

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

Федеральное государственное унитарное предприятие
**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ И
БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ФГУП ЦНИГРИ)**



Варшавское шоссе, 129, к.1, Москва, 117545
тел/факс: (495) 313-18-18
E-mail: tsnigri@tsnigri.ru
<http://www.tsnigri.ru>
ОКПО 01423464, ОГРН 1027700474119,
ИНН/КПП 7726039988/772601001

№

на №

«УТВЕРЖДАЮ»

«30» января 2017 года

Директор, доктор геол.-мин. наук

А.И. Иванов

ОТЗЫВ ^{Щр}•

ведущей организации - Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ) - на диссертационную работу Яков'лева Евгения Юрьевича «Использование изотопно-радиогеохимических методов для поисков коренных месторождений алмазов на территории Архангельской алмазоносной провинции», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения.

Актуальность темы диссертации обусловлена принципиальной возможностью разработки радиометрического метода поиска коренных месторождений алмазов в сложных поисковых обстановках, т.е в обстановках, где искомые месторождения перекрыты сложнопостроенными осадочными толщами.

Структура и содержание работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, включает 125 страниц текста, 36 рисунков и 6 таблиц и сопровождается списком литературы из 120 наименований. Основное содержание диссертации посвящено описанию особенностей формирования высоких значений $y = \frac{234}{238}$

что связывается автором с геологическим строением околотрубочного пространства.

Во **Введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и решаемые задачи, отмечена научная новизна, практическая значимость работы, сформулированы защищаемые положения.

Глава 1 «Особенности геологического строения района» приведен краткий очерк о геологическом строении Архангельской алмазоносной провинции. Изложены также представления об особенностях строения Зимнебережного алмазоносного района. Рассмотрены проблемы применения традиционных методов поисков кимберлитовых трубок на территории Архангельской алмазоносной провинции.

Глава 2 «Предпосылки применения радиометрических методов при поисках кимберлитовых тел». В главе приводятся краткие сведения о свойствах естественных радиоактивных элементов, отмечено, что наиболее распространенными и практически значимыми радионуклидами являются изотопы: U, Th, Ra, Rn и изотоп ^{40}K . В 1954 году было установлено, что практически вся гидросфера Земли обладает избытком изотопа урана-234 (т.н. эффект Чердынцева-Чалова). Изотопный состав урана в мировом океане имеет постоянную величину $y^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 1.14$, в поверхностных водах большинства регионов Земли варьирует в пределах 1.10-1.40. В тоже время ранее было отмечено, что исследования изотопного состава в кимберлитах и вмещающих породах показали нарушения изотопного равновесия урана в сторону увеличения активности дочернего изотопа ^{234}U . Данные наблюдения и легли в основу предлагаемого метода поисков кимберлитов. В данной главе приводятся также сведения о содержаниях радиоактивных элементов в кимберлитах, а также о применяющихся в настоящее время гамма-спектрометрических методах поисков в аэроварианте.

Глава 3 «Методика исследований». В главе приводится описание основных методов исследований. Лабораторные методы включали альфа-спектрометрию, гамма-спектрометрию, а также полевые гамма-спектрометрические исследования и радоновую съемку.

Глава 4 «Неравновесный уран в околотрубочном пространстве кимберлитовых тел Зимнебережного района». В главе рассматриваются вариации изотопного состава урана в кимберлитах и вмещающих отложениях, а также в поверхностных и подземных водах. Показано, что при приближении к границам трубки наблюдается резкое нарушение изотопного равновесия урана до 357%. Сделан вывод о том, что изотопный сдвиг свидетельствует об активных процессах фракционирования урана в породах околотрубочного пространства, что обуславливает вероятность обнаружения аналогичного эффекта в природных водах Зимнего берега.

Детально изменение величины отношения четных изотопов урана в подземных водах было исследовано в пределах трубок Архангельская, Карпинского-1, Карпинского-2. Было установлено, что к границам кимберлитовых трубок наблюдается увеличение избытка изотопа ^{234}U . Ореол неравновесного урана формирует вокруг трубок аномалию концентрической формы.

По результатам проведенных исследований автор обосновал возможности использования величины $y = \frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}}$ в качестве поискового признака кимберлитовых трубок.

Глава 5 «Распределение радиоактивных элементов во вмещающих и перекрывающих отложениях кимберлитовых тел Зимнебережного района». В главе приводятся результаты работ в пределах Золотицкого и Чидвинско-Ижмозерского кимберлитовых полей. Рассматриваются результаты исследований распределения естественных радиоактивных элементов (U, Th, Ra, K) а также объемной активности радона (^{222}Rn) ВО вмещающих и перекрывающих породах кимберлитовых трубок Зимнебережного района. В главе справедливо отмечено, что в условиях Зимнебережного района установление радиогеохимической специализации является нетривиальной задачей, так как кимберлитовые трубки перекрыты мощной толщей осадочных

отложений, которые создают большое количество помех. Это значительно снижает поисковую значимость радиометрических методов. В частности, автором отмечено, что на основе аэрогаммаспектрометрии выделить аномалии, связанные с трубками, затруднительно. Для решения указанной проблемы автор предлагает использовать высокоточную гамма-спектрометрическую съемку, что достигается использованием высокоразрешающих детекторов и приближении их к объекту исследования. Отмечено, что интерпретация получаемых радиоизотопных данных должна производиться с учетом геологических предпосылок формирования тех или иных радиоактивных аномалий ЕРЭ. Основная роль отводится геохимическим барьерам, в частности подобным барьером могут выступать сами кимберлитовые трубки. Гамма-спектрометрическими исследованиями в околотрубочном пространстве установлено повышенное содержание радиоэлементов по отношению к фоновым значениям, что хорошо проиллюстрировано на рисунках. Кроме того, автором показано распределение суммарной гамма-активности, аддитивного или мультипликативного показателей по содержанию тория, калия и урана по площади Золотицкого кимберлитового поля. Выявленные закономерности автором связываются с миграцией радиоактивных элементов по разломам, контролирующим размещение кимберлитов.

В главе также приводятся результаты измерения объемной активности радона (ОАР), которые позволили установить активную миграцию радона в пределах кимберлитовых тел Золотицкого поля с формированием аномалий ОАР над трубками.

Результаты, полученные на основе исследований кимберлитовых трубок месторождения алмазов им. Ломоносова, входящих в состав Золотицкого кимберлитового поля, были апробированы при работах над трубкой Чидвинской, входящей в состав Чидвинско-Ижмозерского поля. Здесь проводилось опробование по поверхности. В результате было установлено, что характер распределения урана не однозначен, явной приуроченности к контуру трубки не наблюдается. Отмечено, что, в целом, трубка Чидвинская выделяется повышенными значениями гамма-поля, а также содержанием калия на фоне вмещающих отложений. Распределение концентраций тория и урана фрагментарно. Анализ приводимого рисунка не позволяет определить положение трубки.

Измерения ОАР в почвенном воздухе на трубке Чидвинская показали аномальное увеличение концентрации радона на её границах.

В Заключении приведены основные выводы, сделанные автором диссертационной работы.

Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Соискателем на защиту вынесены три основных положения.

1. Вмещающие породы околотрубочного пространства кимберлитов выделяются по возрастанию изотопного отношения урана $\gamma = {}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ в сторону увеличения активности изотопа ${}^{234}\text{U}$ по отношению к ${}^{238}\text{U}$, что в свою очередь отражается на формировании аномальных избытков ${}^{234}\text{U}$ в подземных водах (до $\gamma > 4$), циркулирующих в околотрубочном пространстве кимберлитовых трубок Архангельской алмазоносной провинции.

Обоснование этого положения приведено в главах 4 и 5 диссертации. Положение разработано на основании исследований околотрубочного пространства кимберлитовых трубок, входящих в состав месторождения алмазов им. Ломоносова. Причиной резкого нарушения изотопного состава урана в породах околотрубочного пространства соискатель

связывает со структурно-геологическими особенностями самих кимберлитовых трубок, т.е. с наличием тектонических нарушений на контактах трубок. Также отмечается, что закономерности распределения избытков изотопа ^{214}U хорошо согласуются с данными по тектоническим и вещественным изменениям в породах околотрубочного пространства, которые отмечались другими исследователями.

Наиболее подробные материалы для доказательства первого положения были получены автором при работах в карьере трубки Архангельская. Отмечено, что в горных породах возрастом более 1 млн. лет должна наблюдаться близкая к равновесной величина u по причине преимущественного распада радиогенных атомов урана-234. В результате исследований было установлено, что автолитовая брекчия и туфогенно-осадочные породы кратерной фации характеризуются равновесным изотопным составом урана. То же касается перекрывающих отложений среднего карбона и четвертичных отложений, возраст которых составляет не более 14 тыс. лет. Эмпирически доказан факт того, что на контактах кимберлитовых трубок Золотицкого куста тел имеет место нарушение изотопного равновесия, которое связано с деятельностью подземных вод, приводящим к подобному нарушению на соответствующих геохимических барьерах, которыми являются контакты трубок и вмещающих пород.

2. Структурно-геологические особенности кимберлитовых трубок Архангельской алмазоносной провинции обуславливают накопление естественных радиоактивных элементов U, Th, K в околотрубочном пространстве кимберлитов и рудоконтролирующих зонах, что отражается в формировании ореолов повышенных по отношению к фону концентраций U, Th, K в перекрывающих трубки отложениях, трассирующих кимберлитовмещающие структуры.

Обоснованию этих выводов посвящена глава 5 диссертации. Автором справедливо отмечено, что четкой приуроченности к кимберлитовым трубкам ореолов рассеяния радиоактивных элементов в перекрывающих отложениях на территории Архангельской алмазоносной провинции не установлено. Резкое нарушение изотопного состава урана в околотрубочном пространстве подробно рассмотрено автором при обосновании первого тезиса. При обосновании второго тезиса диссертант попытался объяснить причину концентрации ЕРЭ в околотрубочном пространстве. Данное явление им связывается с наличием восстановительных условий в околотрубочном пространстве под действием щелочных флюидов при внедрении кимберлитовой магмы. Кимберлитовое тело при этом выступало как геохимический барьер. Следует отметить, что в осадочном чехле имеет место множество геохимических барьеров, особенно их много в составе четвертичной ледниковой толщи. Современный этап накопления урана устанавливается по резкому неравновесию изотопного соотношения урана $^{214}\text{U}/^{238}\text{U}$, причем отклонения от равновесия свидетельствуют о миграции дочернего изотопа за последние 1 млн. лет. Миграция осуществляется подземными водами по зонам трещиноватости. Собственно рассуждения о движении подземных вод послужили основанием для предположения о вероятности обнаружения радиоактивных аномалий в перекрывающих кимберлиты осадках. Данные вопросы рассмотрены в 5 главе диссертации.

Следует отметить, что серьезным недостатком работы является то, что автор не показал распределение гамма-активности по разновозрастным срезам перекрывающих отложений, что можно было бы сделать в карьере трубки Архангельская и трубок им. Карпинского. Показано только распределение суммарной гамма-активности по площади всего Золотицкого куста трубок. При этом абсолютной однозначности эти материалы не показывают. Еще более неоднозначные материалы были получены при работах на Чидвинской трубке. Миграция радиоактивных элементов может осуществляться и по

разломам, контролирующим размещение трубок. Автор справедливо отмечает, что данный вопрос требует отдельного внимания. Но, с точки зрения рецензентов, требует дополнительного внимания также возможность привноса радиоактивных элементов с Кольского полуострова ледниками, а также последствия термоядерных взрывов на Новой Земле, т.к. эти факторы могут непосредственно влиять на результаты замеров на поверхности и приводить к обнаружению значительного количества ложных аномалий, с чем часто сталкиваются при проведении аэрогаммаспектрометрии.

3. Разрывные нарушения, сопровождающие экзоконтакты кимберлитов, обуславливают аномальную объемную активность радона-222, которая фиксируется в почвенном воздухе над кимберлитовыми телами.

Это защищаемое положение обосновывается в главе 5 данной работы. К сожалению, формулировка защищаемого положения крайне неудачна, т.к. по эманациям радона ведется картирование разломных зон. В этом нет ничего нового.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- в породах околотрубочного пространства установлены избытки изотопа ^{234}U ; формирование высоких значений $y = \frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}}$ обусловлено геологическим строением околотрубочного пространства;

- установлено, что подземные воды, циркулирующие в околотрубочном пространстве кимберлитовых тел, сопровождаются аномальными активностями дочернего изотопа ^{234}Th по отношению к ^{238}U ;

- выявлено, что повышенные по отношению к фону концентрации радиоэлементов в околотрубочном пространстве формируют аномалии гамма-поля в перекрывающих трубки отложениях.

Практическую ценность имеют следующие результаты исследования:

- показана возможность применения изотопно-геохимических методов при разработке методики поисков алмазных месторождений в пределах "закрытых" территорий, т.е. территорий, где срез кимберлитовмещающих пород перекрыт мощными толщами более молодых осадков.

Обоснованность результатов исследования в целом Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались в рамках научных конференций различного уровня: IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, 2015); XII Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» (МГРИ-РГГУ, Москва, 2015); III Всероссийская молодежная научная конференция « Байкальская молодежная научная конференция по геологии и геофизике» (Улан-Удэ, 2015); Всероссийская конференция с международным участием «Экология-2015» (ИЭПС УрО РАН, Архангельск, 2015); ESIR Isotope Workshop XIII (Загреб, 2015)» V Российская молодежная научно-практическая Школа с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования» (ИГЕМ РАН, Москва, 2015); XV Всероссийская конференция «Современные исследования в геологии» (СПбГУ, Санкт-Петербург, 2016); VIII Международная научная конференция «Молодые -наукам о Земле» (МГРИ-РГГРУ, Москва, 2016); V международная конференция «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека» (ТПУ, Томск, 2016).

По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, из них 3 в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ Министерства образования и науки РФ.

Достоверность результатов исследования обеспечивается большим фактическим материалом, полученным автором в процессе полевых и лабораторных исследований с применением высокоточной радиометрической аппаратуры. Лабораторные исследования выполнялись в аккредитованной лаборатории экологической радиологии Института геодинамики и геологии ФГБУН ФИЦКИА по методикам ФГБУ ВИС.

Автореферат содержит все необходимые сведения о диссертационном исследовании, обоснование всех трёх защищаемых положений, список работ соискателя по теме диссертационного исследования и соответствует основному содержанию диссертации.

Содержание диссертации соответствует области исследования паспорта специальности 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения, пункт 4 - «современные методы поисков и разведки полезных ископаемых».

Замечания к диссертации и автореферату.

1. Соискателем не проведены работы на участках, где в схожей поисковой обстановке заведомо отсутствуют кимберлиты, что не позволяет оценить поисковую значимость данных, полученных на эталонных объектах.

2. Полностью отсутствуют рекомендации по сети опробования, т.е. по масштабу работ, необходимых для выявления кимберлитовых трубок.

3. Не показано распределение неравновесного урана по разновозрастным срезам осадочных толщ, перекрывающих кимберлиты, что затрудняет понимание механизмов миграции урана и особенно возможных причин появления неравновесного урана в молодых четвертичных (ледниковых) осадках, в составе которых присутствует значительное количество геохимических барьеров.

Заключение

Диссертационная работа Е.Ю. Яковлева на тему «Использование изотопно-радиогеохимических методов для поисков коренных месторождений алмазов на территории Архангельской алмазоносной провинции» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством доктора геолого-минералогических наук Г.П. Киселева, содержащей решение задачи по оценке возможностей разработки методики поисков коренных месторождений алмазов на основе изотопно-радиогеохимических методов, имеющей значение для развития раздела «геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых, минерагения» геолого-минералогической отрасли наук.

Диссертация соответствует критериям Положения о порядке присуждения учёных степеней, а соискатель Яковлев Евгений Юрьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 - Геология, поиски и разведка твёрдых полезных ископаемых; минерагения.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании Секции геологии Учёного совета ФГУП ЦНИГРИ, протокол № 1 от 30.01. 2017 г.

Зав.отделом алмазов, канд.геол.-мин.наук

Ю.К. Голубев

Зав. отделом минералогии
и изотопной геохимии, канд.геол.-мин.наук

С.Г.Кряжев

Подписи Ю.К. Голубева и С.Г.Кряжева удостоверяю:

Ученый секретарь ФГУП ЦНИГРИ

А.Н. Щендригин

