

На правах рукописи



ЗЛОБИНА АНАСТАСИЯ НИКОЛАЕВНА

**ГРАНИТЫ С ПОВЫШЕННЫМ РАДИАЦИОННЫМ ФОНОМ И
НЕКОТОРЫЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В РАЙОНАХ ИХ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ**

Специальность – 25.00.36 Геоэкология (науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск-2019

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

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

Официальные оппоненты: **Жмодик Сергей Михайлович**,
доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории геохимии благородных и редких элементов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Академии наук, г. Новосибирск
Бортникова Светлана Борисовна,
доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующая лабораторией геоэлектрохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск,

Защита диссертации состоится «5» декабря 2019 года в 12 часов 00 минут на заседании диссертационного совета ДС.ТПУ.29 при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, пр. Ленина, 2а, строение 5, корпус 20, аудитория 406.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке при ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634050, г. Томск, ул. Белинского, 55 и на сайте: dis.tpu.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук

Барановская Наталья Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Радиация – неотъемлемая составляющая окружающей среды. В любом месте на нашей планете биологические объекты испытывают влияние альфа-, бета- и гамма-радиоактивности, образующейся вследствие произвольного распада естественных (урана (U), тория (Th), радия (Ra), радона (Rn) и др.) и искусственных (цезия (Cs), стронция (Sr), америция (Am), плутония (Pu) и др.) радионуклидов. Вопрос воздействия радиации на здоровье человека состоит в уровне поглощаемой дозы, времени воздействия ионизирующих лучей на человеческий организм, а также радиочувствительности и радиорезистентности его отдельных органов и тканей.

На земном шаре существуют места с аномальным уровнем радиационного фона, обусловленным повышенной концентрацией естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) в объектах окружающей среды.

По обобщённым данным специализированных организаций (НКДАР ООН, МАГАТЭ, РОССТАТ, NRPB и др.) и учёных в сфере радиологии, радиогеохимии, радиобиохимии, радиобиологии, радиозкологии, генетики, медицинской геологии, онкологии (Р.М. Алексахин, И.Н. Верховская, Д. Гофман, Н.П. Дубинин, Н.Н. Ильинских, Дж. Когалл, А.М. Кузин, Г.Б. Наумов, М.В. Михалев, Ю.П. Пивоваров, Л.П. Рихванов, В.Б. Шаров, В.А. Шевченко, Л.Х. Эйдус, J.E. Allen, S. Billon, B. Bolviken, M. Eizenbud, D.L Henshaw, N. Kochupillai, E.J. Sternglass, M. Tirmarche и др.) отмечено, что ионизирующая радиация вызывает некоторые медико-биологические проблемы у населения, в основном связанные с повышенным уровнем генных, геномных и хромосомных деформаций и увеличением онкозаболеваемости.

Связь уровня естественной радиоактивности и малых доз радиации с показателями заболеваемости некоторыми неинфекционными болезнями изучена недостаточно детально. Особенно данный вопрос актуален для районов распространения высокорadioактивных пород, в том числе на территории России.

Необходимо учитывать, что риск онкозаболеваний имеет повышенный уровень у людей, подвергающихся влиянию ионизирующей радиации всех типов и при всех обстоятельствах воздействия (Boyce, 2006).

Цель работы: изучение связи минералого-геохимических особенностей высокорadioактивных пород и продуктов их выветривания с их радиозкологическими показателями и оценка медико-биологических последствий и рисков для населения, проживающего в районах с высокой естественной радиацией.

Задачи исследования:

1. Определить вещественный состав высокорadioактивных гранитов и развивающихся по ним кор выветривания и почв, провести сравнительный анализ содержания химических элементов, в том числе ЕРЭ, в исследуемых образцах с мировыми и региональными показателями и ранжировать граниты по группам согласно радиогеохимической типизации.

2. Установить распределение U и Th по профилю «исходная порода – кора выветривания – почва», выявить распределение элементов по гранулометрическим фракциям кор выветривания и почв и установить закономерности изменения форм нахождения естественных радионуклидов в процессах выветривания гранитов и почвообразования.

3. Определить динамику объёмной активности Rn (ОАР) в процессах выветривания высокорadioактивных пород, выявить основные горизонты-генераторы свободного Rn в атмосферу и рассчитать плотность потока Rn (ППР).

4. Обобщить данные по radioактивности подземных вод, уровням мощности экспозиционной дозы (МЭД) и эквивалентной эффективной дозы (ЭЭД).

5. Собрать и обработать данные по уровню врождённых пороков развития плода (ВПР), заболеваемости населения злокачественными новообразованиями (ЗНО) и анемиями в исследуемых районах.

6. Установить возможную связь заболеваемости населения ВПР, ЗНО и анемиями от повышенных концентраций ЕРЭ в породах и почвах, радоно- и тороновыделения и радиационного фона и выявить территории риска по уровню ВПР и заболеваемости населения раком лёгкого, носоглотки, кроветворной ткани, анемиями.

Объектом данного исследования является радиоэкологическая и медико-биологическая ситуация в районах распространения высокорadioактивных гранитов (г. Белокуриха Алтайского края, пгт. Колывань Новосибирской области в России, г. Чжухай провинции Гуандун в Китае, г. Эшасьер региона Овернь во Франции).

Предмет исследования – связь уровня ВПР, заболеваемости населения ЗНО лёгкого, носоглотки, кроветворной ткани и анемиями с радиоэкологическими показателями в районах распространения высокорadioактивных пород и почв.

Фактический материал и методы исследования:

Работы по отбору проб и измерениям радиоэкологических показателей проводились в период с 2011 по 2018 гг. на территориях г. Белокуриха Алтайского края и пгт. Колывань Новосибирской области в РФ, г. Эшасьер в регионе Овернь во Франции, а также г. Чжухай в провинции Гуандун в Китае совместно с коллегами из Китайского геологического университета. Материалы исследований были отобраны, подготовлены и обработаны лично автором. Общее количество отобранных образцов пород, кор выветривания, почв и измерений – 90. Методами рентгенофазового анализа исследовано 40 проб, сканирующей электронной микроскопии – 77.

Отбор проб природных сред и пробоподготовка к анализам осуществлялась в соответствии с ГОСТами 17.4.1.03-83 и 6613-79, гамма-спектрометрические измерения – с методическими указаниями по идентификации радионуклидов (Карелин, 2011). Измерения ОАР и расчёт ППР базировались на методических указаниях МУ 2.6.5.009-2016.

Для получения радиоэкологических характеристик территорий непосредственно в полевых условиях в точках отбора проб (граниты, коры выветривания, почвы) производились гамма-спектрометрический анализ приборами SatisGeo GS-512 и радонометрия с помощью прибора «Альфарад» марки PPA-01M-01.

Показатели заболеваемости населения Белокурихи за 2014–2016 гг. были взяты в центральной городской больнице г. Белокуриха, показатели заболеваемости населения Колывани за 2011–2016 гг. – в Колыванской центральной районной больнице. Медико-статистические данные по остальным районам исследования были взяты из опубликованных работ российских и зарубежных авторов, а также из государственных докладов о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения исследуемых районов.

Для минералого-геохимических исследований образцов гранитов, кор выветривания и почв были использованы аттестованные методики в аккредитованных лабораториях: инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) и осколочная радиография на исследовательском реакторе ИРТ-Т в ядерно-геохимической лаборатории ИШПР ТПУ, метод фракционирования минералов, рентгенофазовый анализ (РФА) и сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) в международном инновационном научно-образовательном центре «Урановая геология» ИШПР ТПУ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Исследуемые граниты отличаются повышенной концентрацией естественных радионуклидов и относятся к различным радиогеохимическим типам: граниты Белокурихинского (K – 6,5 %, Th – 21,1 г/т, U – 6,4 г/т, Th/U – 3,3) и Колыванского (K – 6 %, Th – 34 г/т, U – 9,6 г/т, Th/U – 3,5) комплексов относятся к высокорadioактивным редкометалльным; граниты Чжухая в провинции Гуандун, Китай (K – 4 %, Th – 100 г/т, U – 26,1 г/т, Th/U – 3,8) – к высокорadioактивным ториевым; граниты Бувар в регионе Овернь, Франция (K – 3,7 %, Th – 1 г/т, U – 18 г/т, Th/U – 0,1) – к высокорadioактивным существенно ураноносным, испытавшим глубокие метасоматические преобразования. Общей особенностью изучаемых гранитов является большое количество акцессорных минералов: монацит, циркон и др., содержащих U и Th.

2. Образующиеся в процессах выветривания гранитов коры выветривания и почвы наследуют радиогеохимические особенности пород, происходит формирование горизонтов, обогащённых естественными радионуклидами. Основная аккумуляция U и Th в данных зонах происходит в тонкодисперсных фракциях (0,04–0,01 мм; <0,01 мм). U находится преимущественно в сорбированной форме на глинистых минералах (каолинит, монтмориллонит и др.). Данные процессы способствуют повышению радоно- и тороновыделения и образованию горизонтов-генераторов свободного Rn в атмосфере.

3. Установленные высокие концентрации U и Th в породах и почвах, повышенная плотность потока Rn и объемная активность Rn (в районе Белокурихи – 0,08–120 кБк/м³, в районе Колывани – 0,09–1570 кБк/м³, в районе

Чжухая – 0,02–1000 кБк/м³, в районе Эшасьер – 0,02–70 кБк/м³) обуславливают напряжённую радиоэкологическую обстановку и ухудшение эпидемиологического статуса населения исследуемых территорий по таким медико-статистическим параметрам, как повышенный уровень врождённых пороков развития плода (300–1129 ‰) и заболеваемости злокачественными новообразованиями лёгкого (33–352 ‰), носоглотки (4–25 ‰), кроветворной ткани (6–216 ‰) относительно мировых и российских показателей.

Научная новизна:

1. Впервые изучено распределение ЕРЭ по профилю «исходная порода – кора выветривания – почва» в районах г. Белокуриха Алтайского края, пгт. Колывань Новосибирской области, г. Чжухай провинции Гуандун и г. Эшасьер региона Овернь.

2. Выявлено накопление радиоактивных и редкоземельных элементов в тонкодисперсных фракциях кор выветривания и почв. Методом осколочной радиографии изучены формы нахождения U в образцах кор выветривания и почв. Определено, что U находится преимущественно в сорбированной форме на глинистых минералах (каолинит, монтмориллонит и др.).

3. Определены горизонты накопления ЕРЭ в корах выветривания – зоны дресвы и глины. Данные горизонты являются основными горизонтами-генераторами свободного Rn.

4. В исследуемых районах выявлена напряжённая радиоэкологическая обстановка, связанная с распространением высокорadioактивных гранитов; зонами интенсивного выветривания гранитов, что способствует образованию горизонтов-генераторов свободного Rn в атмосферу; зонами повышенной эксхалации и эманирования ²²²Rn; высокой активностью торона (²²⁰Rn) за счёт распространения ториеносных пород; повышенным содержанием Ra и Rn в подземных водах; использованием местных строительных материалов с повышенной концентрацией ЕРЭ; значениями МЭД и ЭЭД, превышающими норму НКДАР ООН.

5. Установлена эмпирическая зависимость заболеваемости населения ЗНО лёгкого, носоглотки, кроветворной ткани и ВПР от радиоэкологической обстановки в исследуемых районах.

Практическая значимость:

Установлено, что в районах распространения радиоактивных пород наблюдаются высокие показатели онкологической заболеваемости и ВПР. Выделены территории риска по частоте заболеваемости ЗНО всех видов у детей (Белокуриха и Колывань), ЗНО лёгкого (Колывань) у всего населения, ЗНО носоглотки (провинция Гуандун), ЗНО кроветворной ткани (Колывань). Высокий риск ВПР отмечен в Колывани и Гуандун.

Даны краткие рекомендации по учёту воздействия радиационных рисков от естественных источников (концентрации ЕРЭ в породах, почве, воде и уровень ²²²Rn, ²²⁰Rn) при оценке санитарно-эпидемиологического статуса населения.

Материалы, полученные в процессе выполнения работы, использованы при проведении занятий по курсам «Геохимия» на кафедре геологии и полезных ископаемых Башкирского государственного университета, «Геоэкология» и «Медицинская геология» в отделении геологии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета.

Степень достоверности защищаемых положений обеспечена достаточным количеством измерений и проб, исследованных различными высокочувствительными аттестованными аналитическими методами в аккредитованных лабораториях. Также глубокий анализ научной литературы, в том числе зарубежной (на английском, французском, китайском языках) по теме исследования позволяет судить о высокой степени достоверности данной работы.

Интерпретация аналитических данных произведена с использованием современных программных пакетов «Microsoft Office» и «StatSoft® Statistica 10.0.1011.0», построение графиков и карт выполнено с помощью программ «Corel Draw» и «Microsoft Excel».

Апробация результатов и публикации:

Результаты работы по теме диссертации были представлены на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях: European Geosciences Union General Assembly (2012, Vienna, Austria); 2nd Global Soil Security Conference (2016, Paris, France); V International Conference «Radioactivity and radioactive elements in environment» (2016, Tomsk, Russia); IV International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research (2016, Nis, Serbia); 7th International Conference on Medical Geology (2017, Moscow, Russia); Всероссийская конференция с международным участием, посвящённая 60-летию Института геохимии СО РАН и 100-летию со дня рождения академика Л. В. Таусона «Современные направления развития геохимии» (2016, Иркутск); Международный научный симпозиум студентов, аспирантов и молодых учёных им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (2011-2019, Томск) и др.

По теме диссертации опубликовано 27 работ, из них 2 статьи в российских изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 2 статьи, индексируемые международными базами данных (Web of Science, Scopus).

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии на всех этапах исследовательской работы: отборе проб и пробоподготовке к анализам, проведении измерений методами полевой гамма-спектрометрии и радонометрии. Автор самостоятельно осуществлял исследования проб пород и почв с помощью СЭМ и РФА. Поиск медико-статистических данных, обработка, интерпретация результатов анализов, построение графического материала и формулировка защищаемых положений также производилась лично автором.

Благодарности:

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук, профессору ИШПР ТПУ Леониду

Петровичу Рихванову за научное и образовательное сопровождение и значительную помощь в написании диссертации.

Особую благодарность автор выражает своим научным наставникам: д.б.н., профессору ИШПР ТПУ Н.В. Барановской, заведующему кафедрой геологии и полезных ископаемых БашГУ, к.г.-м.н. И.М. Фархутдинову и д.н., профессору кафедры геофизики Китайского геологического университета Нанпинг Ван.

За поддержку при написании диссертации, ценные советы и консультации автор признателен д.г.-м.н., профессорам С.И. Арбузову, Е.Г. Языкову, д.м.н., профессору Л.М. Фархутдиновой, к.г.-м.н. С.С. Ильенку, Б.Р. Соктоеву, В.А. Домаренко, И.С. Соболеву, Д.В. Юсупову, А.В. Таловской, Е.А. Филимоненко, Ш.Ж. Арыновой, Т.А. Перминовой, А.С. Торопову, к.х.н. Н.А. Осиповой и аспирантам А.И. Беляновской, М.А. Дериглазовой, Д.Н. Галушкиной и Г.М. Есильканову.

Автор благодарит аналитиков за их профессиональный труд: с.н.с А.Ф. Судыко и Л.В. Богутскую.

За помощь при отборе проб и материала для диссертации огромную благодарность автор выражает начальнику ГГРЭС в г. Белокуриха А.А. Редину, онкологу городской больницы г. Белокуриха О.В. Крыжко, сотрудникам музея г. Белокуриха Т.А. Батуевой и Е.П. Жилинской, к.м.н., главному специалисту-эксперту отдела санитарного надзора Управления Роспотребнадзора по Смоленской области В.В. Турбинскому, к.м.н. В.П. Суслину и сотрудникам отдела мониторинга радиационной обстановки ОГБУ "Облкомприрода" Томской области – В.А. Коняшкину и др.

Автор признателен за ценные замечания, высказанные в процессе обсуждения устных докладов на конференциях: д.г.-м.н. Г.Б. Наумову (ГЕОХИ РАН), д.г.-м.н. В.Д. Страховенко (ИГМ СО РАН), д.б.н. С. А. Васильеву (НИИ медицинской генетики Томского НИМЦ), д.б.н. А. Я. Болсуновскому (Институт биофизики СО РАН) и профессору Р. Финкельману (University of Texas at Dallas).

Структура и объем работы:

Диссертационная работа представлена на 122 страницах и состоит из введения, 6 глав и заключения. Список литературы включает 164 источника, 83 из которых зарубежные. Диссертация включает 51 рисунок и 13 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 посвящена вопросам влияния естественной радиоактивности и малых доз радиации на организм человека. Рассмотрены как негативные последствия, так и положительное действие радиации. **Глава 2** включает описание материалов и методов исследования: отбор проб, лабораторно-аналитические исследования и статистическую обработку данных. **Глава 3** характеризует природно-климатические и геологические условия районов исследования. В **главе 4** описаны общие геохимические и минералогические особенности гранитов и развитых по ним кор выветривания и почв, а также особенности накопления и характер распределения Th и U по профильным

разрезам. Рассмотрен вопрос распределения ЕРЭ по гранулометрическим фракциям кор выветривания и почв. Определены формы нахождения радионуклидов в процессах выветривания гранитов. **Глава 5** отражает радиоз экологическую обстановку и вопросы радоноопасности исследуемых территорий. **Глава 6** содержит анализ показателей заболеваемости населения ВПР, ЗНО и анемиями в районах с высокой естественной радиационной нагрузкой. В **заключении** представлены основные выводы по работе.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЩИТУ ПОЛОЖЕНИЙ

Первое защищаемое положение. *Исследуемые граниты отличаются повышенной концентрацией естественных радионуклидов и относятся к различным радиогеохимическим типам: граниты Белокурихинского ($K - 6,5 \%$, $Th - 21,1 \text{ г/т}$, $U - 6,4 \text{ г/т}$, $Th/U - 3,3$) и Колыванского ($K - 6 \%$, $Th - 34 \text{ г/т}$, $U - 9,6 \text{ г/т}$, $Th/U - 3,5$) комплексов относятся к высокорadioактивным редкометалльным; граниты Чжухая в провинции Гуандун, Китай ($K - 4 \%$, $Th - 100 \text{ г/т}$, $U - 26,1 \text{ г/т}$, $Th/U - 3,8$) – к высокорadioактивным ториевым; граниты Бувуар в регионе Овернь, Франция ($K - 3,7 \%$, $Th - 1 \text{ г/т}$, $U - 18 \text{ г/т}$, $Th/U - 0,1$) – к высокорadioактивным существенно ураноносным, испытавшим глубокие метасоматические преобразования. Общей особенностью изучаемых гранитов является большое количество акцессорных минералов: монацит, циркон и др., содержащих U и Th .*

Защищаемое положение обосновано в 4 главе диссертации.

Содержание 28 химических элементов в исследуемых гранитах и продуктах их выветривания было получено с помощью ИНАА. Установлено, что изучаемые породы, коры выветривания и почвы имеют различные уровни накопления химических элементов, в том числе ЕРЭ. Сравнительный анализ содержания химических элементов в гранитах Бувуар, Белокурихинском, Колыванском, Чжухайском гранитных комплексах проводился относительно среднемировых значений для гранитов (Григорьев, 2009).

В гранитах Белокурихинского комплекса отмечается повышенная концентрация в г/т Rb (531,9), Cs (11,8), Nd (50,5), **Th (21,1)**, **U (6,4)**. Th/U отношение в гранитах в среднем составляет 3,3, по профилю коры выветривания варьирует от 2,9 до 6,5.

Колыванские граниты отличаются высоким содержанием в г/т Cr (59,6), Co (4,5), As (5,4), Rb (499,4), Sb (1,3), Cs (15,5), Ce (107), Nd (51,1), Sm (10,7), Tb (2,9), Yb (24,1), Lu (4,1), Hf (8,9), Ta (6), **Th (34)**, **U (9,6)**. Отношение Th к U в данных гранитах – от 3,5 и выше, в продуктах их выветривания – 2,5–5,4.

Повышенные концентрации в г/т Cr (54,3), Co (3,4), Rb (373,9), Sb (1,1), Cs (12,1), La (93,8), Ce (123,7), Nd (80,2), Sm (14,6), Eu (1,6), Tb (2,8), Yb (16,2), Lu (2,5), Hf (17,5), Ta (7,3), **Th (100)**, **U (26,1)** выявлены в породах провинции Гуандун. Средние значения Th/U отношения в данных гранитах – 3,8, по профилю коры выветривания – от 4,1–7,3.

В гранитах Бувуар региона Овернь установлены высокие уровни в г/т As (13), Rb (3600), Sb (1,9), Cs (265), Hf (4,5), Ta (53,2), **U (9-18)**. Показатели Th/U

отношения в породах меньше 1, что может свидетельствовать о метасоматических преобразованиях этих гранитов (Рихванов и др., 2002).

По радиогеохимической типизации (отношение Th к U) исследуемые граниты относятся к различным типам: граниты Белокурихинского и Колыванского комплексов – к высокорadioактивным редкометалльным; граниты Бувар (г. Эшасьер, Франция) – к высокорadioактивным существенно ураноносным; граниты Чжухая (провинция Гуандун, Китай) – к высокорadioактивным ториевым (рисунок 1).

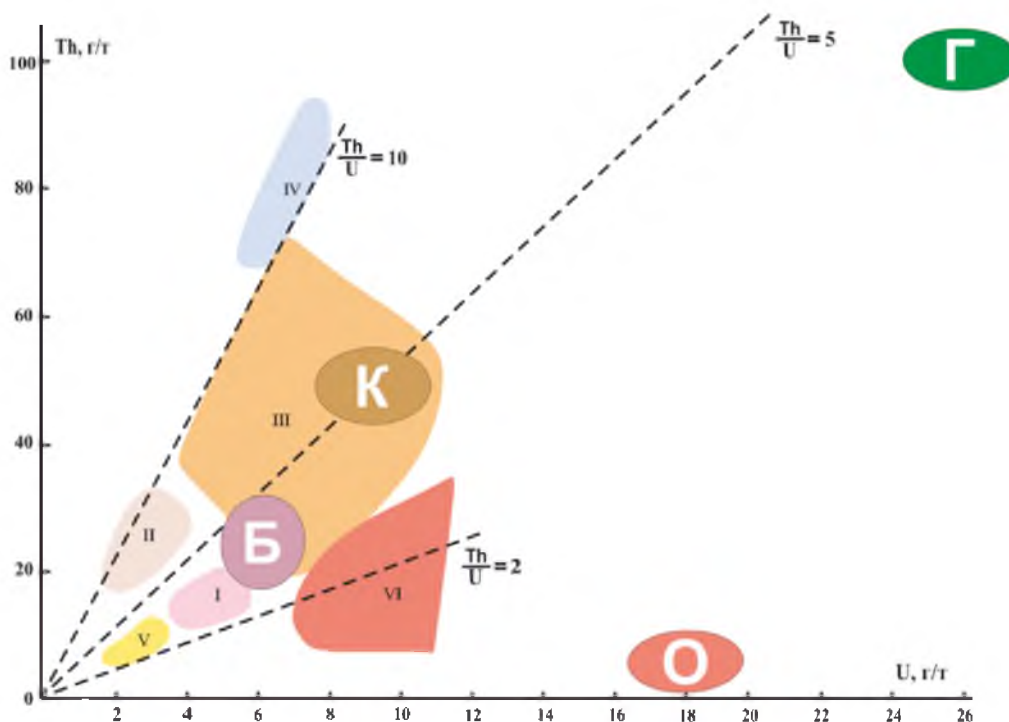


Рисунок 1 – Главнейшие радиогеохимические типы гранитов и положение на них гранитов исследуемых районов (по Л.В. Комлеву, А.А. Смыслову, Л.П. Рихванову с дополнениями автора). Поля геохимических типов гранитов: I – нормальнорadioактивные, $Th/U = 2,5-4,5$; II – повышеннорadioактивные, $Th/U = 6-10$; III – высокорadioактивные редкометалльные, $Th/U > 5-10$; IV – высокорadioактивные ториеносные, $Th/U > 10$; V – слаборadioактивные плагитограниты, $Th/U < 2-5$; VI – высокорadioактивные ураноносные, $Th/U = 1-2$. Средние данные по изученным гранитам: Б – района г. Белокура, Алтайский край, Россия; К – района пгт. Колывань, Новосибирская область, Россия; Г – района г. Чжухай, провинция Гуандун, Китай; О – района г. Эшасьер, регион Овернь, Франция

Минералогический состав изучаемых гранитов был проанализирован методами РФА и СЭМ. Полученные данные показали, что для всех исследуемых гранитов породообразующими минералами являются: кварц, альбит, микроклин, ортоклаз, мусковит и биотит. В колыванских гранитах также присутствует флогопит.

Исследуемые граниты подвергались процессу выветривания. В сформировавшихся по ним корах выветривания и почвах по данным РФА наблюдается изменение минералогического состава – образование каолинита, монтмориллонита, иллита, хлорита, вермикулита (во всех образцах), также

цеолита (в образцах Белокурихинского и Колыванского массивов), гипса и диккита (в образцах Колыванского массива), гиббсита и гематита (в образцах из провинции Гуандун).

Минералы-концентраторы ЕРЭ и РЗЭ, обнаруженные в исследуемых пробах по данным СЭМ, представлены в таблице 1. Отметим, что во всех исследуемых образцах пород и продуктов их выветривания встречаются монацит и циркон.

Таблица 1 – Присутствие акцессорных минералов-концентраторов ЕРЭ в исследуемых образцах по данным СЭМ

Район исследования / образец	Граниты	Зона дезинтеграции	Зона дресвы	Глина	Почва
Района г. Белокуриха (Алтайский край, Россия)	Лантан-цериевый монацит с U, Th, Pr, Nd, Sm Ториевый монацит с Nd, La, Pr Циркон с Hf		Лантан-цериевый монацит с Th и Pr Ториевый монацит с Nd Циркон		
Район пгт. Колывань (Новосибирская обл., Россия)	Монацит с Th, U, РЗЭ Циркон с Th, U, Sc Лантаноцерит с Th, Pr, Nd Флюоцерит с Th и РЗЭ		Монацит с Th, РЗЭ Циркон Лантаноцерит с Th, Pr, Nd Флюоцерит с Th и РЗЭ		
Район г. Чжухай (пров. Гуандун, Китай)	Монацит с Th, РЗЭ Циркон с Hf, Th, U Ксенотим с Th, РЗЭ Торит	Монацит с Th, РЗЭ Циркон с Hf, Th, U Ксенотим с Th, РЗЭ	Монацит с Th, РЗЭ Циркон с Ag, Hf, Sc Ксенотим с Th, РЗЭ Плюмбогуммит с Th, La, Nd		
Район г. Эшасьер (рег. Овернь, Франция)	Циркон с Ag, Sc Монацит с РЗЭ		Циркон Монацит с РЗЭ		

Вышеуказанные акцессорные минералы обладают высокой степенью устойчивости, как к физическому, так и к химическому выветриванию, что позволяет корам выветривания и почвам наследовать их из гранитов. Отметим, что минералы-концентраторы U в продуктах выветривания гранитов встречаются довольно редко, их основная концентрация происходит в гранитах.

Второе защищаемое положение. *Образующиеся в процессах выветривания гранитов коры выветривания и почвы наследуют радиогеохимические особенности пород, происходит формирование горизонтов, обогащённых естественными радионуклидами. Основная аккумуляция U и Th в данных зонах происходит в тонкодисперсных фракциях (0,04–0,01 мм; <0,01 мм). U находится преимущественно в сорбированной форме на глинистых минералах (каолинит, монтмориллонит и др.). Данные процессы способствуют повышению радоно- и торонотделения и образованию горизонтов-генераторов свободного Rn в атмосферу.*

Защищаемое положение обосновано в 4 и 5 главах диссертации.

При изучении разрезов кор выветривания в исследуемых районах отмечена различная специфика распределения ЕРЭ по профилю. Разный уровень выщелачивания ЕРЭ из гранитов и уровни их накопления в корях выветривания и почвенных горизонтах могут говорить о различных

климатических и физико-химических обстановках, в которых формировались данные геологические образования.

В тоже время для изучаемых разрезов характерна общая тенденция формирования горизонтов, обогащённых глинистыми минералами (каолинита, монтмориллонита и др.) – зон дресвы и глины (рисунки 2,3,4). Для данных горизонтов кор выветривания в районе г. Белокуриха и пгт. Колывань характерно высокое содержание U – 10,2–11,4 г/т и 4,5–10,6 г/т, соответственно (рисунки 2,3).

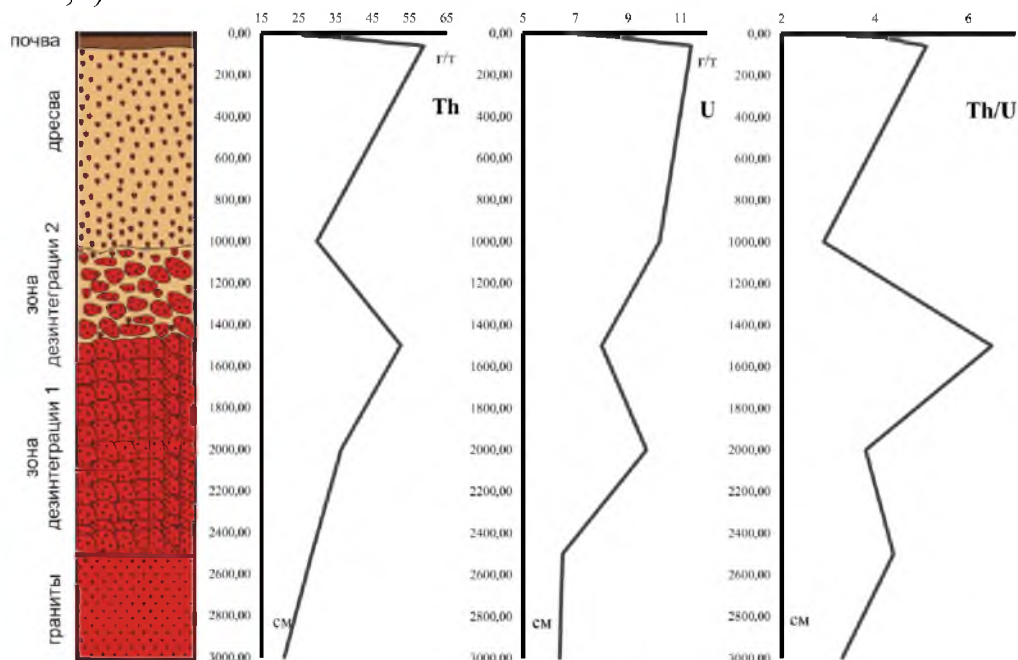


Рисунок 2 – Распределение Th, U, Th/U по данным ИНАА в профильном разрезе гранитов, коре выветривания и почве в районе г. Белокуриха, Алтайский край, РФ

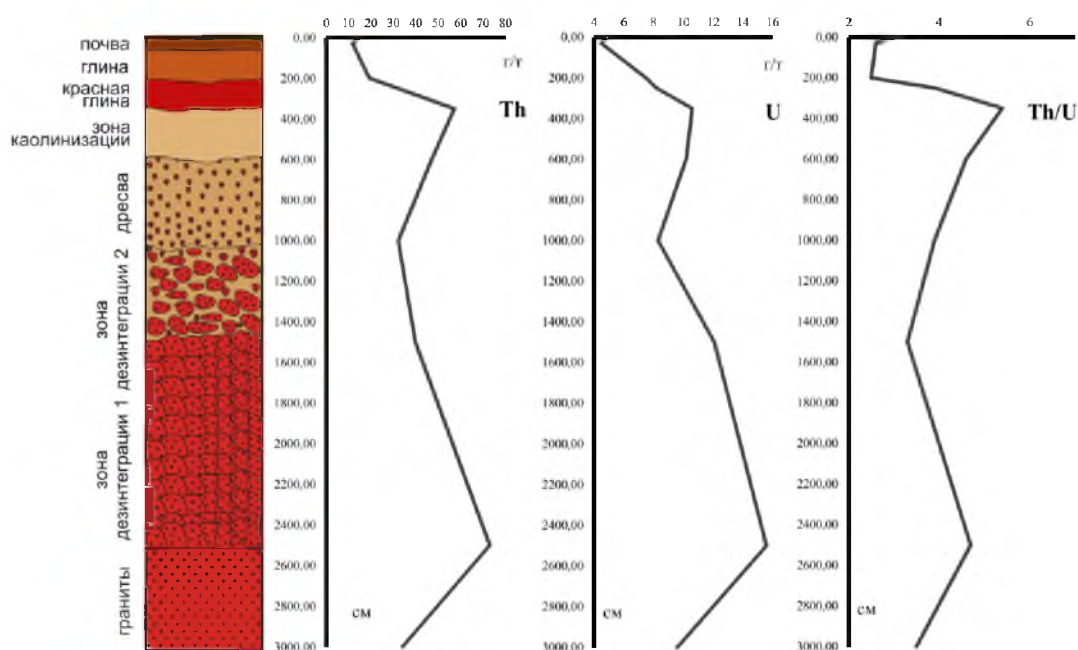


Рисунок 3 – Распределение Th, U, Th/U по данным ИНАА в профильном разрезе гранитов, коре выветривания и почве в районе пгт. Колывань, Новосибирская область, РФ

Граниты Белокурихинского и Колыванского комплексов отличаются невысокой концентрацией U и Th, относительно других профильных горизонтов (рисунки 2,3). Можно предположить, что в зоне дезинтеграции гранитов происходит вынос Na, Ca, Si и других породообразующих элементов, что повышает концентрацию ЕРЭ.

В разрезе коры выветривания в районе г. Чжухай провинции Гуандун наблюдается большее накопление U в зоне первичных гранитов и нижних горизонтах коры выветривания (рисунок 4). Возможно, этот процесс связан с интенсивным промывным режимом в условиях гумидного климата, при котором U из латеритной зоны возвращается в нижние зоны коры выветривания.

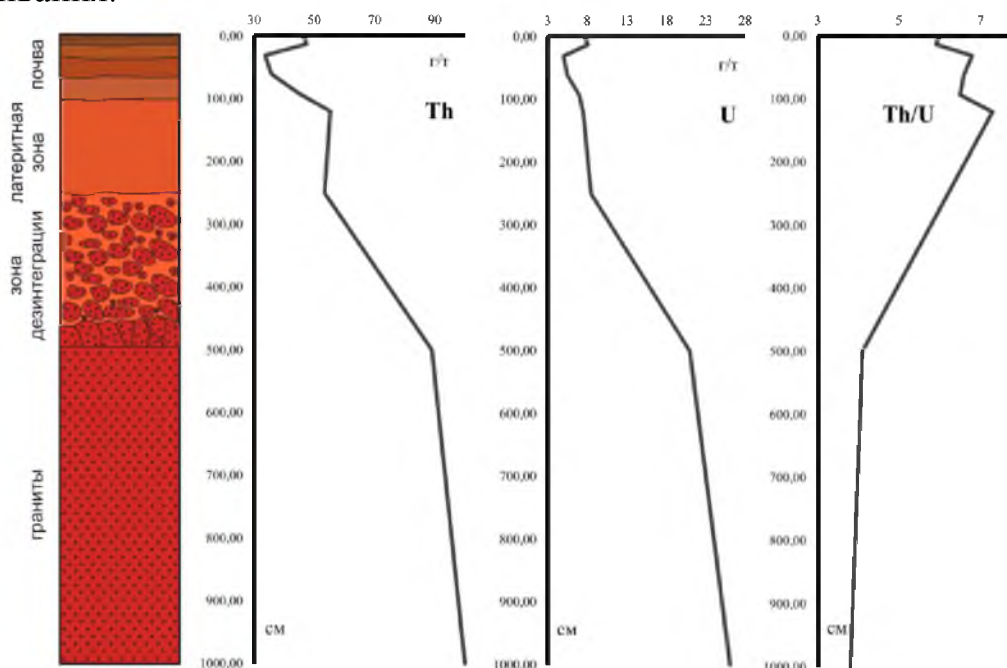


Рисунок 4 – Распределение Th, U, Th/U по данным ИНАА в профильном разрезе гранитов, коры выветривания и почв в районе г. Чжухай, провинция Гуандун, Китай

По результатам геохимических исследований отмечено, что U и Th наиболее интенсивно сконцентрированы в зонах глины и дресвы. Минералогической особенностью данных горизонтов является малое количество минералов-концентраторов U.

По результатам фракционного анализа кор выветривания и почв определилась тенденция к наиболее интенсивному накоплению ЕРЭ в тонкодисперсных фракциях (0,04–0,01 мм; <0,01 мм) (рисунок 5).

Возникло предположение о сорбции U на агрегате тонкодисперсных глинистых частиц. Дальнейшее изучение глинистой составляющей кор выветривания методом осколочной радиографии показало равномерное распределение треков от деления U по исследуемому образцу. Это свидетельствует о нахождении U в рассеянной форме, вероятнее всего в виде сорбции на глинистых минералах (рисунок 6).

В процессах выветривания гранитов формы нахождения ЕРЭ, в большей степени U, меняются. Элементы становятся более подвижными и сорбируются

на глинистых минералах (каолинит, монтмориллонит и др.). Эти процессы способствуют повышению активности ^{222}Rn (продукта распада U) и его миграции к поверхностным горизонтам за счёт диффузии.

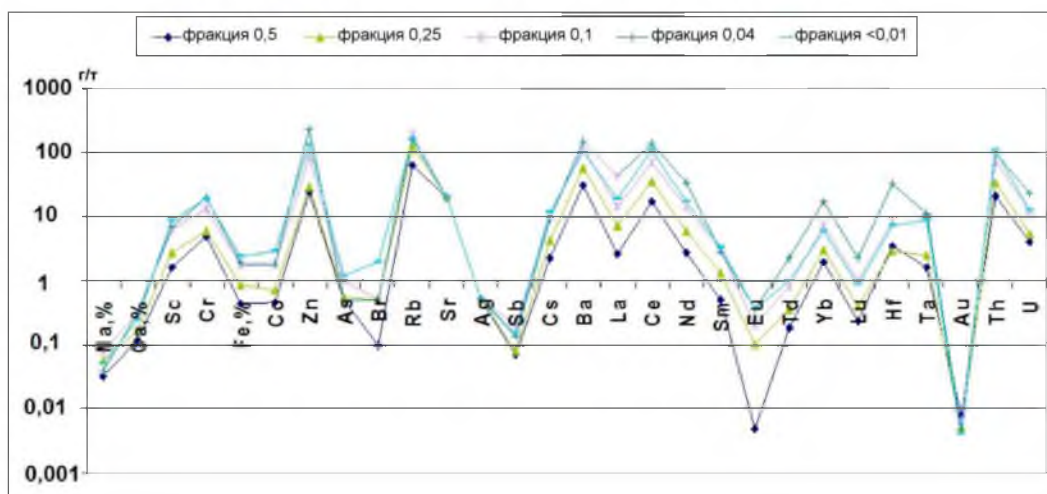


Рисунок 5 – Содержание химических элементов в различных фракциях почвы по данным ИНАА (г/т) района г. Чжухай в провинции Гуандун, логарифмическая шкала

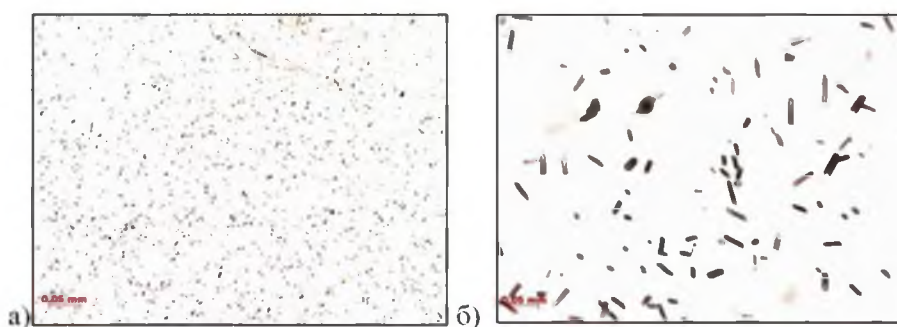


Рисунок 6 – Характер распределения урана в исследуемом образце почвы провинции Гуандун по данным f-радиографии. Детектор – слюда: а) увеличение 20х, б) увеличение 90х

Зоны дресвы и глины в корах выветривания районов г. Белокурихи и пгт. Колывань представляют собой мощный генератор ^{222}Rn в атмосферу (рисунок 7). ОАР в данных горизонтах варьирует от 250 до 400 Бк/м³ в районе г. Белокуриха и от 390 до 1000 Бк/м³ в районе пгт. Колывань.

Также перераспределение U в корах выветривания гранитов способствует его растворению и накоплению в подземных водах. Этот процесс обогащает воды Ra и Rn. В районе г. Белокуриха радиоактивность скважинной воды находится в пределах 230–445 Бк/л. В некоторых скважинах активность ^{222}Rn в воде превышает 740 Бк/л (Казначеев и др. 2011). В корах выветривания гранитов, зонах трещиноватости и повышенной проницаемости Колыванского гранитного массива формируются воды, обогащённые ^{222}Rn – 10000–45700 Бк/л (Попов, 1994Ф; Пахомов и др., 1994Ф, 2003Ф). Концентрация ^{222}Rn в грунтовых водах района г. Чжухай, которые используются в бытовых целях, находится в пределах 1300–1980 Бк/л (Chen, 2000).

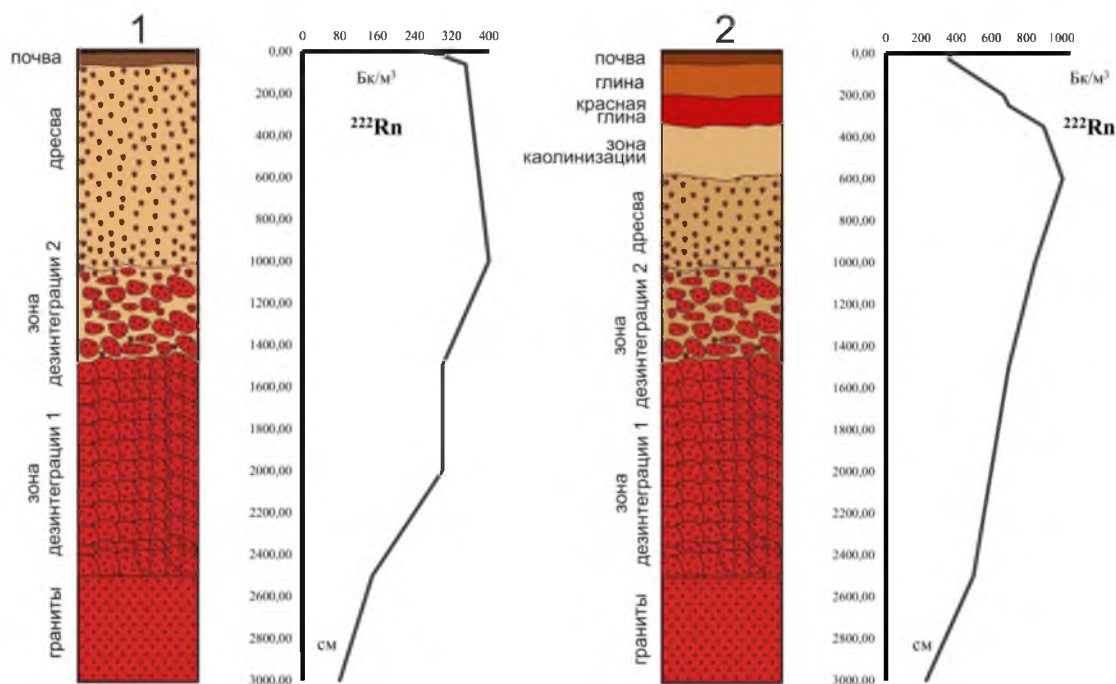
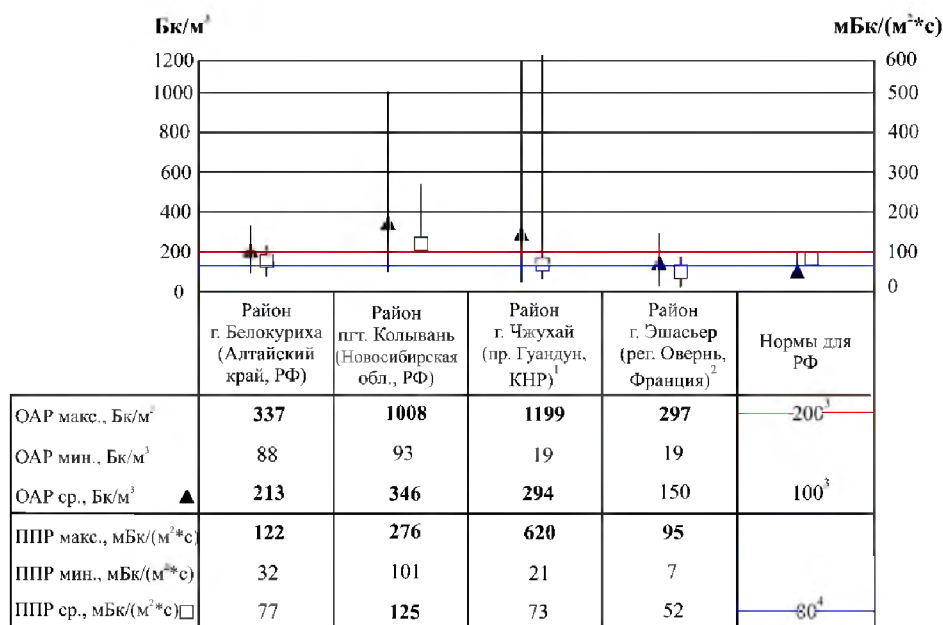


Рисунок 7 – Распределение объёмной активности ^{222}Rn в профильном разрезе гранитов, коре выветривания и почве в районах: 1 – г. Белокуриха, Алтайский край; 2 – пгт. Колывань, Новосибирская область. Прибор – радиометр «Альфарад» марки PPA-01M-01

Третье защищаемое положение. Установленные высокие концентрации U и Th в породах и почвах, повышенная плотность потока Rn и объёмная активность Rn (в районе Белокурихи – $0,08\text{--}120\text{ кБк/м}^3$, в районе Колывани – $0,09\text{--}1570\text{ кБк/м}^3$, в районе Чжухая – $0,02\text{--}1000\text{ кБк/м}^3$, в районе Эшасьер – $0,02\text{--}70\text{ кБк/м}^3$) обуславливают напряжённую радиоэкологическую обстановку и ухудшение эпидемиологического статуса населения исследуемых территорий по таким медико-статистическим параметрам, как повышенный уровень врождённых пороков развития плода ($300\text{--}1129\text{ ‰}$) и заболеваемости злокачественными новообразованиями лёгкого ($33\text{--}352\text{ ‰}$), носоглотки ($4\text{--}25\text{ ‰}$), кроветворной ткани ($6\text{--}216\text{ ‰}$) относительно мировых и российских показателей.

Обоснование данного защищаемого положения приводится в 5 и 6 главах диссертации.

В исследуемых районах отмечена **напряжённая радиоэкологическая** обстановка, связанная с распространением высокорadioактивных гранитов; зонами интенсивного выветривания гранитов, что способствует образованию горизонтов-генераторов свободного Rn в атмосферу; наличием радиоактивных аномалий и рудопроявлений U ; распространением природных вод с высоким содержанием Rn , Ra , U и использованием таких вод в быту; интенсивной эксхалацией (плотностью потока) ^{222}Rn с поверхности (рисунок 8); областями повышенного эманирования ^{222}Rn (рисунок 8); высокой активностью торона (^{220}Rn) за счёт распространения ториеносных пород; использованием строительных материалов с повышенной концентрацией ЕРЭ; значениями МЭД и ЭЭД, превышающими норму НКДАР ООН.



¹ по данным Wang et al., 2012; ² по данным Billon et al., 2005; ³ нормы радиационной безопасности (НРБ-99); ⁴ СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства»

Рисунок 8 – График данных измерений ОАР и расчёта ППР в исследуемых районах

По результатам комплексной радиоэкологической съёмки экспедицией ГПП «Берёзовгеология» ОАР в почвенном воздухе г. Белокуриха составляет 1–120 кБк/м³, в пгт. Колывань – 630–1570 кБк/м³. В зданиях также отмечаются значения ОАР, превышающие норматив НРБ-99 (Попов, 1994Ф; Пахомов и др., 1994Ф, 2003Ф).

В совокупности вышеперечисленные факторы создают ряд медико-биологических проблем у населения, проживающего на изучаемых территориях. Для анализа показателей здоровья населения были использованы статистические данные по заболеваемости ЗНО лёгкого, носоглотки, кроветворной ткани (лейкоз), а также анемиями и ВПР. Обобщающим показателем уровня заболеваемости населения является показатель числа зарегистрированных пациентов с впервые установленным диагнозом на 100 тыс. человек (‰/0000).

Доказано, что радиация имеет более высокий уровень воздействия на детей, чем на взрослых (UNSCEAR, 1993; UNSCEAR, 2000; UNSCEAR, 2009). В связи с этим приведены показатели первичной заболеваемости для различных возрастных групп населения (таблица 2). При сопоставлении уровня заболеваемости ЗНО у всех групп населения с российскими и мировыми показателями отмечаются превышения уровня заболеваемости во всех исследуемых районах.

Белокуриха, Алтайский край. При сопоставлении первичных показателей заболеваемости ЗНО в г. Белокуриха с общероссийскими и мировыми показателями отмечаются превышения уровня заболеваемости у детей (от 0 до 14 лет) в 2,8 раза. В 2015 году отмечается высокая детская заболеваемость ЗНО кроветворной ткани – 7 ‰/0000, что выше среднероссийских показателей в 2 раза. В 2015 году уровень заболеваемости

ЗНО головного мозга у детей от 0 до 14 лет составил 35 ‰, всероссийский стандарт – 2,1 ‰ (Аксель и др., 2009).

Таблица 2 – Сводная таблица показателей заболеваемости (‰) за 2010 – 2017 гг. в районах повышенного радиэкологического риска

Показатель заболеваемости на 100 тыс. населения (‰)	Белокуриха, Алтайский край, РФ	Кольвань, Новосибирская обл., РФ	Провинция Гуандун, Китай	Регион Овернь, Франция	Средний показатель по РФ	Мировой стандарт
Первичная заболеваемость ЗНО у всего населения	451	420	250 ⁴	615 ⁷	408 ^{12, 14}	242 ⁵
Первичная заболеваемость ЗНО у детей от 0 до 14 лет	36	52	20 ⁴	15 ⁸	13 ¹²	13 ¹²
Первичная заболеваемость ЗНО у взрослого населения от 18 лет	590	3 334	591 ⁴	н.д.	2400 ^{12, 14}	н.д.
Первичная заболеваемость ЗНО лёгкого у всего населения	33	352	45 ⁴	63 ⁷	41 ¹²	24 ⁵
Первичная заболеваемость ЗНО носоглотки у всего населения	7	5	11 ⁴ – 25 ¹⁶	4 ⁷	5 ¹²	1-2 ^{5,15}
Первичная заболеваемость ЗНО кроветворной ткани у всего населения	20	216	6 ¹⁸	17 ⁹	19 ¹²	14 ⁵
Первичная заболеваемость ЗНО кроветворной ткани у детей от 0 до 14 лет	7	52	3,2 ¹⁹	4,2 ⁸	3,7 ²⁰	3,8 ²⁰
Первичная заболеваемость анемиями у детей от 0 до 14 лет	1500 ¹	2 686 ³	1030 ⁶	н.д.	≈ 2 267 ¹²	≈ 3600 ¹¹
Первичная заболеваемость анемиями у взрослого населения от 18 лет	566 ¹	446 ³	1107 ⁶	н.д.	≈ 601 ¹²	≈ 1250 ¹¹
Показатели врождённых аномалий у детей до 18 лет	300 ²	897	374 - 1129 ¹⁷	н.д.	≈ 632 ¹⁰	≈ 600 ¹³

н.д.- нет данных; ¹ Доклад, 2017; ² Социально-гигиенический паспорт, 2017; ³ Государственный доклад, 2015; ⁴ Meng et al., 2016; ⁵ Jemal et al., 2014; ⁶ Xu et al., 2004; ⁷ Le cancer en Auvergne, 2015; ⁸ Isfan et al., 2007; ⁹ Atlas de la mortalité, 2012; ¹⁰ Демикова и др., 2015; ¹¹ Worldwide prevalence of anaemia, 2008; ¹² Злокачественные новообразования в России, 2018; ¹³ Hoffman et al., 2002; ¹⁴ Salem, 2006; ¹⁵ Tang et al., 2016; ¹⁶ Ho, 2017; ¹⁷ Qu et al., 2016; ¹⁸ Chen et al., 2018; ¹⁹ Ma et al., 2008; ²⁰ Аксель и др., 2009

Согласно докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Алтайском крае в 2016 году» Белокуриха отнесена к территориям «риска» относительно краевых значений по показателям заболеваемости органов дыхания (бронхитом, астмой и др.), крови и кроветворных органов (анемии и др.) и первичной инвалидности детей (Доклад..., 2017).

Снижение качества окружающей среды (загрязнение атмосферного воздуха, питьевых вод и др.) создаёт опасность неинфекционной заболеваемости. Однако, в Белокурихе в 2014–2016 гг. наблюдался низкий уровень загрязнения атмосферного воздуха, соответствующий гигиеническим нормам. Качество питьевой воды в Белокурихе соответствует санитарно-

эпидемиологическим требованиям (Социально-гигиенический паспорт..., 2017). В то же время отмечено, что в некоторых скважинах активность Rn в воде превышает 740 Бк/л. Радиоактивность газов, выделяющихся из источников с водой, находится в пределах 2430–2700 Бк/л (Казначеев и др. 2011). В связи этим, можно предположить, что основными факторами риска заболеваемости кроветворных органов, органов дыхания и ЗНО в Белокурихе могут служить повышенные ОАР (рисунок 8), радиоактивность подземных вод, используемых в быту, и МЭД до 40 мкР/ч.

Колывань, Новосибирская область. Первичная заболеваемость ЗНО у детей (от 0 до 14 лет) и взрослых (от 18 лет и старше) в пгт. Колывань Новосибирской области больше в 4 и 1,5 раза показателей по РФ, соответственно. Также в Колывани выявлены высокие уровни заболеваемости ЗНО лёгкого (в 9 раз выше показателя по РФ), кроветворной ткани у всего населения (в 11 раз выше показателя по РФ) и у детей от 0 до 14 лет (в 14 раз выше показателя по РФ). Уровень заболеваемости анемиями и ВПР среди детского населения выше стандартов по РФ в 1,5 раза. В 2015 году отмечен высокий показатель ЗНО яичка у детей от 0 до 14 лет – 26 ‰, по РФ этот стандарт не превышает 1 ‰ (Аксель и др., 2009). В государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Новосибирской области в 2014 году» указано, что Колыванский район имеет повышенный уровень заболеваемости неинфекционными болезнями, относительно других районов Новосибирской области (Государственный доклад..., 2015).

Высокие уровни заболеваемости в Колывани могут быть следствием загрязнения атмосферного воздуха в связи с близким расположением карьера по добычи радиоактивного гранита открытым способом, высокими показателями ОАР, ППР (рисунок 8), активности Rn в подземных водах (10000–45700 Бк/л) и использованием местного гранита (U – 9,6 г/т, Th – 34 г/т) и щебня в строительных целях. Там наблюдается повышенный уровень радиационного фона до 35 мкР/ч.

Гуандун, Китай. По данным Всемирной организации здравоохранения южные провинции Китая являются районами с самым высоким в мире показателем заболеваемости ЗНО носоглотки. В провинции Гуандун выявлено 11–25 случаев заболеваний ЗНО носоглотки для обоих полов на 100 тыс. населения (Meng et al., 2016; Но, 2017). В России этот показатель варьирует от 2 до 7 случаев на 100 тыс. населения, в мире – от 1 до 2 (Злокачественные новообразования..., 2018; Tang et al., 2016). В свою очередь в провинции Гуандун выявлена повышенная частота ВПР, заболеваемости ЗНО у детей и раком лёгкого среди взрослого населения.

В некоторых районах провинции наблюдаются аномально высокие показания ОАР, ППР (рисунок 8) и концентрации Rn в грунтовых водах до 1980 Бк/л (Chen, 2000). В провинции Гуандун широко распространено строительство домов из кирпичей, сделанных из местной радиоактивной глины (U – 8,5 г/т, Th – 53,4 г/т). Дополнительным фактором радиационной нагрузки на местное население в г. Чжухай может служить высокая активность торона (^{220}Rn или Tn)

– дочернего продукта ^{232}Th . Период полураспада T_p составляет 55 с, поэтому он обычно не представляет радиэкологической опасности. Однако в южно-китайских провинциях за счёт распространения ториеносных пород и почв, а также использования в строительстве глин и щебня, обогащённых ^{232}Th , наблюдается высокая активность ^{220}Rn (по данным Wang, 2012 – до 461 кБк/м³).

Овернь, Франция. Показатель ЗНО у всех групп населения во французском регионе Овернь превышает мировой стандарт в 3 раза. Онкозаболевания лёгкого отличаются повышенным уровнем относительно мировых значений и стандартизированных показателей по Франции (Le cancer en Auvergne..., 2015). Высокие содержания U (до 18 г/т) в гранитах, почвах (6,5 г/т) и, как следствие, высокий показатель ОАР (300 Бк/м³) могут выступать опасными радиэкологическими факторами, влияющими на заболеваемость населения в регионе Овернь.

К **территориям риска** по частоте заболеваемости ЗНО всех видов у детей от 0 до 14 лет можно отнести Белокуруху и Колывань, ЗНО лёгкого – Колывань, ЗНО носоглотки – провинцию Гуандун, ЗНО кроветворной ткани – Колывань. Высокий риск врождённых аномалий отмечен в Колывани и Гуандун.

Анализ зависимости показателей заболеваемости различными видами ЗНО и ВПР в исследуемых районах от радиэкологических показателей показаны на рисунках 9–11.

Устанавливается связь повышенной заболеваемости ЗНО всех видов у детей с увеличением уровня ОАР и суммы концентраций U и Th в гранитах (рисунок 9, А, Б).

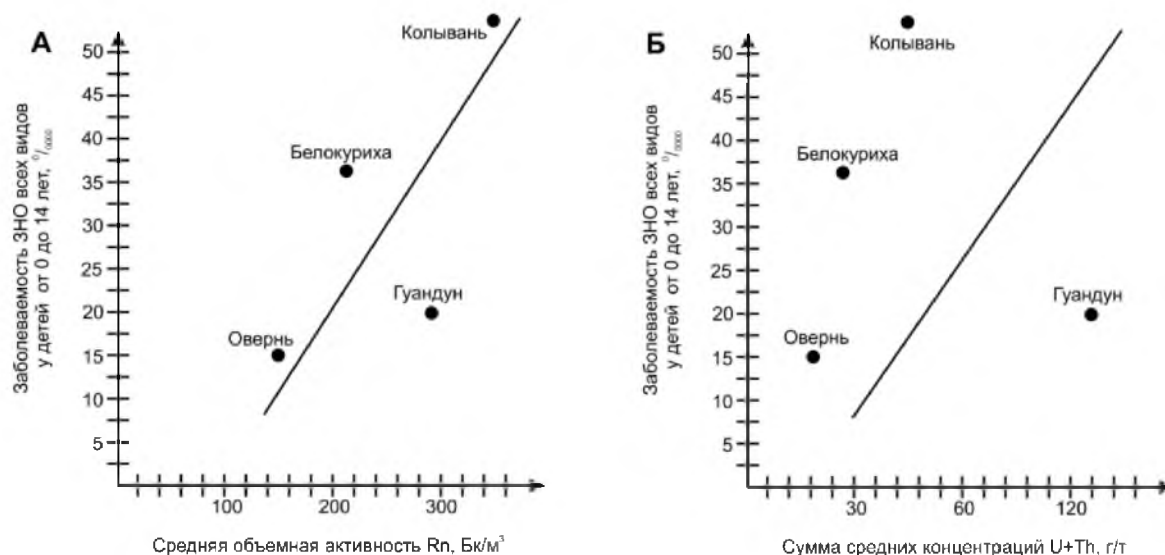


Рисунок 9 – Зависимость показателей заболеваемости ЗНО всех видов у детей от объёмной активности Rn и суммы концентраций U и Th в гранитах

Рост уровня ВПР в большей степени зависит от показателя ОАР (рисунок 10, В), чем от суммы концентраций U и Th в гранитах (рисунок 10, Г). Повышение уровня заболеваемости раком носоглотки имеет более явную зависимость от концентраций Th в гранитах (рисунок 11, Л), чем от ОАР в воздухе (рисунок 11, К). Отметим, что в организме человека одной из основных

локализаций для накопления Th является лимфоидная ткань, особенно большое количество которой, сосредоточено в области носоглотки.

Вклад естественной радиоактивности в общий комплекс факторов, влияющих на показатели заболеваемости, установить однозначно достаточно сложно. Однако необходимо учитывать воздействие радиационных рисков при оценке некоторых медико-биологических показателей здоровья населения, особенно в районах распространения радиоактивных пород.

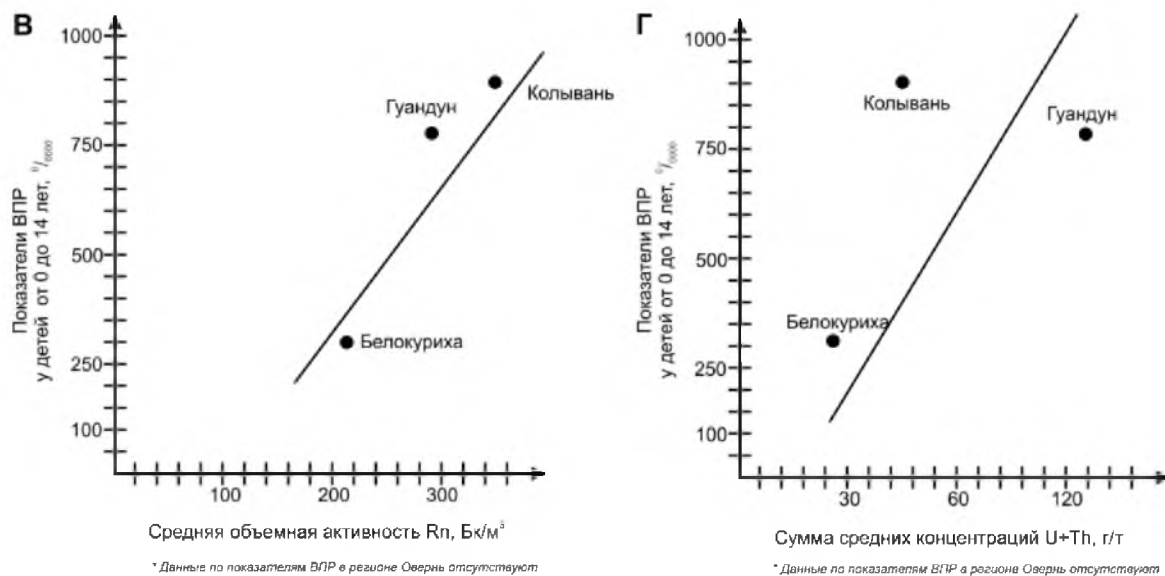


Рисунок 10 – Зависимость показателей ВПР у детей от объёмной активности Rn и суммы концентраций U и Th в гранитах

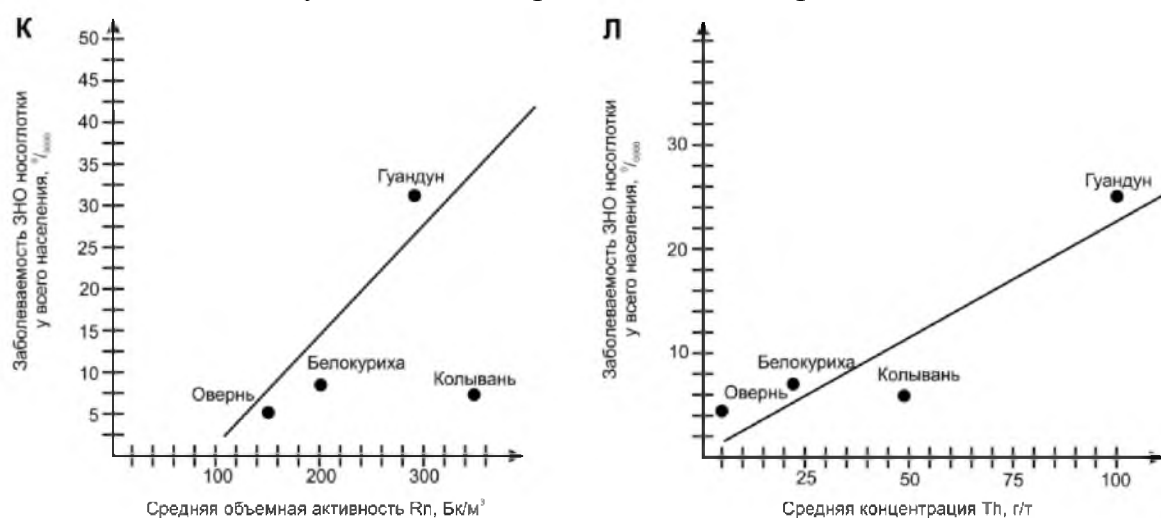


Рисунок 11 – Зависимость показателей заболеваемости ЗНО носоглотки у всего населения от объёмной активности Rn и средней концентрации Th в гранитах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На территории России (Алтайский край, Новосибирская область и др.), Франции (регион Овернь и др.), Китая (провинция Гуандун и др.) и ряда других стран существуют участки с повышенным содержанием ЕРЭ в породах, природных водах, почве. Такие области являются объектами повышенного радиационного риска.

2. Исследуемые граниты отличаются повышенной концентрацией естественных радионуклидов и относятся к различным радиогеохимическим

типам: граниты Белокурихинского и Колыванского комплексов – к высокорadioактивным редкометалльным; граниты Бувуар (г. Эшасьер, Франция) – к высокорadioактивным существенно ураноносным; граниты Чжухая (провинция Гуандун, Китай) – к высокорadioактивным ториевым.

3. Образующиеся в процессах выветривания гранитов коры выветривания и почвы наследуют радиогеохимические особенности пород, происходит формирование горизонтов, обогащённых естественными радионуклидами. Отмечается различная специфика распределения ЕРЭ по профильным разрезам в исследуемых районах. Различный уровень выщелачивания ЕРЭ из горных пород и уровни их накопления в корях выветривания и почве могут говорить о различных климатических и физико-химических обстановках, в которых формировались данные геологические образования. Однако существует общая тенденция к накоплению ЕРЭ в зонах дезинтеграции гранитов, дресвы и глины.

4. Для исследуемых образцов глинистых горизонтов, зон дресвы и почв не характерны минералы-концентраторы U. По результатам фракционного анализа определилась тенденция к наиболее интенсивному накоплению U в тонкодисперсных фракциях. Анализ глинистой составляющей кор выветривания и почв методом осколочной радиографии показал равномерное распределение треков от деления U по исследуемому образцу. Это свидетельствует о нахождении U в рассеянной форме, вероятнее всего, в виде сорбции на глинистых минералах.

5. Глинистые горизонты представляют собой мощный генератор ^{222}Rn (продукта распада ^{238}U) в атмосферу. Перераспределение U в корях выветривания гранитов способствует его растворению и накоплению в подземных водах. Этот процесс обогащает воды ^{222}Rn .

6. На исследуемых территориях выявлена напряжённая радиоэкологическая обстановка, связанная с повышенными показателями ОАР, ППР, МЭД и радиоактивности подземных вод (во всех изученных районах), а также активности торона (в г. Чжухай).

7. У населения, проживающего на территориях с повышенным естественным радиационным фоном, наблюдаются высокие уровни развития некоторых неинфекционных заболеваний. Выявлена зависимость частоты заболеваемости ЗНО и ВПР от радиоэкологических показателей.

8. К территориям риска по частоте заболеваемости ЗНО всех видов у детей от 0 до 14 лет можно отнести Белокуриху и Колывань, ЗНО лёгкого – Колывань, ЗНО носоглотки – провинцию Гуандун, ЗНО кроветворной ткани – Колывань. Высокий риск ВПР отмечен в Колывани и Гуандун.

9. В населённых пунктах, которые приурочены к областям распространения высокорadioактивных пород, следует проводить постоянный радиационный мониторинг, прежде всего регистрацию ОАР в помещениях. При использовании местных материалов (глина, гранит, щебень и др.) необходимо проводить радиометрические наблюдения. У населения, проживающего на таких местах, следует оценивать полученные дозовые нагрузки биодозиметрическими методами.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и международные реферативные базы данных и системы цитирования

1. Злобина, А.Н. Распределение радиоактивных и редкоземельных элементов в профиле почв китайской провинции Гуандун / А.Н. Злобина, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская, Н. Ванг, И.М. Фархутдинов // Почвоведение. – 2019. – № 6. – С. 701–712.
2. Злобина, А.Н. Радиоэкологическая опасность для населения в районах распространения высокорadioактивных гранитов / А.Н. Злобина, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская, И.М. Фархутдинов, Н. Ванг // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 3. – С. 111–125.
3. Zlobina, A.N. Distribution of Radioactive and Rare-Earth Elements in Ferralsols of the Guangdong Province (China) / A.N. Zlobina, L. P. Rikhvanov, N. V. Baranovskaya, N. Wang, I. M. Farhutdinov // Eurasian Soil Science. – 2019. – V. 52. – № 6. – P. 644–653.
4. Rikhvanov, L.P. The Nature of High Soil Radioactivity in Chinese Province Guangdong / L.P. Rikhvanov, A.N. Zlobina, N. Wang, I.A. Matveenko // Procedia Chemistry. – 2014. – Vol. 10. – pp. 460–466.

Публикации в других изданиях, включая сборники и материалы конференций

5. Baranovskaya N.V. The cause of Soil High Radioactivity in Chinese Province Guangdong/ N.V. Baranovskaya, L.P. Rikhvanov, A.N. Zlobina, Nanping Wang, I.A. Matveenko // Geophysical Research Abstracts. EGU General Assembly 2012. – 2012. – Vol. 14. – pp. 14195.
6. Злобина, А.Н. Высокорадиоактивные почвы китайской провинции Гуандун как продукт химического преобразования щелочных гранитов / А.Н. Злобина, Л.П. Рихванов, Н. Ван // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы Всероссийской конференции с участием иностранных ученых. – Томск: Изд-во НТЛ. – 2012. – С. 223–225.
7. Злобина, А.Н. Природа высокой радиоактивности почв китайской провинции Гуандун / А.Н. Злобина, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская, Нанпинг Ванг // Вопросы естествознания. – 2015 – №. 3(7). – С. 92–95.
8. Zlobina, A.N. Radiogeochemical and mineralogical features of soil / A.N. Zlobina, L.P. Rikhvanov, N. Wang, I.A. Matveenko // Abstracts of 2nd Global Soil Security Conference. – Paris. – 2016. – pp.100.
9. Zlobina, A.N. High natural radioactivity in the soils as a reason of radioecological problems / A.N. Zlobina , L.P. Rikhvanov , N. Wang , N.V. Baranovskaya / 7th International Conference on Medical Geology (MedGeo 2017). Conference Materials, 28 August – 01 September 2017, Moscow, Russia. – M: Publishing House of I.M. Sechenov First MSMU. – 2017. – pp. 52.
10. Злобина А.Н. Анализ показателей врожденных пороков развития у новорожденных в регионах с повышенным естественным радиационным фоном / Злобина А.Н., Фархутдинов И.М. // Доклады Башкирского университета. – 2019. – Т. 4. – № 2. – С. 158–162.