5,3} – Lu _{3,6} – La _{2,7} – Sm _{2,3} – Sc _{1,5} – Br _{1,3} – Sr _{1,1} – As _{1,1} |

Примечание: цветом выделены элементы, общие для трех изученных видов растений.

Эта зона предполагается как потенциально ураноносная на выявление гидrogenных урановых месторождений. Аналогичная зона, но, по-видимому, обусловленная другими геохимическими процессами, отмечается в юго-восточной части области (рис. 4). Анализ материалов по накоплению и пространственному распределению золота и сурьмы в составе волос детей на территории районов Томской области подтверждают сделанные ранее геологами выводы о геохимической специализации данной территории на эти элементы (Иванова, 2001; Арбузов, 2007; Межибор, 2009; и др.), определяющей особенностями геологического строения региона. Эти геохимические и металлогенические особенности региона находят свое отражение в химическом составе почв, являющихся основным звеном в цепи: порода – почва – растение – животное (человек) (Ильин, 1991; Сысо, 2007). Весьма

перспективными на выявление золото-сурьмяного оруденения, по результатам изучения тканей человека и природных сред (почва, солевые отложения питьевых вод), являются южная и юго-восточная части Томской области, к которым, в частности, относится Зырянский район.

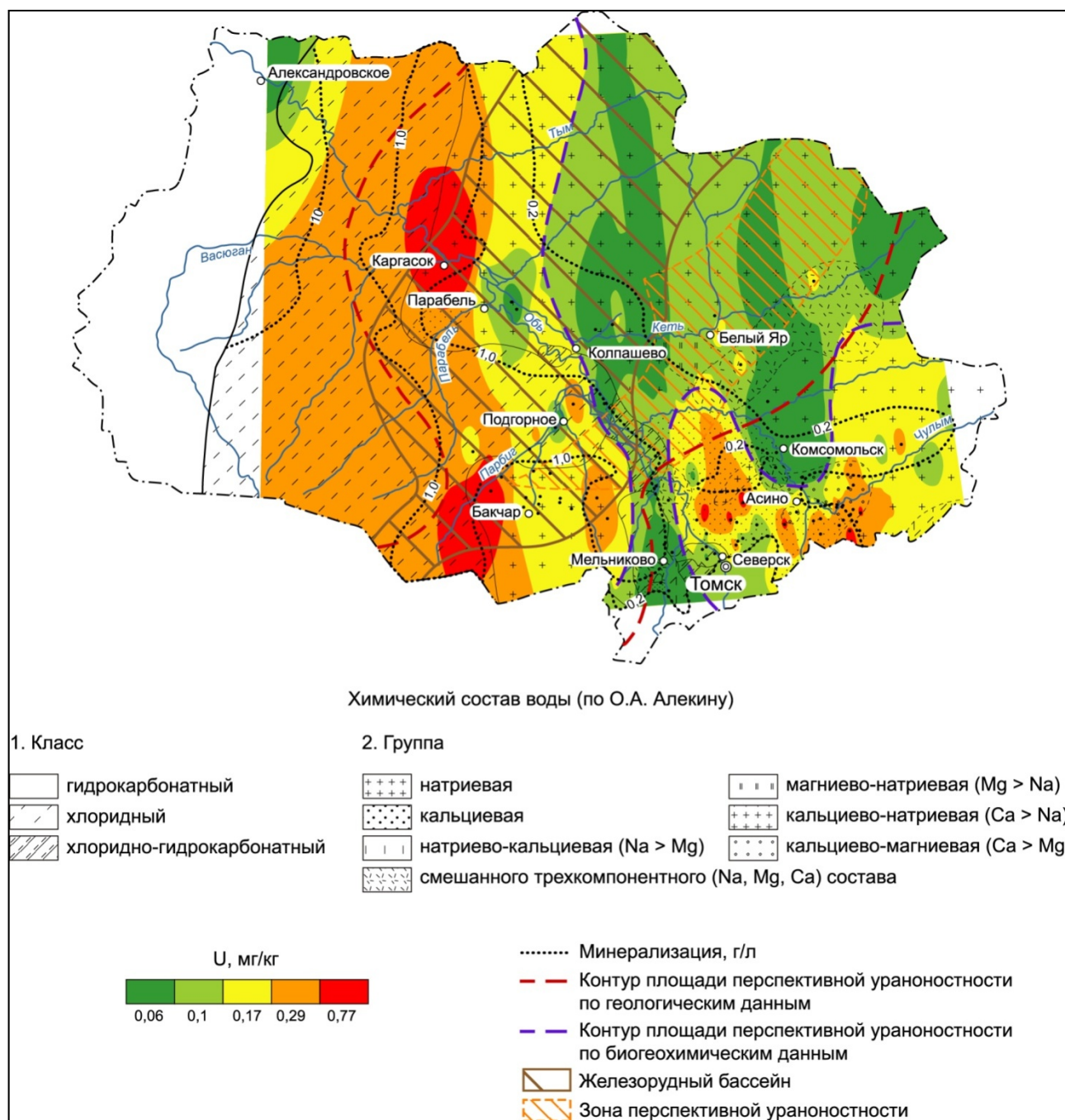


Рис. 4. Схематическая карта распределения урана на территории Томской области, по данным элементного состава волос детей (Геолого-геохимическая и гидрогеохимическая основа карты выполнена по материалам Н.А. Ермашовой и др. (1974), В.А. Домаренко (2009), И.С. Соболева и др. (2009)).

Анализ элементного состава волос детей и специфики их распределения на территории распространения осадочных руд железа Бакчарского месторождения, являющегося частью крупнейшего Западно-Сибирского железорудного бассейна

(Николаева, 1967; Сурков, 1981) показал, что эта геолого-геохимическая неоднородность также находит свое отражение. Структура ореола высоких концентраций железа, кобальта и хрома приурочена к границе контуров месторождения. Тот факт, что эти территории относятся к зонам с незначительной техногенной нагрузкой, говорит о том, что на формирование элементного состава волос оказывает значительное влияние природно-геохимическая составляющая. Следовательно, эндемии биогехимической природы, обусловленные влиянием аномально высокого поступления элемента из геологических структур, могут прогнозироваться с использованием показателей элементного состава тканей человека. Это имеет важное практическое значение в профилактике заболеваемости населения.

Таким образом, в зонах природных геохимических аномалий, обусловленных геологическими и металлогеническими особенностями, наблюдается повышение концентрации специфических химических элементов в составе живых организмов на фоне соблюдения общих геохимических закономерностей их распределения (закон Менделеева–Кларка, Оддо–Гаркинса) и с учетом неоднородности в зависимости от эндогенных факторов, что фиксируется при анализе уровней накопления элементов, и их пространственного распределения.

Второе защищаемое положение: *В зонах техногенеза происходит изменение как уровней накопления химических элементов в составе живого вещества, так и их отношений, что имеет индикаторное значение. Для предприятий ядерно-топливного цикла специфичными являются U, Th, TR, Br, (Pu); для нефтехимического производства – Sb, Br; для предприятий энергетического комплекса и металлообрабатывающей промышленности – Fe, Cr, Sc, Co, U, Th, TR; для агропромышленного комплекса – Hg.*

Элементный состав живого вещества испытывает значительную трансформацию в зонах проявления техногенеза. Это отражается как на уровнях накопления химических элементов, форм их находений, так и в изменении их соотношений. На территориях с развитым разнопрофильным промышленным производством в элементном составе живого вещества на разных уровнях его организации наблюдается интенсивное (относительно фона) концентрирование специфических химических элементов с локальным характером их распределения и нарушением основных геохимических законов накопления.

Так, нами установлено (Шайморданова, Асылбекова, Барановская, 2010), что накопление элементов в листе древесных растений урбанизированных экосистем зависит от степени развития промышленного сектора и специфики его выбросов. Например, для развитого промышленного комплекса города Павлодара Республики Казахстан характерно концентрирование в листьях тополя черного (*Populus nigra* L.) таких элементов, как хром, кобальт, цинк и ряда других, характеризующихся специфичным распределением на его территории.

Специфика золы листьев города Краснокаменска, градообразующим объектом которого является предприятие по добыче и переработке урановой руды, заключается

в значительной концентрации урана вблизи техногенного источника с последующим уменьшением его содержания в золе листьев тополей по мере удаленности от предприятия (рис. 5).

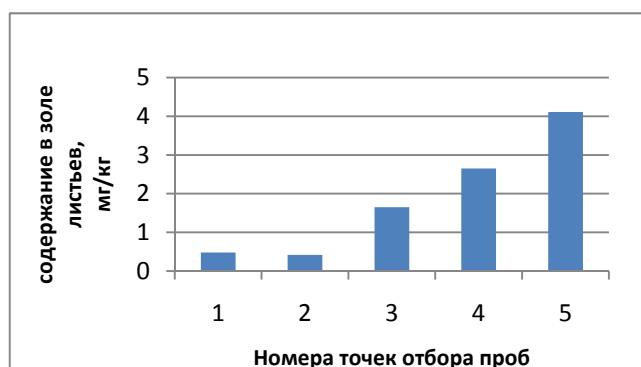


Рис. 5. Характер изменения концентрации урана в золе листьев тополя черного (*Populus nigra L.*) по мере приближения от фоновой территории (точки 1– 2) к зоне влияния предприятий по добыче и переработке урана (точки 3– 5)

Для города Томска характерно неравномерное распределение элементов на его территории, варьирование их накопления в листьях в зависимости от года отбора проб, района города, что обусловлено неравномерностью выбросов предприятий, в то время как для города Асино, расположенного в 100 км от г. Томска по розе ветров, характерно наиболее низкое содержание практически всех изученных элементов. Отмечаются также изменения показателей отношений элементов на этих территориях. Очевидно, что наиболее ощутимые их изменения характерны для территории города Краснокаменска (табл. 4).

Таблица 4.

Индикаторные показатели отношений элементов в золе листьев тополя черного (*Populus nigra L.*)

| Отношения элементов | г. Томск | г. Краснокаменск | г. Павлодар | г. Асино |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Th/U | 0,9 | 1 | 2,4 | 0,3 |
| Na/Ca | 0,006 | 0,007 | 0,03 | 0,004 |
| La/Ce | 0,6 | 0,7 | 1,2 | 0,6 |
| Br/Na | 0,03 | 0,1 | 0,01 | 0,02 |
| U/Ca | $0,5 \times 10^7$ | $1,2 \times 10^7$ | $0,2 \times 10^7$ | $0,5 \times 10^7$ |
| Br/U | 39 | 136 | 37 | 12 |
| La/Yb | 13 | 22 | 15 | 10 |
| (La+Ce)/(Yb+Lu) | 29 | 48 | 27 | 23 |
| U/Br | 0,1 | 0,03 | 0,1 | 0,1 |

Накопление информации об элементном составе древесной растительности в разных регионах способствует выработке универсальных показателей изменения окружающей среды и в дальнейшем приведет к выработке нормативных показателей по суммарному накоплению элементов в живом веществе, так же, как это было сделано для пылеаэрозольных выпадений и почвы (Саэт и др., 1990).

Анализ живого вещества на территориях со схожими техногенными источниками позволил нам сделать вывод о специфических элементах,

накапливающихся в одинаково аномально высоких количествах, как правило, выше уровня условного фона на территориях с различными природными геохимическими обстановками и вне зависимости от них.

Так, для предприятий ядерно-топливного цикла специфичными являются U, Th, TR, Br, (Pu); для нефтехимического производства – Sb, Br; для предприятий энергетического комплекса и металлообрабатывающей промышленности – Fe, Cr, Sc, Co, U, Th, TR; агропромышленного – ртуть. Эта специфика обнаружена нами, помимо растительных объектов, в составе различных тканей человека: крови, волосах, щитовидной железе, моче младенцев и молоке кормящих их матерей, а также в молоке коров, органах и тканях рыб, амфибий и млекопитающих. Так, максимальные концентрации ртути (превышение над региональным уровнем в 4–6 раз) характерны для волос детей районов, в которых преобладает агропромышленный комплекс (рис. 6). Поступление этого высокотоксичного элемента в организм и его накопление в волосах населения может происходить аэрогенным путем при пылении почв, либо по пищевой цепи через выращенные на этих почвах пищевые продукты.

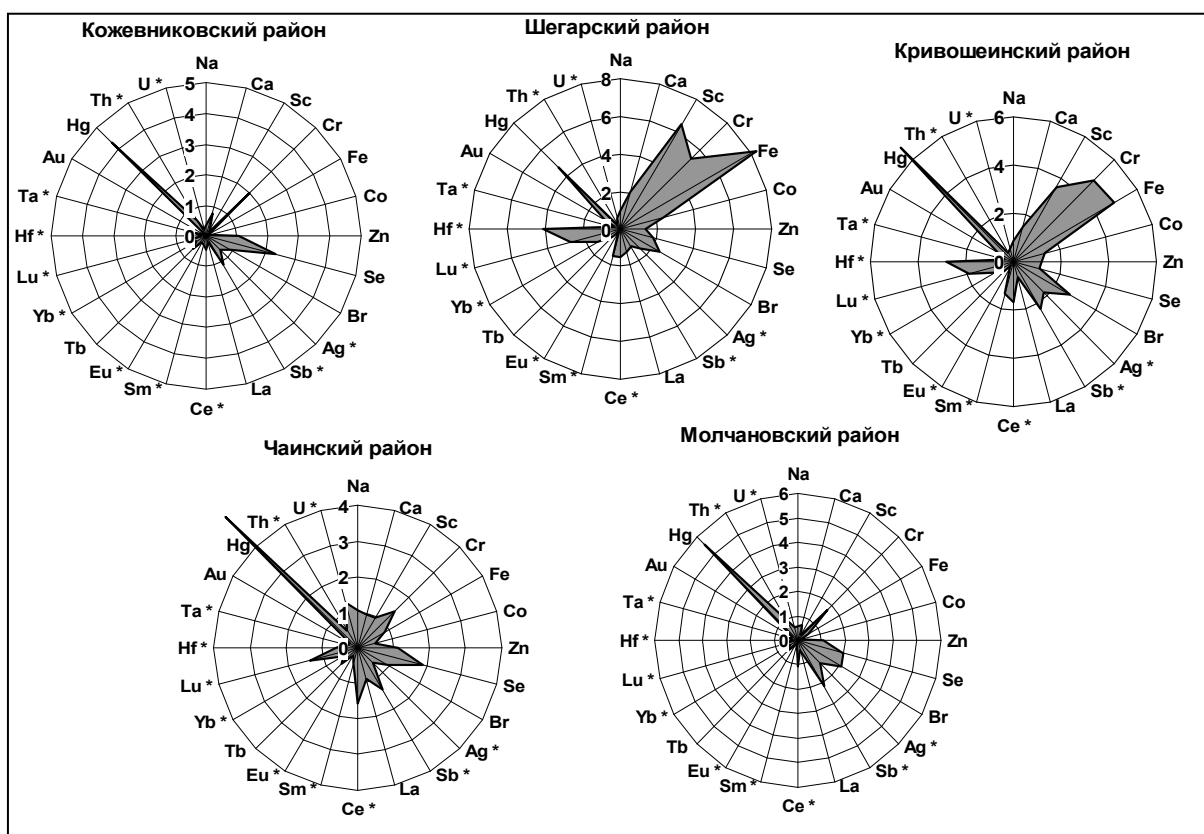


Рис. 6. Коэффициенты концентрации (относительно региональных средних значений) элементов в волосах детей, проживающих в сельскохозяйственных районах Томской области

Имеет место и изменение отношений элементов со сходным характером увеличения или уменьшения относительно источников воздействия (табл. 5) и четкой дифференцировкой населенных пунктов по величине этих отношений. Так, максимальное содержание урана характерно для волос жителей поселков, расположенных в зоне влияния Сибирского химического комбината (СХК) –

Георгиевка, Наумовка, Черная речка (Юкса), а также для города Северска, для которого оно является градообразующим.

Таблица 5.

Индикаторные показатели отношений элементов в тканях человека

| Отношения элементов | Зоны техногенного влияния | Волосы детей | Кровь человека* | Патологически измененная щитовидная железа человека* |
|---------------------|---------------------------|--------------|-----------------|--|
| Na/Br | ближняя | 29 | 244 | 3.5 |
| | дальняя | 189 | 711 | 29 |
| Br/U | ближняя | 22 | 1060 | 138 |
| | дальняя | 72 | 70 | 165 |
| Th/U | ближняя | 2.5 | 1 | 0.002 |
| | дальняя | 0.2 | 0.07 | 0.04 |
| La/Yb | ближняя | 30 | 0.2 | 1 |
| | дальняя | 32 | 4,4 | 6,3 |
| (La+Ce) / (Yb+Lu) | ближняя | 22 | 0.5 | 2.5 |
| | дальняя | 30 | 8.4 | 6.9 |
| La/Ce | ближняя | 0.9 | 0.7 | 0.5 |
| | дальняя | 4 | 4 | 2.5 |

Примечание: * – сухое вещество.

Ореол распространения вытянут по основной розе ветров (рис. 7), что может указывать на возможность аэрогенного поступления этого элемента.

Выявленная пространственная локализация радиоактивного элемента в составе волос детей достаточно хорошо коррелирует с плотностью выпадения ^{137}Cs , установленного по данным аэрогамма-съемки (Рихванов, 1997). Практически полностью совпадает с этим ореолом и зона пониженного бром-уранового отношения. Это отношение было рассмотрено в связи с высказанным ранее предположением (Барановская, Рихванов, 2002) о возможном поступлении брома с предприятий СХК, поскольку данный элемент присутствует в цепочках радиоактивного распада (Гусев, Дмитриев, 1988). Нами зафиксирована (Барановская, 2003) формирующаяся бромная субпровинция, для которой характерны как высокие концентрации этого элемента (содержание брома в волосах и крови жителей территории Северного промышленного узла г. Томска составляет более 10 мг/кг), так и нарушение его отношений с отдельными элементами (отношение Br/Na составляет для волос – более 0,02, для крови – более 0,002). Аналогия накопления брома и урана отмечена ранее в работах Н.С. Москвитиной, для почек мелких млекопитающих в зоне влияния СХК (по Рихванов, 1997). В отличие от волос, в крови отношение брома к урану имеет обратную картину – высокие показатели этого отношения соответствуют зонам техногенеза. Вероятно, это связано с тем, что именно бром является элементом, унаследованным кровью от морской воды, а следовательно, с депонирующей средой (в данном случае – волосы) будет наблюдаться обратная

картина, как это происходит с морской водой и почвой. Необходимо отметить, что подобная закономерность зафиксирована нами для организма домашней свиньи.

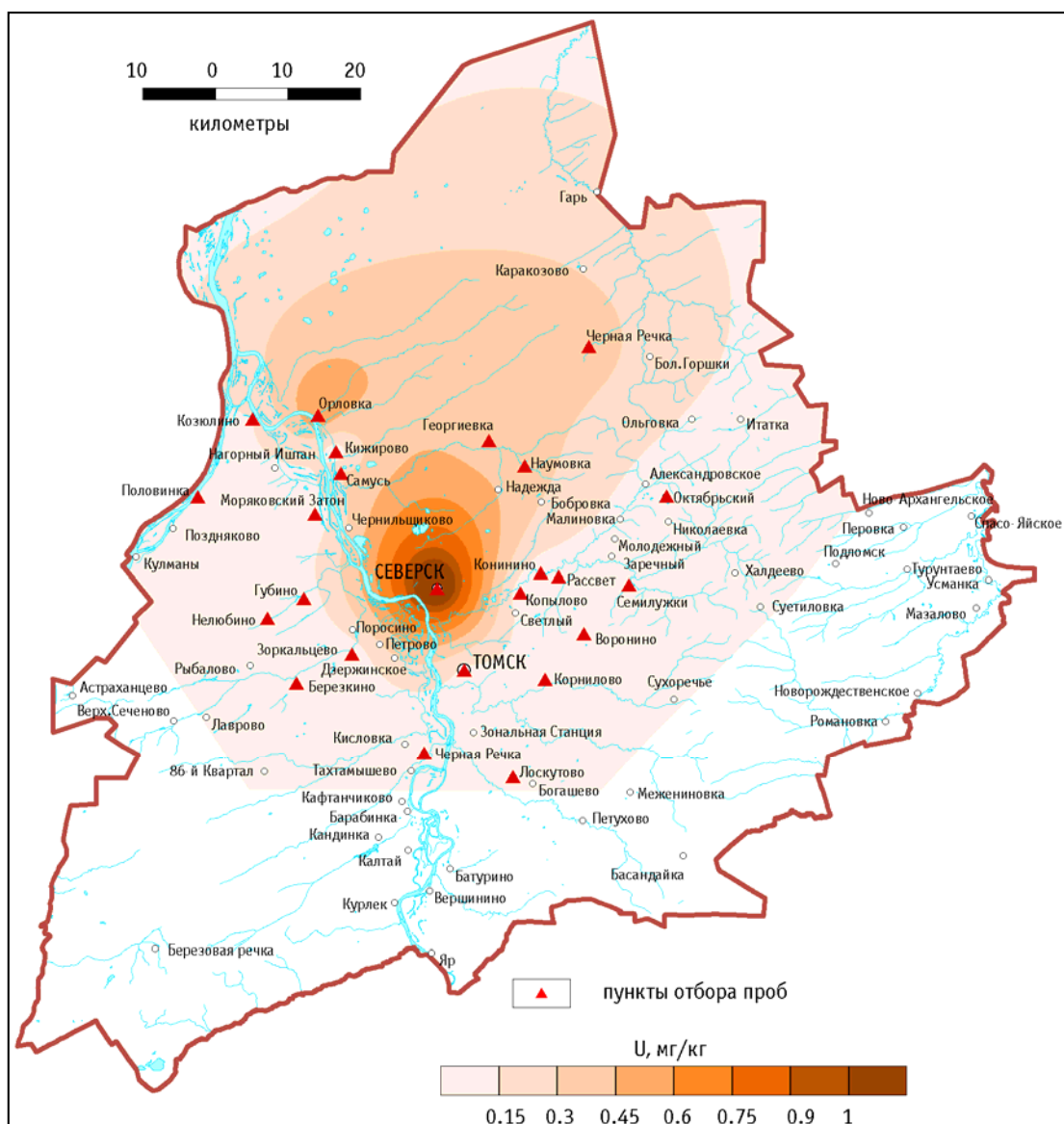


Рис. 7. Схематическая карта распределения урана (мг/кг), содержащегося в волосах детей Томского района

Выявлена также определенная закономерность в изменении величины лантан-цериевого отношения в волосах детей. Наблюдается тенденция его изменения, отмеченная для отношений других лантаноидов, подчеркивающая уменьшение этих показателей по мере удаленности от основных объектов различного производства, сосредоточенных на территории СПУ. Установлено, что в волосах детей населенных пунктов, подверженных влиянию предприятий ядерно-топливного цикла, этот показатель изменяется в диапазоне значений – от 0,5 до 1,7. Более высокие его значения соответствуют зонам комплексного техногенного воздействия, а менее 0,5 – условно фоновым районам.

Исследования, проводимые в районе размещения комплекса предприятий ядерно-топливного цикла, расположенного в непосредственной близости от г. Томска, свидетельствуют о формировании природно-техногенной геохимической

субпровинции площадью в несколько тысяч км², признаки которой проявляются во всех объектах окружающей среды, в том числе и в живом веществе (Барановская, Рихванов, 2002, 2004; Baranovskaja, Rikhvanov, 2002; Rikhvanov et al., 2006; Baranovskaya, 2010). Сложная природно-техногенная ситуация этой территории способствует накоплению в составе живого вещества широкого спектра химических элементов, что, по данным ВОЗ (1989), негативно сказывается на состоянии здоровья человека. Уровни накопления изученных химических элементов в волосах детей позволили достаточно уверенно выделить основную зону техногенного воздействия Томск-Северской промышленной агломерации («Эколого-геохимические...», 2009), в пределах которой, в частности, обнаружены отклонения и цитогенетических показателей крови населения (Барановская, Ильинских, 2002). Подобные отклонения цитогенетических показателей и идентичность специфики накопления элементов тканью человека выявлено нами в зоне влияния предприятия ядерно-топливного цикла ПО «Маяк» в Челябинской области. Сравнение данных с результатами, полученными на территории функционирования подобного предприятия, позволило установить индикаторные элементы, специфичные для такого рода воздействия (табл. 6). К ним относятся бром, редкоземельные элементы (в первую очередь лютеций и церий), из радиоактивных – торий и уран. Кроме того, специфика воздействия ядерного техногенеза на организм человека зафиксирована нами по результатам изучения крови методом осколочной (f) радиографии. В отличие от крови населения, проживающего вне этих зон, где распределение треков деления от радионуклидов равномерное, в зоне влияния предприятий ЯТЦ наблюдаются микровключения (наноминералы) делящихся элементов (U²³⁵, Pu, Am и др.) в виде «звезд» и скоплений (так называемых «горячих частиц» (Рихванов, 1997)).

С использованием в качестве фона региональных уровней средней концентрации химических элементов и проведения сравнительного анализа закономерностей распределения элементов на условно-фоновых территориях и в зонах воздействия промышленных предприятий, установлены индикаторные элементы, характерные для воздействия помимо предприятий ядерно-топливного цикла, так же нефтегазодобычи и переработки, топливно-энергетического комплекса и металлоперерабатывающей промышленности (табл. 6).

В целом, можно констатировать тот факт, что специфика техногенеза находит отражение в виде избыточного, по сравнению с фоновым показателем, накоплением элементов в различных биологических средах с проявлением в виде идентичных компонентов. Для человека, как показали исследования, диапазоны концентраций элементов весьма велики. Однако в условиях техногенного давления накопление отдельных элементов весьма критично и хорошо отражает специфику этого влияния на различных территориях. Так, нами был установлен (Рихванов и др., 2011; Барановская и др., 2010; Игнатова и др., 2010) факт накопления аномально высоких количеств золота, олова, а также Sb, Bi, Ti, V в организме жителей г. Новосибирска. Это достаточно уверенно объясняется работой расположенных здесь аффинажного завода и Оловокомбината. Кроме того, для зольного остатка человека из этого города характерно специфичное соотношение тория и урана, характеризующееся низкими значениями, что обусловлено присутствием Новосибирского завода химических

концентратов (НЗХК), на котором производится ядерное топливо. Ранее, для этой территории подобную специфику отношения тория к урану в почвах отметил Л.П. Рихванов (1996).

Таблица 6.

Биогеохимическая специфика воздействия разнопрофильных предприятий на биологические ткани человека, проживающего на различных территориях

| <i>Техногенный источник</i> | <i>Территория</i> | <i>Объект исследования</i> | <i>Биогеохимическая специфика</i> |
|--|--|--------------------------------|--|
| Предприятия ядерно-топливного цикла | Томская область (СХК) | Волосы детей | Th21– Lu15– Fe9– Sc9– Hf8– Co6– Cr5,8– U5,6– Br4,9– Sm4,5– La3,6– Ce3– Ca2– Zn1,6– Au1,4– Rb1,2 |
| | Челябинская область (ПО «Маяк») | Волосы детей | Th1,9– Na1,7– Br1,5– Ce1,2– Lu1,1– La1,1– Co1– Sm1– U1– Zn1 |
| | Челябинская область (ПО «Маяк») | Кровь человека | Sb3 Rb1,2 Hf1,1 U1 Lu1 Yb1 Sr1 Zn1 Co1 Fe1 |
| | Томская область (СХК) | Кровь человека | Ce21 – Br9,5 – La7 – Hf3,6 – Th3,5 – Yb3,3 – U2,5 – Na2,4 – Sc2,3 – Cr2,1 – Sb2 – Zn1,8 – Rb1,4 – Co1,1 – Se0,9 – Fe0,9 |
| Предприятия нефтегазодобычи и нефтепереработки | Томская область | Волосы детей | Th5– Hf2,6– Au2,3– Sm2,2– Sc2,1– Ca1,7– Cr1,6– Co1,6– Ce1,5– Sb1,4– Br1,3– Ag1,3– Fe1,2– Na1,2– Rb1,1– La1,1– Zn1– Yb1– Lu1– U1 |
| | | Кровь детей | Zn92– Sm7– Cr6– Na3,8– Yb3,3– Br2,6– Ca2– Sb2– Sc1,8– U1– Au1 |
| Предприятия топливно-энергетического комплекса и металлопереработки г. Томска | Томская область | Кровь детей | Zn 61 – Cr16 – Sc7 – Br5 – Na4 – Co2 – Au1,6 – Rb1,2 – Ag1,1 – Yb1 |
| | | Волосы детей | Sm13– La8– Fe5,3– Sc5– Hf4,9– Lu3,7– U3,7– Cr3,3– Br3,2– Co3– Au2,2– Th1,8– Yb1,7– Sb1,7– Ag1,7– Ca1,7– Zn1,3– Ce1,1– Na0,8 |
| | | Молоко кормящих матерей | Co29– Cr21– Sc15– La6– Br5– Sm4– Ce3– Sb2,8– Au2,6– Rb2,2– U2,2– Hf2,1– Lu2– Ag1,8– Zn1,4– Yb1,3– Th0,7 |
| | | Моча новорожденных | Hf5,6– Ce4,2– Sm4– Au3,9– Cr3,6– Lu2,6– Sc2,2– U1,7– Br1,4– Ag1,4– Th1,4– Rb1,1– Yb1– Sb0,7 |

Примечание: красным отмечены элементы, встречающиеся в двух и более тканях в количестве, превышающем фоновые значения для каждого типа техногенного воздействия.

В г. Новокузнецке в зольном остатке организма человека по сравнению с Новосибирском концентрируются Na, K, Al, Mg, P, Ca, Cu, Ga, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba. Данный спектр схож с геохимическим спектром выбросов с производств Новокузнецкого алюминиевого завода, двух металлургических комбинатов, а также других предприятий данной территории и соответствует специфике угольных месторождений, разрабатываемых непосредственно у городской черты г. Новокузнецка (Арбузов и др., 2003).

В целом, техногенный фактор сказывается для организма современного городского жителя интенсивным накоплением таких элементов, как свинец, золото, кадмий, концентрации которых значительно выше не только относительно условных фонов, но и кларков других сред и средних показателей по выборке (рис. 8).

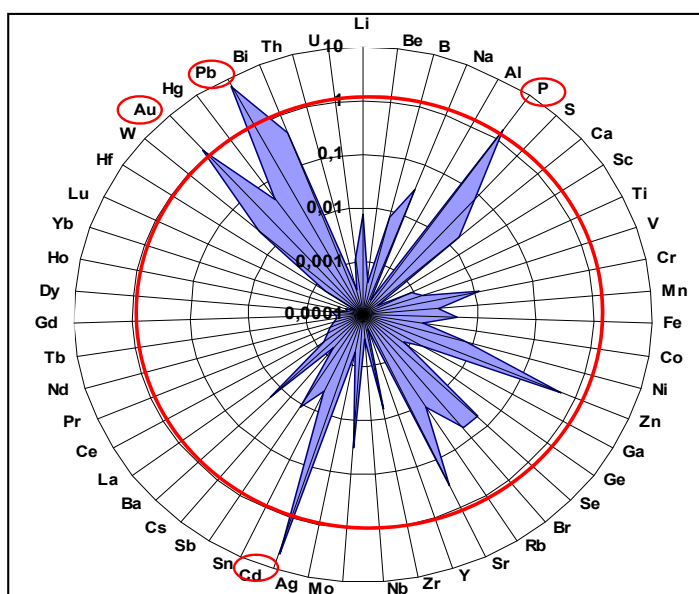


Рис. 8. Коэффициент накопления элементов в органах и тканях человека (сырая масса), относительно геохимического кларка ноосферы (биосферы) (по Глазовскому, 1982)

Тенденция их накопления в аномально высоких концентрациях свидетельствует о своеобразной «болезни цивилизации», заключающейся в концентрировании особо токсичных компонентов, отнесенных, согласно ГОСТ 17.4.1.02-83, к химическим веществам I класса опасности. Накопление этих элементов может свидетельствовать не только о проблемах человека, как живого организма, но и о тенденциях глобального изменения биосферы в целом, характерных особенностях геохимии техногенеза XXI века, ее металлизации (Рихванов, 2010).

Таким образом, при анализе химического элементного состава живого вещества было установлено, что наблюдаются тенденции изменения содержания тех из них, которые характерны для выбросов расположенных в непосредственной близости производственных объектов. В качестве индикаторного показателя экологического состояния таких территорий целесообразно использовать показатели соотношений элементов и проводить анализ биогеохимических рядов накопления элементов.

Третье защищаемое положение: Внутрорегиональные особенности миграции элементов, специфических для конкретных природных и природно-антропогенных экосистем, поступающих с продуктами питания, водой и воздухом в организм человека, формируют его биогеохимический портрет не только при условии нормального функционирования, но и патологии. Особенности элементного состава патологически измененных органов и тканей человека необходимо учитывать при нормировании территории и проведении медицинских профилактических мероприятий.

Постоянно изменяющийся процесс миграции химических элементов приводит к тому, что на локальных территориях формируются биогеохимические провинции природного и техногенного характера, определяющие специфику элементного состава живого вещества. Ведущим фактором, определяющим функционирование живого организма, является поступление веществ с пищей и водой. Проследить точное потребление организмом взрослого человека конкретных элементов – весьма сложная задача. Это зависит от множества факторов: региона проживания, уровня жизни, качества самих продуктов. Нами, совместно с сотрудниками Сибирского государственного медицинского университета (Е.И. Кондратьева, С.С. Станкевич, Н.А. Барабаш), для выяснения баланса поступления элементов и их выведения были проведены исследования элементного состава грудного молока женщин и мочи их новорожденных детей (Кондратьева и др., 2008). Эта система, как никакая другая, хорошо демонстрирует влияние внешних факторов, поскольку новорожденные дети не получают элементы из других источников, кроме молока матери. Результаты исследования показали, что в условиях современного города ребенок в значительной степени концентрирует в организме такие элементы, как кобальт, хром, скандий, европий и в незначительной степени накапливает серебро и церий, в то время как для детей из условно фонового района характерны цинк, хром, мышьяк, кобальт и серебро (табл. 7).

Таблица 7.

Биогеохимический ряд коэффициентов в системе «молоко матери – моча ребенка»

| Населенный пункт | Биогеохимический ряд |
|-----------------------------|---|
| г. Томск, Советский район | Sc _{2,4} Cr _{2,1} Eu ₂ Co _{1,8} Ag _{1,1} Ce ₁ |
| п. Тимирязево, условный фон | Ag _{1,5} Cr _{1,3} Zn _{1,2} As _{1,1} |

Примечание: цветом выделены общие для двух выборок элементы.

Анализ коэффициентов обогащения, полученных для организма человека – жителя Томского района – относительно продуктов питания, произрастающих или произведенных на этой территории, показал, что имеет место дифференцированная поставка элементов и некоторые из продуктов являются их активными источниками (табл. 8). Так, из изученных ягодных культур, произрастающих в окрестностях Томского района, наибольшее количество элементов поставляет в организм человека клюква. Черника и брусника отличаются высокими содержаниями железа, которое активно переходит в организм человека из этих ягод. Сравнение коэффициентов обогащения относительно мясных продуктов – речной рыбы и мяса домашней свиньи

– позволяет утверждать, что в рыбе содержится больше тяжелых металлов (хром, железо, цинк, кобальт). Из мяса свиньи хорошо усваивается организмом кальций, а также барий и в меньшей степени – цинк, стронций, серебро, сурьма, торий и уран.

Таблица 8.

Коэффициенты обогащения организма человека химическими элементами, поступающими с различными продуктами питания
(за опорный элемент взят скандий)

| Элемент | Ягодные растения | | | Мясные и рыбные продукты | | Молочные продукты | |
|---------|------------------|----------|--------|--------------------------|---------|-------------------|--------------|
| | Черника | Брусника | Клюква | Рыба речная | Свинина | Молоко коровье | Молоко сухое |
| Na | 53 | 53 | 53 | 2 | 0,5 | 0,8 | 22 |
| Ca | 0,4 | 0,5 | 1,1 | 0,8 | 3,6 | 0,1 | 2,3 |
| Sc | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Cr | 9 | 9 | 71 | 2,7 | 0,6 | 6,8 | 0,7 |
| Fe | 12 | 12 | 3,5 | 33 | 0,3 | 4,7 | 12208 |
| Co | 1,3 | 9 | 1,2 | 1,7 | 0,3 | 2,5 | 6 |
| Zn | – | – | – | 8 | 1,3 | 2 | 22 |
| As | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | – |
| Br | 1,9 | 2,4 | 6,3 | 1,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| Rb | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,5 | 8,8 |
| Sr | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,4 | 1,4 | 0,5 | 23 |
| Ag | 1,2 | 1,2 | 2,3 | 0,1 | 1,7 | 0,4 | – |
| Sb | 0,3 | 0,04 | 0,2 | 0,5 | 1,1 | 0,2 | 9,5 |
| Cs | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | – |
| Ba | 0,4 | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 2,7 | 0,8 | 33 |
| La | 0,1 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,8 | 1 | 7,8 |
| Ce | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,9 | 0,2 | 10 |
| Sm | 0,6 | 0,6 | 0,4 | 0,01 | 0,2 | 1,6 | 3,2 |
| Eu | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 3 |
| Tb | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,1 | 0,3 | 1,6 | 7 |
| Yb | 0,4 | 0,4 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,3 | 17 |
| Lu | 0,7 | 0,7 | 1,3 | 1,2 | 0,6 | 0,7 | 8 |
| Hf | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 6,6 |
| Ta | 0,3 | 0,3 | 0,6 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 3,4 |
| Au | 0,9 | 0,1 | 0,3 | 0,1 | 0,02 | 0,4 | 1,4 |
| Th | 0,9 | 0,9 | 1,9 | 0,8 | 1,3 | 1,3 | 48 |
| U | 1 | 1 | 2 | 0,6 | 1,5 | 0,8 | 18 |
| Se | – | – | – | 0,03 | – | 0,1 | – |
| Hg | – | – | – | 0,1 | – | 0,02 | – |

Примечание: «–» – нет данных.

Поступление ряда элементов, по-видимому, обусловлено спецификой территории выращивания животных. Очень важную роль в качестве поставщика элементов в организм жителей Томского района играют молочные продукты. Особенно значительные коэффициенты обогащения характерны для сухого молока. Молоко коров, выращенных в хозяйствах на территориях, подвергающихся

интенсивному техногенному воздействию со стороны предприятий СПУ, характеризуется высокими коэффициентами обогащения организма человека тяжелыми металлами, торием, некоторыми редкоземельными элементами. Это может негативно сказываться на состоянии здоровья человека.

Этот факт подтверждает и анализ накопления элементов в патологически измененных тканях щитовидной железы (ЩЖ). Так, установлено (Baranovskaya et al., 2006; Барановская и др., 2006; Денисова и др., 2009), что накопление элементов в составе четырех изученных видов патологий (аутоиммунный тиреоидит, диффузный токсический зоб, аденомы, рак) отражает характер геохимической ситуации районов Томской области, где проживали оперированные люди (табл. 9).

Таблица 9.

Геохимическая специфика районов Томской области по максимальным (относительно регионального контроля) коэффициентам концентрации элементов в патологически измененной щитовидной железе

| Районы | Геохимическая специфика |
|-----------------|---|
| Томский | Br ₇₄ – Fe _{4,5} – U _{3,5} – Hf _{2,8} – Cr _{1,9} – Rb _{1,9} – Na _{1,8} – Hg _{1,3} – Sb _{1,3} |
| Асиновский | Sb ₂₀ – Fe _{3,4} – Na _{2,7} – Br _{1,9} – Rb _{1,7} – Hf _{1,7} – Hg _{1,5} – Cr _{1,3} – Co _{1,2} |
| Первомайский | Fe _{2,4} – Hf _{1,7} – Rb _{1,5} – Sb _{1,5} – Hg _{1,4} – Br _{1,3} – Cr _{1,3} – Na _{1,2} – Zn _{1,1} |
| Зырянский | Br ₁₀ – Fe ₈ – Hg ₃ – Zn _{1,6} – Sb _{1,3} – Co _{1,1} – La _{1,1} |
| Бакчарский | Cr _{4,8} – Fe _{3,8} – Na _{2,4} – Rb _{1,4} – Sc _{1,3} – Sb _{1,3} – Br _{1,3} – |
| Парабельский | Na _{2,9} – Rb _{1,8} – Au _{1,7} – Br _{1,5} – Hg _{1,5} – Fe _{1,2} |
| Кожевниковский | Sb ₂₄ – Fe _{3,3} – Hf _{2,2} – Na _{1,8} – Hg _{1,8} – Rb _{1,8} – Br _{1,7} – Au _{1,4} |
| Чаинский | Br ₃₃ – Na ₃ – Fe _{1,8} – Cr _{1,6} – Hf _{1,5} – Rb _{1,5} – Co _{1,1} |
| Молчановский | Fe ₅ – Hg ₃ – Sb _{2,2} – Na _{1,9} – Cr _{1,9} – Br _{1,7} – Rb _{1,5} – Co _{1,2} – Au _{1,1} |
| Колпашевский | Br ₂₈ – Fe _{6,2} – Na ₆ – Rb _{3,3} – Sb _{2,1} – Hf _{1,8} – Hg _{1,7} – Co _{1,2} – Zn _{1,1} |
| Александровский | Br ₁₁₆ – Cr _{4,1} – Na ₄ – Rb ₄ – Sb _{3,7} – Fe _{3,6} – Ce ₂ – Hf _{1,6} – Hg _{1,4} – Co _{1,3} – Zn _{1,1} |
| Шегарский | Br ₂₆₉ – Sb ₉ – Fe ₅ – Hg ₄ – Na _{3,4} – Cr _{3,4} – Th ₃ – Rb _{2,4} – Hf ₂ – Zn _{1,4} |
| Каргасокский | Sb ₈₅ – Fe ₅ – Cr _{4,2} – Rb _{1,8} – Au _{1,7} – Hf _{1,7} – Br _{1,5} – Sc _{1,3} – Hg _{1,3} |
| Кривошеинский | Th _{5,5} – Na ₅ – Rb _{4,7} – Br _{2,7} – Sb _{2,3} – Fe _{2,1} – Co ₂ – Hg ₂ – Au _{1,7} – La _{1,3} – Zn _{1,3} |
| Верхнекетский | Cr ₆ – Hg ₅ – Fe _{4,7} – Th _{3,2} – Sb _{2,7} – Br _{2,6} – Na _{2,3} – Rb _{1,4} – La _{1,4} – Zn _{1,3} – Au _{1,2} Co _{1,1} |

В пределах Томской области выделены три основные группы районов по результатам изучения распространенности заболеваний щитовидной железы:

1 – северные районы: Александровский, Верхнекетский, Каргасокский, Колпашевский, Парабельский, Чаинский, находящиеся севернее 58° широты, испытывающие на себе влияние жестких климатических условий, нефтедобычи, трансграничного переноса тяжелых металлов по долине р. Обь;

2 – Асиновский, Зырянский, Первомайский, Томский, прилегающие к промышленному узлу Томск-Северской агломерации, то есть испытывающие максимальное воздействие факторов химической природы и для которых характерен наибольший процент заболеваемости;

3 – Бакчарский, Кожевниковский, Кривошеинский, Тегульдетский, Молчановский, Шегарский, преимущественно сельскохозяйственные районы области, с минимальными показателями заболеваемости по изученным видам патологий ЩЖ. Так, только для Томского характерно значительное накопление

урана, Асиновского, Каргасокского и Кожевниковского – сурьмы, Бакчарского и Верхнекетского – хрома, Кривошеинского – тория. В ряде районов в патологически измененной ЩЖ отмечается содержание Au, в два раза превышающее его содержание в условно здоровой ЩЖ.

При этом, областям с высокой концентрацией золота в накипи питьевых вод и почве, обусловленным факторами природного характера, соответствуют низкие концентрации элемента в патологически измененной щитовидной железе. Содержание золота снижается в патологически измененной ткани ЩЖ, однако характерно его специфическое накопление в составе аденом.

Обращает на себя внимание значительное концентрирование в патологически измененной ЩЖ одного из галогенов – брома. Несмотря на то, что эссенциальность брома показана Л.С. Бабенко (1973), Г.М. Коломийцевой (1970) М. Anke (2001) и др., данные наших исследований о концентрации этого химического элемента в патобразованиях более чем в 20 раз, свидетельствуют о его негативной роли в формировании целого ряда патологии. Этот факт согласуется с данными И.Н. Верховской (1962), А.П. Авцына (2000) о возможном конкурентном антагонизме брома, в связи с чем в железе образуется йодная недостаточность с последующей ее гиперплазией и формированием патологии. Для Кривошеинского, Верхнекетского и Шегарского районов характерно значительное накопление тория ($K_k \geq 2$). Присутствие в ряде районов в избытке Hg, как и других значительно накапливающихся химических элементов, требует отдельного рассмотрения, в том числе специфики медикаментозного лечения больных. Очевидно, что место проживания оказывает определенное влияние на специфику заболеваний ЩЖ. Полученная информация позволит прогнозировать патологии ЩЖ населения и планировать мероприятия по их профилактике.

Из специфичных элементов (группой сравнения явились лица с нормальной структурой и функцией щитовидной железы, умершие от случайных причин, $p < 0,05$) для каждого вида патологий можно выделить: узловой коллоидный зоб – максимальная концентрация железа, более высокие показатели коэффициента концентрации для ртути, золота, цинка и лантана; аденомы – значительное концентрирование брома, железа, ртути и кобальта; аутоиммунный тиреоидит – максимально высокие рубидий и сурьма; рак – хром, ртуть и лантан (табл. 10). Во всех геохимических рядах патологически измененной ЩЖ присутствует Fe, Br, Na, которые в 1,5 и более раз превышают контрольный уровень (железа условно-здорового человека). В целом, из 24 изученных элементов в патологически измененной ЩЖ имеют более высокое содержание 14 (60 %). Следовательно, полученные данные не согласуются с утверждением некоторых специалистов, что для зобноизмененных ЩЖ характерна пониженная способность к концентрации химических элементов.

Таким образом, накопленный нами совместно с сотрудниками Сибирского государственного университета (О.А. Денисова, Черногорюк и др.) материал о взаимосвязи тиреоидной патологии и элементного состава природных сред, показал

необходимость подобного рода исследований для целей профилактики зубной эндемии. Такой подход сегодня реализуется во многих странах мира в новом развивающемся научном направлении «Медицинская геология» (O. Selinus , 2005, 2010).

Таблица 10.

Геохимическая специфика различных форм патологии щитовидной железы

| Вид патологии | Геохимический ряд | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Fe ₃ | Rb _{2,8} | Na _{2,3} | Br ₂ | Cr ₂ | Hf _{1,7} | Hg _{1,5} | Sb _{1,5} | Au ₁ | Zn ₁ |
| УКЗ | La _{0,9} | Co _{0,7} | Se _{0,6} | Ca _{0,5} | Sm _{0,2} | | | | | |
| | Br _{4,8} | Fe ₄ | Na _{2,5} | Hf _{1,8} | Rb _{1,7} | Cr _{1,4} | Hg _{1,3} | Co _{1,1} | Zn _{1,1} | Sb ₁ |
| Аденомы | Au ₁ | La _{0,8} | U _{0,6} | Se _{0,6} | Sc _{0,4} | Ca _{0,3} | Sm _{0,1} | | | |
| | Rb _{5,5} | Sb ₃ | Fe _{2,5} | Cr _{2,2} | Na _{2,1} | Br _{1,8} | Hf _{1,1} | Zn ₁ | Co _{0,9} | La _{0,9} |
| АИТ | Hg _{0,9} | U _{0,7} | Sc _{0,6} | Se _{0,6} | Ca _{0,4} | Sm _{0,1} | | | | |
| | Cr ₃ | Hg ₃ | Fe _{2,9} | Br _{2,3} | Na ₂ | Sb _{1,4} | Rb _{1,4} | La _{1,2} | Hf _{1,2} | Zn ₁ |
| Раки | Co _{0,7} | Sc _{0,6} | Ca _{0,5} | Se _{0,5} | Sm _{0,2} | | | | | |

Примечание: цифровые индексы около символов элементов представляют собой коэффициенты концентрации.

Анализ распределения элементов в составе тканей сердечно-сосудистой системы также показал зависимость формирования элементов в составе патологически измененных тканей от места проживания людей (Ламонова, Барановская, 2009). Так, сравнение тканей жителей городов Томска и Северска выявило более высокие концентрации скандия, хрома, селена, брома, серебра, лантана, гафния и тантала в составе КВС томичей.

По-видимому, при рассмотрении тканей с одинаковой патологической структурой на разных территориях мы будем в первую очередь наблюдать в них отражение эколого-геохимической структуры территории, а заболевание будет характеризоваться общими химическими элементами. К таким в данном случае относятся натрий, кальций, железо.

Если рассматривать характер соотношений элементов в патологически измененных системах, то показательными для данной патологии являются отношение натрия к бромю (рис. 9). В этих видах соотношений более высокое содержание натрия соответствует слабой степени кальцинации тканей. Такой же эффект характерен для брома. Снижение этих элементов характерно для более тяжелого поражения тканей. В полученных нами результатах, происходит уменьшение содержания цинка по мере развития кальцинации тканей.

Связь между состоянием популяционного здоровья населения и биогеохимической структурой территории позволяет говорить о возможности и необходимости разработки параметров экологического нормирования на основе

изучения этой структуры как в природных ландшафтах, так и на антропогенно-измененных территориях.

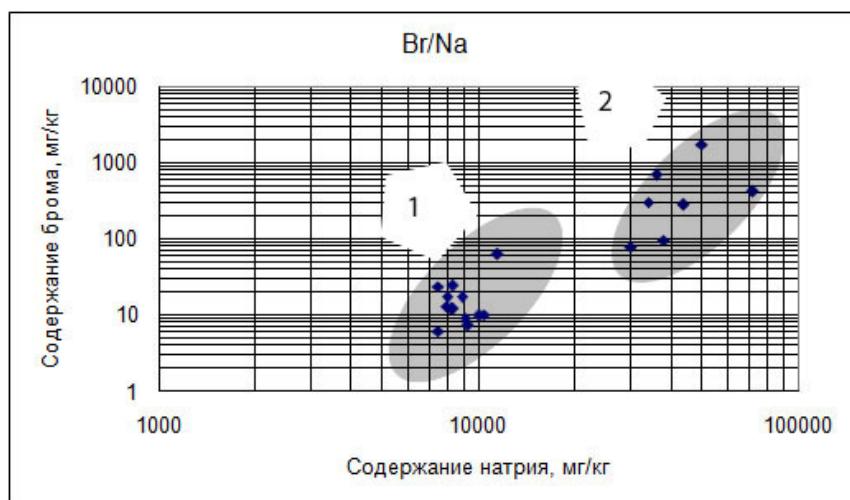


Рис. 9. Соотношение элементов натрия и брома (мг/кг золы) в составе тканей кардиоваскулярной системы человека с сильной степенью кальцинации (1) и слабой степенью кальцинации (2)

Четвертое защищаемое положение: В организме животных и человека по уровню накопления и показателям концентрирования идентифицируются биогеохимические барьеры, формирующиеся под влиянием факторов внутренней среды и химических свойств элементов и отражающие их избыточное поступление из внешних сред. Определение их наличия и специфики возможно при сравнении коэффициентов перехода элементов внутри организма, а также в сравнении с их содержанием во внешней среде и анализе распределения на территории.

Анализ особенностей распределения элементов в живых организмах позволил выявить наличие биогеохимических барьеров, определяемых сменой обстановок внутренней среды, свойствами химических элементов и спецификой геохимической обстановки территории.

Изучение коэффициентов перехода элементов из органов пищеварительной системы домашних свиней в кровь позволило установить факт существования барьерной функции стенок желудочно-кишечного тракта у млекопитающих по отношению к физиологически необходимым элементам и отсутствие таковой для токсических металлов, что ранее отмечалось В.С Безелем для других животных (Безель, 1994). Так, из тонкого кишечника в кровь активно всасывается сурьма с коэффициентом 57, в то же время такие элементы, как цинк, натрий, бром, кальций имеют низкие показатели (табл. 11). Это означает, что токсические элементы, как например сурьма, могут безбарьерно проникать в кровь из кишечника, печени и других органов пищеварительной системы и разносится ею по организму. При этом, химические элементы могут оседать на барьерных органах других систем организма, приводя к их дисфункции. Рассмотрение биогеохимических рядов позволило установить некоторые закономерности. В частности, в кровь из органов

пищеварительной системы свиньи в большей степени поступают такие элементы, как сурьма, хром и барий. Исключением является толстый кишечник, в котором два последних элемента концентрируются. Необходимо отметить, что коэффициенты концентрации для сурьмы варьируют от 19 (печень) до 124 (поджелудочная железа и желчный пузырь). Элементы, коэффициент которых более двух (помимо трех вышеперечисленных элементов), различны в каждой системе: в системе «кровь – пищевод» – это лантан; «кровь – тонкий кишечник» – церий и железо; «кровь – печень» – церий и гафний; «кровь – прямая кишка» – железо и кобальт. Наибольшее количество таких элементов характерно для систем с поджелудочной железой (7) и желчным пузырем (5) (табл. 11).

Таблица 11.

Коэффициенты перехода элементов
из органов пищеварительной системы в кровь

| Кровь/Орган | Биогеохимический ряд |
|----------------------|---|
| Пищевод | Sb₃₀ Ba_{3,5} Cr_{2,4} La₂ Co _{1,8} Fe _{1,5} U _{1,3} Eu _{1,2} Hf _{1,1} Ta ₁ As ₁ Sr ₁ Ag ₁ Sm ₁ Yb ₁ Lu ₁ Tb _{0,9} Sc _{0,7} Ce _{0,6} <i>Au_{0,4} Na_{0,3} Br_{0,3} Th_{0,3} Ca_{0,1} Cs_{0,1} Rb_{0,01} Zn_{0,01}</i> |
| Желудок | Sb₁₀₆ Cr₆ Ba_{3,7} Co _{1,7} U _{1,3} Hf ₁ Ta ₁ As ₁ Sr ₁ Ag ₁ Sm ₁ Yb ₁ Lu ₁ Au ₁ Eu _{0,9} Tb ₀ Fe _{0,6} Ce_{0,5} La_{0,4} <i>Sc_{0,4} Na_{0,3} Br_{0,2} Th_{0,2} Ca_{0,1} Cs_{0,1} Zn_{0,02} Rb_{0,01}</i> |
| 12-перстная кишка | Sb₄₃ Ba_{3,5} Cr_{2,7} Co _{1,9} Eu _{1,7} Ag _{1,7} U _{1,3} Sr ₁ Sm ₁ Yb ₁ Lu ₁ As ₁ Tb _{0,9} Ce _{0,8} La _{0,8} Fe _{0,8} Sc _{0,7} Hf _{0,6} Ta _{0,6} <i>Au_{0,4} Na_{0,2} Br_{0,2} Th_{0,2} Ca_{0,1} Cs_{0,1} Zn_{0,01} Rb_{0,01}</i> |
| Тонкий кишечник | Sb₅₇ Ce_{3,6} Ba_{3,5} Cr_{3,2} Fe_{2,7} Co _{1,6} U _{1,3} Au _{1,3} Eu _{1,1} Sr ₁ Ag ₁ Yb ₁ Lu ₁ As ₁ Hf _{0,8} Ta _{0,6} Tb _{0,9} Sm _{0,7} <i>La_{0,5} Sc_{0,5} Na_{0,3} Br_{0,3} Th_{0,1} Ca_{0,1} Cs_{0,1} Zn_{0,02} Rb_{0,01}</i> |
| Поджелудочная железа | Sb₁₂₄ Cr₂₈ Fe₁₂ Co₇ Hf₆ Ce₄ Ba_{3,5} Au₃ Eu_{2,6} Lu₂ Sc _{1,9} U _{1,3} Ta ₁ La ₁ As ₁ Sr ₁ Ag ₁ Sm ₁ Yb ₁ Tb _{0,7} <i>Th_{0,3} Na_{0,2} Br_{0,2} Ca_{0,2} Cs_{0,2} Rb_{0,01} Zn_{0,01}</i> |
| Печень | Sb₁₉ Hf₄ Ce_{3,6} Ba_{3,5} Cr_{2,6} Sc _{1,8} Co _{1,8} La _{1,3} U _{1,3} As _{1,1} Au _{1,1} Fe ₁ Sr ₁ Ag ₁ Ta ₁ Sm ₁ Yb ₁ Lu ₁ Tb _{0,9} Eu _{0,8} Br _{0,7} <i>Cs_{0,4} Na_{0,4} Th_{0,3} Ca_{0,2} Rb_{0,02} Zn_{0,01}</i> |
| Желчный пузырь | Sb₁₂₄ Cr₂₈ La₁₀ Hf_{6,3} Ce_{3,6} Co_{3,2} Ba_{2,8} Fe₂ Eu _{1,9} U _{1,3} Ta ₁ As ₁ Sr ₁ Sm ₁ Yb ₁ Lu ₁ Tb _{0,9} Sc _{0,7} <i>Br_{0,4} Na_{0,2} Ca_{0,2} Cs_{0,1} Th_{0,1} Ag_{0,02} Rb_{0,01} Zn_{0,01} Au_{0,01}</i> |
| Толстый кишечник | Sb_{3,4} Au _{1,7} Ta ₁ Ag ₁ As _{0,8} <i>Cr_{0,5} Ba_{0,4} Co_{0,4} Eu_{0,4} Br_{0,3} Na_{0,2} U_{0,2} Sm_{0,2} Tb_{0,2} Cs_{0,1} Sc_{0,1} Fe_{0,1} Ce_{0,1} Sr_{0,1} La_{0,05} Th_{0,02} Ca_{0,01} Rb_{0,01} Zn_{0,005}</i> |
| Прямая кишка | Sb₃₆ Ba_{3,5} Cr₃ Fe_{2,5} Co_{2,4} Eu _{1,5} La _{1,3} U _{1,3} Hf _{1,2} Ce _{1,2} Ta ₁ As ₁ Sr ₁ Sm ₁ Yb ₁ Lu _{0,9} Tb _{0,9} Sc _{0,8} <i>Na_{0,3} Br_{0,3} Th_{0,3} Ag_{0,1} Au_{0,1} Cs_{0,1} Ca_{0,05} Rb_{0,01} Zn_{0,01}</i> |

Примечание: красным цветом выделены элементы с коэффициентом 5 и более, синим – 2 и более, сиреневым курсивом – 0,5 и менее

Имеет значение также то, какие элементы не переходят в кровь, а концентрируются в органе. Коэффициент в этом случае будет аномально низким, что особенно ярко видно на примере его показателя для толстого кишечника. В этом отделе пищеварительной системы концентрируются элементы в столь высоких содержаниях, что они становятся сравнимы с признанным депо элементов – костями.

Так, сравнение фактических содержаний элементов в трубчатых костях животных из разных населенных пунктов с таковыми в толстом кишечнике показывают, что последний характеризуется более высокими концентрациями вне зависимости от места обитания живого организма. Распределение элементов в органах пищеварительной системы млекопитающих позволяет предполагать наличие мощного биогеохимического барьера на уровне толстого кишечника, возникающего, по всей видимости, вследствие интенсивных процессов перераспределения элементов в ходе всасывания электролитов и образования солей. Подтверждением этому является выявленная картина распределения редкоземельных элементов. Так, именно здесь максимально концентрируется церий – единственный элемент из группы редкоземельных, который имеет степень окисления 4+ в окислительных условиях, при этом он практически необратимо удаляется из растворов, накапливаясь на субстрате, образуя цериевую аномалию. Распределение аномалий в целом по органам пищеварительной системы свиньи хорошо отражает смену условий внутренней среды организма в связи с началом переваривания пищи во рту, где pH слюны (по Ершову и др., 2003) составляет 6,35–6,85, далее – начало подкисления (пищевод) и кислая среда желудка, с pH сниженной до 0,9–1,1 в желудочном соке, двенадцатиперстной кишке и резкая смена обстановки в тонком кишечнике (переход к щелочным условиям, pH = 7–8).

Анализ органов дыхания и кровообращения показал, что между ними также существует биогеохимический барьер, выражающийся в большей «металлизации» крови. Исходя из анализа коэффициентов перехода химических элементов из легких свиней разных населенных пунктов в кровь, можно сделать вывод, что на органы дыхания животных из хозяйства Кижирова, расположенного в зоне влияния СХК, оказывает существенное влияние эколого-геохимическая специфика этой территории (табл. 12). Так, высокий коэффициент, полученный для урана (13) в изучаемой системе организма животного этого населенного пункта, по сравнению с таковым для организма свиньи из условно фоновой зоны (1), может косвенно указывать на форму поступления данного элемента. Кроме урана в легких свиньи в первом случае значительно концентрируется относительно крови рубидий, бром, золото, натрий, кальций, цинк и цезий – элементы, накапливающиеся и в пищеварительном тракте, что свидетельствует о комплексном характере их поступления в организм. Высокое содержание брома может быть связано со спецификой Томского района, где нами ранее отмечена бромная биогеохимическая провинция (Барановская, 2003; Baranovskaya, 2004), а так же она характерна в целом для региона (Барановская, 2002; Канарбаева, 2009).

Полученные данные можно проецировать и на организм человека, поскольку результаты сравнительного анализа органов и тканей свиньи и человека показали их сходство. Однако по некоторым элементам имеются различия: несколько выше содержание в органах и тканях свиньи церия, золота, гафния; и незначительно – кальция и брома. А в организме человека больше бария, цинка и незначительно – железа. Эти особенности могут быть связаны как с физиологическими и биохимическими процессами организмов, так и с фактором мест отбора проб.

Таблица 12.

Коэффициенты перехода элементов из легких в кровь домашних свиней разных населенных пунктов Томской области

| Территория исследований | Биогеохимический ряд по коэффициентам перехода элементов из легких в кровь |
|--|---|
| Зона влияния СПУ г. Томска (п. Кижирово) | Rb₂₀₈ Zn₈₇ Cs₂₅ Br₁₆ Na₁₄ U₁₃ Au_{12,8} Ca₅ Th₁ = Ta = Yb = Lu = Tb = Sm = Ba = La = Ag = Sr = As₁ Eu_{0,9} Nd_{0,4} Ce_{0,3} = Fe Sc_{0,2} Sb_{0,1} = Co Cr_{0,03} |
| Условно фоновая территория (п. Верхнесеченово) | Zn₁₈ Th₄ Na₃ Br_{2,8} Eu_{1,2} Tb_{1,1} Ta₁ = Lu = Yb = Sm = Nd = Ce = La = Sr = Rb = As = Co = Ca = U₁ Sc_{0,8} Cr_{0,5} = Fe = Hf = Au_{0,5} Ba_{0,3} Cs_{0,2} Sb_{0,01} |

Примечание: красным цветом выделены элементы с коэффициентом 10 и более, синим – 2 и более, сиреневым курсивом – 0,5 и менее

Анализ особенностей распределения элементов в органах и тканях человека позволил выявить наличие биогеохимических барьеров, о которых уже шла речь при рассмотрении закономерностей распределения элементов организма млекопитающих.

Примером может служить формирование сочетанного кислого и восстановительного барьеров на границе «венозная кровь – артериальная кровь». Так, поступающий из ткани углекислый газ способствует снижению рН и формированию кислого барьера. При этом не будет происходить резкой смены, поскольку этому препятствует щелочной буфер, однако, учитывая скорости протекания реакций внутри организма, мы наблюдаем различие в концентрировании некоторых элементов стенками венозных и артериальных сосудов в организме жителей Томского района. Этими элементами являются Ca, Ag, Br (преобладающие концентрации в аорте), Sc, Cr, Fe, Th, Hf, Hg, некоторые редкоземельные элементы (преобладающая концентрация в вене). Сложно с точки зрения геохимического барьера объяснить изменение концентрации брома, который является высокоподвижным элементом в любых условиях (Перельман, 1989). По-видимому его более высокие содержания в стенках аорты объясняются сменой не только кислотности и количества кислорода, но и солёности крови, что требует дополнительного изучения. Остальные элементы образуют парагенную ассоциацию (Алексеенко, 2006), характерную, по данным А.И. Перельмана (1989), для нейтральных и слабокислых кислородных вод. Следует отметить, что рН крови изменяется в узком диапазоне и, как правило, соответствует интервалу значений 7,3–7,4.

Ярчайшим кислым барьером может служить переход из пищевода в желудок человека. Величина pH среды желудочного сока равна 3,5. При переходе веществ в двенадцатиперстную кишку эта величина изменяется, образуется щелочной барьер (табл. 13), что также хорошо видно на примере организма животных.

Коэффициенты перехода элементов свидетельствуют, что из пищевода в желудок, из 29 изученных элементов, золото и ртуть переходят в значительном количестве, основная же масса элементов оседает в пищеводе. Причем самыми значительными коэффициентами концентрации в биогеохимической системе «пищевод – желудок» характеризуются скандий, железо и лантан (практически в 10 раз их содержание в пищеводе превышает значения в желудке).

Таблица 13.

Биогеохимическая специфика накопления элементов при переходе из одного органа в другой

| Органы | Биогеохимическая ассоциация |
|----------------------------------|---|
| Пищевод / желудок | Sc₁₁ Fe₁₀ La_{9,6} Ca₆ Zn₅ Na_{4,6} Cr_{4,5} Cs_{3,8} Ag_{3,5} Rb_{3,4} Ce_{2,5} Co_{2,4} Br_{2,4} Hf_{1,8} Sb ₁ = Lu = Yb = Sm = Th = U = Se = Ba = Sr = Tb = Ta = Eu |
| Желудок / 12 – перстная кишка | Cr₁₃ = Ag₃ = Au_{2,7} Co_{1,7} Zn_{1,3} Br_{1,1} Sb₁ = Ce = Sm = Yb = Lu = U = Hf = Se = Ba = Sr = Cs = Tb = Ta = Eu = Hg |

Примечание: цветом выделены элементы с коэффициентами более 1.

Иначе смотрится система «желудок – двенадцатиперстная кишка». В большей степени в двенадцатиперстной кишке концентрируются торий, скандий, лантан, железо, кальций, натрий и рубидий. В то же время такой элемент, как хром в значительных количествах оседает на границе сред, так же как золото, серебро, кобальт, в незначительной степени – цинк.

На наш взгляд, смена кислотности на этих барьерах приводит к изменению концентрации редкоземельных элементов со сменной валентностью, к которым относятся такие элементы как церий и европий. Резкая смена поведения этих элементов наблюдается на уровне пищевода (переход в кислую среду желудка) и двенадцатиперстной кишки (переход от кислой к щелочной среде).

Изменение условий внутри живого организма приводит и к перемене показателей соотношений элементов. Так, изучение содержания урана и тория в живом веществе в целом (Барановская, 2009) и в организме человека – жителя Томской области в частности (Игнатова и др., 2009) – показало, что органы и ткани по соотношению этих элементов образуют три группы: с урановой спецификой, ториевой и смешанной. К органам с урановой специализацией относятся те, которые участвуют в процессе непосредственного поступления элементов из внешней среды с продуктами питания и воздухом, а также органы и ткани, где происходят процессы интенсивного обмена веществ и их выделения. Смешанная торий-урановая природа характерна в основном для органов эндокринной системы и желудка (агрессивная кислая среда, характерная для желудка и большое количество биологически активных веществ сложной структуры и функций). Ториевая природа в большей степени характерна для барьерных систем и органов и тканей с наличием липидного обмена.

Рассмотрение особенностей элементного состава золы органов и тканей человека (рис.10) позволило установить, что наблюдается закономерное уменьшение концентрации большинства элементов по системам органов от мочеполовой к эндокринной, дыхательной, крово- и лимфообращения, покровной, пищеварительной и до центральной нервной системы, что можно объяснить эволюционными процессами усложнения структур и формирования своеобразных «защитных» механизмов, препятствующих проникновению веществ и избирательно пропускающих их.

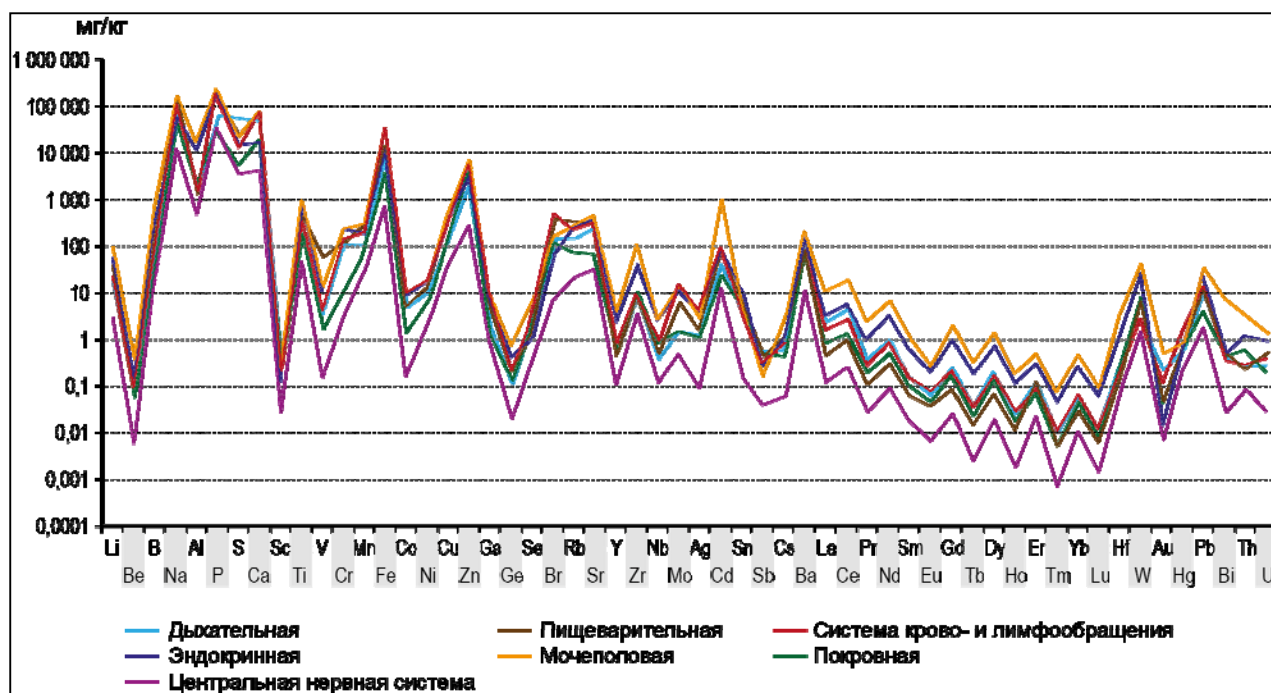


Рис. 10. Распределение элементов по системам органов и тканей человека (зола, мг/кг)

Наши исследования (Барановская и др., 2009; Денисова и др., 2010) показали, что имеющие место биогеохимические барьеры играют важную роль в патологически измененных тканях щитовидной железы. Так, в стенке капсулы аденомы накапливается широкий спектр элементов, имеющих более низкое содержание по сравнению с параузловой тканью, что свидетельствует о защитной роли соединительной ткани. Данная соединительно-тканная капсула отсутствует в злокачественных узлах; по нашим данным, в раковых узлах достоверно большее содержание Hg и La, чем в доброкачественных аденомах. По данным (Zaichick, 1995), злокачественные узлы отличаются большим содержанием Ag, Rb, Co, Hg по сравнению с доброкачественными. Отсутствие данной соединительно-тканной капсулы в злокачественных узлах может являться одним из факторов накопления тяжелых элементов в таких узлах и явиться фактором дополнительного канцерогенного действия.

Выявление существования внутренних биогеохимических барьеров ставит задачу пересмотра подходов к изучению закономерностей миграции химических элементов в живом организме. Возможным, на наш взгляд, является использование

знаний и методов, методологии изучения биогеохимических барьеров, реализуемых применительно к внешним структурам (Перельман, 1989; Алексеенко, 2003; и др.).

ВЫВОДЫ

1. Распределение элементов в отдельных живых организмах (включая организм человека), так же как и в их совокупности, подчиняется общим геохимическим законам Менделеева–Кларка и Оддо–Гаркинса. Региональные особенности накопления химических элементов в живых организмах животного и растительного происхождения, органов и тканей человека на территориях ряда регионов России (Томской и Челябинской, Новосибирской, Ростовской, Кемеровской, Иркутской областей, Республик Хакассия, Алтай, Тыва, Алтайского, Забайкальского (г. Краснокаменска), Краснодарского краев (г. Анапа)) и Казахстана (городов Павлодар и Риддер) заключаются в концентрировании определенного спектра химических элементов в количестве, аномально высоком или аномально низком, по сравнению с другими регионами, выбранными условно фоновыми показателями.

2. Проведенные исследования показали, что имеет место как прямая, так и обратная зависимость между содержанием химических элементов в почве, воде, напиви питьевых вод и составом живого вещества. Это выражается как в статистических параметрах, так и в пространственном распределении элементов на изучаемых территориях. Пространственное распределение химических элементов, входящих в состав тканей человека на территории Томской области, отражает геохимическую специфику оруденения различных генетических типов (уран, сурьма, золото).

3. На территориях, подверженных влиянию факторов техногенного воздействия различного типа, происходит перераспределение химических элементов в составе живого вещества с преимущественным накоплением специфического для каждого типа производств спектром элементов и нарушением показателей их соотношений. Биогеохимическими индикаторами техногенного влияния предприятий ядерно-топливного цикла являются концентрирование в живом веществе U, Th, TR, Br, (Pu); нефтехимического производства – Sb, Br; предприятий энергетического комплекса и металлообрабатывающей промышленности – Fe, Cr, Sc, Co, U, Th, TR; агропромышленного комплекса – Hg.

4. Биоиндикационными показателями влияния ядерного техногенеза являются появление микроядерных эритроцитов в составе крови человека, а также появление микровключений (наноминералов) делящихся элементов (U^{235} , Pu, Am и др.) в виде «звезд» и скоплений (так называемых «горячих частиц»). Выявленная взаимосвязь между уровнем накопления некоторых химических элементов и количеством микроядерных эритроцитов позволяет предполагать наличие негативных последствий техногенного воздействия для здоровья населения.

5. В организме животных и человека существуют внутренние биогеохимические барьеры, наличие которых выявляется при рассмотрении коэффициентов перехода элементов из одной системы в другую. В зонах с геохимическими аномалиями естественного и техногенного происхождения наблюдается изменение поведения редких, редкоземельных и радиоактивных

элементов в барьерных органах. Биогеохимические барьеры играют защитную роль в патологических процессах, отражают смену условий внутренней среды, возможную форму поступления химических элементов. Характер накопления химических элементов в органах и тканях человека и животных на территории Томской области позволяют уверенно предполагать наличие интенсивного аэрогенного пути поступления редкоземельных и радиоактивных элементов (урана, церия и других).

6. Сравнительная сходимость данных по среднему элементному составу организма человека, полученному почти столетие назад В.И. Вернадским, и результатов наших исследований для 63 химических элементов говорит о том, что существует стабильность в этих показателях. Однако средние показатели складываются из значительных диапазонов варьирования концентраций химических элементов, особенно редких, редкоземельных и радиоактивных. Зольный остаток организма человека – жителя г. Новосибирска – характеризуется избыточно высокой концентрацией Au (7,4 г/т), Sn (21,3 г/т), Sb, Bi, Ti, V, Co, тогда как для человека из г. Новокузнецка таковыми являются: Na (13975 мг/кг), K (9016 мг/кг), Al (2351 мг/кг), P (163255 мг/кг), Mg, Ca, Cu, As, Br, Rb, Sr, Se, Zr, Ga, Y, Nb, Ba, а в зольном материале ростовчан наблюдаются максимальные накопления Pb (54,0 мг/кг), Zn (255,1 мг/кг), La, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U (1,9 мг/кг). Геохимическое различие зольного остатка организма человека трех городов с разной степенью техногенной нагрузки (Ростов-на-Дону, Новосибирск, Новокузнецк) может быть объяснено как разнообразными природно-климатическими, геологическими и ландшафтно-геохимическими факторами, так и факторами современного техногенеза (наличие специфических производств). В целом, намечается тенденция к концентрированию в организме человека относительно кларка биосферы таких элементов, как цинк, кадмий и свинец.

7. Эколого-геохимическая ситуация, сложившаяся на территории Томской области вследствие комплексного природно-техногенного воздействия, оказывает непосредственное влияние на формирование органов и тканей человека и способствует возникновению экологозависимых патологий. Патологически измененные ткани щитовидной железы (ЩЖ) и структур сердечно-сосудистой системы (КВС) человека характеризуются перераспределением элементов, в зависимости от места проживания человека. Наиболее интенсивно химические элементы накапливаются в щитовидной железе в районах области, прилегающих к Северному промышленному узлу Томско-Северской агломерации. Патологически измененная щитовидная железа отличается от контроля и данных литературы повышенным накоплением химических элементов в целом, геохимическим разнообразием элементов, содержит повышенные количества натрия, железа, брома, рубидия, ртути; пониженные – кальция и селена. Для каждого вида патологии характерна своя специфика элементного состава, уровней концентрирования, в том числе максимальных содержаний и изменение суммарного показателя их накопления.

Значимым показателем нарушения в структурах КВС могут быть соотношения в ее тканях натрия, кальция и брома, а вариации в накоплении тантала требуют особого внимания к рассмотрению роли данного элемента в развитии заболеваемости кардиосистем и дальнейших исследований в этом направлении.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установленные региональные уровни накопления химических элементов в живом веществе разных уровней организации, могут быть рекомендованы в качестве оценочных региональных показателей для выявления функционирования организма в условиях гомеостаза и гипер- или гипомикроэлементозов.

2. Факторами риска для формирования дисбаланса химических элементов в составе организма человека: курение, длительное проживание в районе интенсивного техногенного воздействия, частые перемещения на территории с другими геохимическими обстановками.

3. Установлено, что для г. Томска характерным является недостаток кальция в живом веществе. Уменьшение количества этого элемента наблюдается на территории отдельных районов области, а также в зонах интенсивного техногенного влияния. Требуется восстановление баланса элемента за счет кальцийсодержащих продуктов и препаратов кальция.

4. Наиболее значительными концентрациями элементов характеризуется ягодная культура клюква, которая может рекомендоваться как источник микроэлементов. Установлено, что максимальной эффективностью усвоения химических элементов характеризуется сухое молоко, однако необходима корректировка его потребления в связи с высоким содержанием в нем брома.

5. Специфика элементного состава мяса свиней, выращенных на территории Северного промышленного узла г. Томска, заключается в концентрировании значительного количества техногенно-обусловленных химических компонентов, что требует специального изучения и, возможно, налаживания контроля за этим фактором поступления элементов в организм человека.

6. При сборе лекарственного сырья следует рекомендовать изучение содержания химических элементов в надземной части и активном фармакологическом экстракте, поскольку ряд элементов, переходящих в него, могут обуславливать эффект лечебного воздействия.

7. В Томско-Северской промышленной агломерации формируется устойчивая бромная субпровинция, для которой характерны высокие уровни накопления брома в различных природных средах, в том числе волосах и крови жителей (более 10 мг/кг) и Br/Na отношения (волосы – более 0,02, кровь – более 0,002). Это необходимо учитывать при профилактике зубных заболеваний в йоддефицитной зоне, каковой является данная территория, т.к. Br является возможным конкурентом йода и может провоцировать риск заболевания щитовидной железы. Этот элемент также является сильным ноотропным и токсичным веществом (Н.В.Лазарев, 1938).

8. Необходимо учитывать обстоятельство проявления геохимических аномалий на территории Томской области в органах и тканях человека в диагностике заболеваемости населения области.

Основные публикации по теме диссертации.

Монографии:

1. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих, **Н.В. Барановская** и др. – Томск : Курсив, 2006. – 216 с.
2. Selinus Olle Medical Geology in Russia and the NIS / Selinus, Olle; Finkelman, Robert B.; Centeno, Jose A. (Eds.), Volfson I.F. et al. // Medical Geology a Regional Synthesis / Series: International Year of Planet Earth. – New York: Springer Science+Business Media, 2010. – 559 p.
3. Денисова О.А. Микроэлементы и патология щитовидной железы в Томской области / О.А. Денисова, **Н.В. Барановская**, Л.П. Рихванов, Ю.И. Сухих, Г.Э. Черногорюк. – Томск : STT, 2011. – 187 с.

Авторские свидетельства:

1. Патент на изобретение № 2298212 «Способ определения участков загрязнения ураном окружающей среды». Заявка № 2005120840 от 04.07.2005. Зарегистрирован в Госрегистре изобретений РФ 27.04.2007. Авторы: Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., **Барановская Н.В.**, Янкович Е.П.

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК:

1. Элементный состав надземной части *Atragene speciosa* Weinm / И.В. Шилова, Е.А. Краснов, **Н.В. Барановская** и др. // Растительные ресурсы. – 2002. – Т. 38, Вып. 4. – С. 69–74.
2. Аминокислотный и минеральный состав надземной части *Atragene speciosa* Weinm / И.В. Шилова, Е.А. Краснов, **Н.В. Барановская** и др. // Химико-фармацевтический журнал. – 2002. – Т. 36, № 11. – С. 26–28.
3. Индикаторная роль солевых образований в воде при геохимическом мониторинге / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, **Н.В. Барановская** // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2004. – № 1. – С. 67–69.
4. Радиоактивные элементы в окружающей среде / Л.П. Рихванов, С.И. Арбузов, **Н.В. Барановская**, А.В. Волостнов и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311, № 1. – С. 128–136.
5. Аминокислотный и элементный состав активной фракции Княжика сибирского / И.В. Шилова, **Н.В. Барановская**, А.И. Сырчина и др. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2008. – № 8. – С. 34–37.
6. Geochemical Specialization of Limescale of Water Sources illustrated by Two Regions in Siberia / А.Е. Tapkhaeva, Т.Т. Taisaev, L.P. Rikhvanov, E.G. Yazikov, **N.V. Baranovskaya** // Contemporary Problems of Ecology. – 2009. – Vol. 3, No. 4. – P. 498–507.
7. Геохимическая специализация осадков (накипей) водных источников на примере двух регионов Сибири / А.Э. Тапхаева, Т.Т. Тайсаев, Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, **Н.В. Барановская** // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 4. – С. 685–696.
8. **Барановская Н.В.**, Игнатова Т.Н., Рихванов Л.П. Уран и торий в органах и тканях человека // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 339. – С. 182–188.
9. Биоиндикация урбозкосистемы г. Павлодара по содержанию химических элементов в золе листы тополя черного *Populus nigra* L. / Б.Х. Шаймарданова,

- Г.Е. Асылбекова, **Н.В. Барановская** и др. // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – № 338. – С. 212–216.
10. Химический элементный состав органов и тканей человека и его экологическое значение / Л.П. Рихванов, **Н.В. Барановская**, Т.Н. Игнатова и др. // Геохимия. – 2011. – № 7, Вып. 49. – С. 779–784.
 11. Trace elements in human organs and tissues and their significance for environmental monitoring / L.P. Rikhvanov, **N.V. Baranovskaya**, T.N. Ignatova et al. // Geochemistry International. – 2011. – Vol. 49, No. 7. – P. 738–742.
 12. **Барановская Н.В.** Региональная специфика элементного состава волос детей, проживающих на территории Томской области / Н.В. Барановская, Д.В. Швецова, А.Ф. Судыко // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319, № 1. – С. 212–220.
 13. Элементный состав солевых отложений питьевых вод Томской области / Т.А. Монголина, **Н.В. Барановская** и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319, № 1. – С. 204–211.

Статьи в российских и зарубежных рецензируемых журналах:

1. **Барановская Н.В.** Содержание Fe, Cr, Co, Sc, Hf в волосах населения Томской области // Проблемы геологии и географии Сибири: Вестник Томского государственного университета. Серия «Науки о Земле» (геология, география, метеорология, геодезия). – 2003. – Приложение № 3 (V). – С. 126–128.
2. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека / Л.П. Рихванов, С.И. Арбузов, Т.А. Архангельская, **Н.В. Барановская** и др. // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2006. – № 2. – С. 41–51.
3. Влияние микроэлементов на состояние здоровья детей, находящихся на различных видах вскармливания. / Е.И. Кондратьева, Н.А. Барабаш, С.С. Станкевич, **Н.В. Барановская** // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2008. – № 2. – С. 24–29.
4. Состояние компонентов природной среды Томской области по данным эколого-геохимического мониторинга и здоровье населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, **Н.В. Барановская** и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2008. – № 1 (85) – С. 29–37.
5. Геохимические показатели волос детей / Б.Х. Шайморданова, **Н.В. Барановская**, Н.П. Корогод, Г.Е. Асылбекова // Вестник Семипалатинского государственного университета имени Шакарима. – 2008. – № 4 (44). – С. 159–166.
6. Элементный состав волос детского населения города Павлодар / Н.П. Корогод, Б.Х. Шайморданова, Г.Е. Асылбекова, **Н.В. Барановская** // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2008. – № 4 (8). – С. 99–109.
7. Элементный анализ волос детей из техногенных центров России и Казахстана / Н.П. Корогод, **Н.В. Барановская**, Б.Х. Шайморданова и др. // Вестник КазНУ, серия экологическая. – 2008. – № 1 (22). – С. 89–97.
8. Ламанова Л.М., **Барановская Н.В.** Элементный состав тканей и кальциатов из сердечно-сосудистой системы человека // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2009. – № 1 (9). – С. 57–66.
9. Особенности элементного состава солевых образований питьевых вод юга Томской области / Е.Г. Язиков, Л.П. Рихванов, **Н.В. Барановская** и др. // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2009. – № 4. – С. 375–381.

10. Элементный состав органов и тканей человека / Л.П. Рихванов, **Н.В. Барановская**, Т.Н. Игнатова и др. // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2009. – № (9). – С. 67–76.
11. Региональные биогеохимические особенности накопления химических элементов в зольном остатке организма человека / Т.Н. Игнатова, **Н.В. Барановская**, Л.П. Рихванов и др. // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317, № 1. – С. 178–183.
12. **Baranovskaya N.V.**, Shvetsova D.V., Rikhvanov L.P. Element content in children hair samples (Tomsk Region, Russia) // Trace Elements and Electrolytes. – 2010. – Vol. 27, No. 3. – P. 175.
13. Element composition of human organs and tissue / **N.V. Baranovskaya**, L.P. Rikhvanov, T.N. Ignatova et al. // Trace Elements and Electrolytes. – 2010. – Vol. 27, No. 3. – P. 171.
14. On the problem of rare earth element distribution in human organs and tissues (by the example of the inhabitants of Tomsk Region) / T.N. Ignatova, **N.V. Baranovskaya**, L.P. Rikhvanov et al. // Trace Elements and Electrolytes. – 2010. – Vol. 27, No. 3. – P. 172.

Публикации в сборниках трудов за рубежом:

1. **Baranovskaja N.V.**, Rikhvanov L.P. Trace elements in composition of biosubstrates of people living in a district of the nuclear plant of Russia // Macro and Trace Element: 21 Workshop. – Friedrich Schiller University Jena, 2002. – P. 1266–1270.
2. **Барановская Н.В.**, Рихванов Л.П. Проявленность предприятий ядерно-топливного цикла при исследовании микроэлементного состава волос человека // Доклады 2 Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде» (16–18 октября 2002 г.) – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2002.– Т. 2. – С. 445–448.
3. Язиков Е.Г., Рихванов Л.П., **Барановская Н.В.** Солевые образования – индикатор загрязнения среды при геохимическом мониторинге // Доклады 2 Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде» (16–18 октября 2002 г.) – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2002.– Т. 2. – С. 426–432.
4. **Baranovskaya N.V.**, Rikhvanov L.P. The accumulation levels of the radioactive elements (uranium, thorium) and bromine and their ratios in the hair of school children from Tomsk oblast // Macro and Trace Elements: 22 Workshop. – Friedrich Schiller University Jena, 2004. – P. 1669–1674.
5. **Барановская Н.В.**, Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Индикаторное значение содержания редкоземельных и радиоактивных элементов и их соотношений в волосах человека // Труды 3 Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде» (16–18 октября 2002 г.) – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2004.– Т. 2.– С. 324–326.
6. Concentrations and indicated element ratios in environments and human tissues / **N.V. Baranovskaya**, L.P. Rikhvanov, E.G. Yazikov et al. // 5th Intern. Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives. – Athens, Greece, 2005. – P. 683–694.
7. **Барановская Н.В.**, Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Оценка экологического состояния юга Томской области по комплексу природных сред // Материалы V Международной биогеохимической школы «Актуальные проблемы

- геохимической экологии» (8–11 сентября 2005 г.). – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2005. – С.412–415.
8. Рихванов Л.П., **Барановская Н.В.**, Игнатова Т.Н. К геохимии живого вещества // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (19–21 октября 2006 г.). – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2006. – Т. 1. – С. 19–40.
 9. **Барановская Н.В.** Общая характеристика элементного состава волос детей южной части Томской области // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (19–21 октября 2006 г.). – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2006. – Т. 2. – С. 433–441.
 10. Роль химических элементов в формировании тиреоидной патологии / **Н.В. Барановская**, О.А. Денисова, Л.П. Рихванов и др. // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (19–21 октября 2006 г.). – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2006. – Т. 2 – С. 13–25.
 11. **Барановская Н.В.** Общая характеристика элементного состава волос детей южной части Томской области // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде» (19–21 октября 2006 г.). – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2006. – Т. 2. – С. 433–441.
 12. Ecological-geochemical monitoring and population health / L.P. Rikhvanov, **N.V. Baranovskaya**, A.M. Belyaeva et al. // Proceedings of the 7th International Symposium: «Trace Elements in Human: New Perspectives». – Athens, Greece, 2009. – P. 200–211.
 13. Element composition of human organs and tissue / **N.V. Baranovskaya**, L.P. Rikhvanov, T.N. Ignatova et al. // Proceedings of the 7th International Symposium: «Trace Elements in Human: New Perspectives». – Athens, Greece, 2009. – P. 212–222.
 14. On the problem of rare earth element distribution in human organs and tissues (by the example of the inhabitants of Tomsk region / T.N. Ignatova, **N.V. Baranovskaya**, L.P. Rikhvanov et al. // Proceedings of the 7th International Symposium: «Trace Elements in Human: New Perspectives». – Athens, Greece. – 2009. – P. 223–227.
 15. **Baranovskaya N.V.**, Shvetsova D.V., Rikhvanov L.P. Element content in children hair samples (Tomsk Region, Russia) // Proceedings 7th International symposium on trace elements in human: new perspectives, October 13– 15th 2009. – Athens, Greece, 2009. – P. 290–303.
 16. **Барановская Н.В.** Концентрирование урана и тория и изменение их отношений в живом веществе // Материалы VI международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде», Семипалатинский государственный педагогический институт, Р. Казахстан, 4–7 февраля 2010 г. – Семипалатинск, Р. Казахстан, 2010. – Т. 1. – С. 96–102.

Материалы всероссийских и международных конференций, проводимых в России:

1. **Барановская Н.В.**, Ильинских Н.Н. Взаимосвязь химического состава и цитогенетических показателей крови человека // Сборник трудов 1-й Всероссийской научной конференции с международным участием «Влияние загрязнения окружающей среды на здоровье человека», 9–11 декабря 2002 г. – Новосибирск, 2002. – С. 55–56.

2. Kuranova V.N., *Baranovskaya N.V.*, Rikhvanov L.P. The content of chemical Elements in the organism of Anura, Amphibia, as an indicator of the environmental conditions // Proceedings of the 12th Ordinary General Meeting of the Societas Europaea Herpetologica, August 12–16, 2003, Saint-Petersburg, Russia / eds: N. Ananjeva, O. Tsinenko. – Saint-Petersburg ; Moscow, 2005. – P. 167–170.
3. *Барановская Н.В.*, Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы (U, Th) в волосах детей юга Томской области как показатель техногенного воздействия // Материалы 2 Международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». – Томск: Тандем-Арт, 2004. – С. 66–69.
4. *Барановская Н.В.* Использование концентрационной функции живых организмов в оценке качества окружающей среды // Структура, функционирование и охрана природной среды: доклады и сообщения научно-практической конференции, посвященной 75-летию биолого-географического факультета Бурятского госуниверситета: в 2-х частях. Улан-Удэ, 28–30 марта 2007. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2007. – С. 151–155.
5. Сравнительная характеристика региональных особенностей элементного состава органов человека (на примере Краснодарского края и Томского региона) / *Н.В. Барановская*, В.А. Алексеенко, Л.П. Рихванов и др. // Геохимия биосферы: Сборник материалов IV Международного совещания 26–30 мая 2008г, г. Новороссийск. – Новороссийск: Мин. обр. и науки РФ, ФА по науке и инновациям администрации г. Новороссийска; РГО, Южный Федеральный университет ; НИИ геохимии биосферы ЮФУ, 2008. – С. 225–230.
6. *Барановская Н.В.*, Шилова И.В. Геохимическая специфика лекарственного растения княжик сибирский (*Atragene speciosa* Weinm.) // Географическая наука и образование: материалы межрегиональной научно-практической конференции к 20-летию географического отделения биолого-географического факультета БГУ. Улан-Удэ, БГУ, 28 марта 2008. – Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2008. – С. 40–44.
7. *Барановская Н.В.* Об актинидах в живом веществе // Материалы 3-й международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека», г. Томск, 23-27 июня 2009 г. – Томск: STT, 2009. – С. 73–82.
8. Игнатова Т.Н., *Барановская Н.В.*, Рихванов Л.П. Естественные радиоактивные элементы в органах и тканях человека // Материалы 3-й международной конференции «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека», г. Томск, 23–27 июня 2009 г. – Томск: STT, 2009. – С. 214–220.
9. *Барановская Н.В.*, Рихванов Л.П., Игнатова Т.Н. Современное состояние вопроса изучения геохимии человека // Развитие идей континентальной биогеохимии и геохимической экологии: Материалы VI–XII Биогеохимических чтений, посвященных памяти В.В. Ковальского (2006–2010 гг.). – М.: ГЕОХИ РАН, 2010. – С. 329–339.

Отчеты о НИР:

1. Комплексная оценка экологического состояния территории юга Томской области: отчёт о НИР (заключ.) / *Н.В. Барановская*, Т.В Аракчеева и др. – Том. политехн. ун-т (ТПУ); – № ГР 01200504848, инв.№02200602444. – 2005 – С. 1–120.