

## Отзыв

официального оппонента на кандидатскую диссертацию **Евгения Юрьевича ЯКОВЛЕВА** «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗОТОПНО-РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОИСКОВ КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ АЛМАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ», представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11. – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

В диссертационной работе Евгения Юрьевича Яковлева поставлена весьма актуальная задача как в научном, так и в прикладном смысле – на основе изучения поведения природных радионуклидов в кимберлитовых телах и в околотрубочном пространстве, разработать дополнительные поисково-оценочные критерии на выявление алмазоносных трубок взрыва.

**Целью** диссертации является исследование систем радиоактивных изотопов, их активности и пространственного распределения в породах и водах на территории Архангельской алмазоносной провинции для установления связи с геологическим строением территории и околотрубочного пространства кимберлитов и разработки методов поисков коренных источников алмазов.

**Актуальность и практическую значимость** исследований трудно переоценить. В настоящее время существует весьма ограниченный набор поисково-оценочных критериев для выявления алмазоносных кимберлитов, каждый из которых не является необходимым и достаточным условием для успешного результата. Даже общепризнанные критерии, такие, как магнитные аномалии, являются далеко не обязательными, особенно в Архангельской провинции. Как справедливо отметил диссертант, эффективность заверки магнитных аномалий с 80-х годов прошлого столетия снизилась к настоящему времени с 20 до 0,5%. В этих условиях любой дополнительный поисково-оценочный признак, даже не прямой, является существенным вкладом в повышение эффективности геологоразведочных работ на алмазы.

**Новизна** работы обусловлена отсутствием до настоящего момента столь детально проработанных и обоснованных результатов изучения поведения природных радионуклидов, в том числе на изотопном уровне, применительно к алмазоносным телам Архангельской провинции. Большое внимание уделено методическим аспектам исследований, что будет востребованным при практическом применении предложенных критериев. Основными научными результатами работы, обусловившими ее новизну,



является обогащение как пород, так и подземных вод изотопом  $^{234}\text{U}$  по отношению  $^{238}\text{U}$  и общие повышенные содержания U, Th и K в ближайшем экзоконтакте трубок взрыва, а также отчетливые радоновые аномалии по контакту трубочных тел. Эти признаки являются новыми дополнительными поисково-оценочными критериями, предложенными автором.

Научные положения, защищаемые диссертантом, **полностью обоснованы** обширным фактическим материалом, представляющим собой результаты широкого спектра аналитических исследований (гамма-спектрометрии, радоновой съемки и альфа-спектрометрии с радиохимическим выделением) и, прежде всего, его достоверной интерпретацией на основе имеющихся геологических данных о строении кимберлитовых тел. Все полевые и аналитические исследования, а также их интерпретация выполнены автором самостоятельно, под руководством д.г.-м.н. Г.П. Киселёва, что определяет безусловный **личный вклад** диссертанта в результаты этих работ.

Результаты работы **апробированы** на 9 международных и всероссийских научных конференциях и опубликованы в 15 печатных работах, в том числе в трех статьях, изданных в реферируемых журналах из перечня ВАК.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 120 наименований, содержит 125 страниц текста, включая 6 таблиц и 36 рисунков.

Во **введении** обосновывается актуальность темы диссертации, указываются цель и задачи, приводятся данные по фактическому материалу и структуре работы, формулируются защищаемые положения.

В **первой главе** представлен краткий очерк о геологическом строении Архангельской алмазоносной провинции (ААП). Рассмотрены основные негативные факторы, затрудняющие использование традиционных методов поисков кимберлитовых трубок на территории ААП. Делается основной вывод о том, что перспективным направлением в развитии поисковых методов на территории провинции выступает выделение кимберлитоконтролирующих структур и выявление вещественных и тектонических признаков околотрубочного пространства в разрезах поисковых скважин.

Во **второй главе** рассмотрены основные свойства и особенности распределения радиоактивных элементов в пределах ААП. Особое внимание уделено рассмотрению четных изотопов урана в природных средах и их индикаторному значению при исследовании геологических процессов. Рассмотрены существующие данные об особенностях распределения радиоактивных элементов и неравновесного урана в районах развития кимберлитового магматизма. Сделан вывод о перспективности развития радиометрических методов для поисков кимберлитовых тел на территории провинции.



**Третья глава** посвящена описанию методов полевых и лабораторных исследований – альфа- и гамма-спектрометрии, а также эманационных исследований. Детальность изложения материала (на 12 страницах) достаточна для понимания основных особенностей использования применяемых методик.

В **четвертой главе** представлены результаты исследований изотопного состава урана в кимберлитах, вмещающих породах, поверхностных и подземных водах Золотицкого поля ААП. Сделан вывод о том, что околотрубочное пространство кимберлитов характеризуется повышенными относительно фона величинами изотопного отношения урана  $\gamma = {}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ , которые обусловлены наличием проницаемых трещинных зон.

Основное замечание оппонента касается интерпретации аномально высоких значений  $\gamma$  (до 7.8) в подземных водах в пределах куста трубок Архангельская, Карпинского-1 и Карпинского-2 (рис. 4.13 на стр. 82). Автор интерпретирует эту аномалию лишь как признак повышенной тектонической нарушенности пород в экзоконтактах трубок, что в целом верно для трубочных тел ААП. Однако в данном случае обращают на себя внимание относительно низкие для данной площади значения  $\gamma$  в пробах вод (3.5-4) вблизи трубки Карпинского-2, расположенные от нее на расстоянии не более 200 м, и высокие (7 и выше) – в пробах между трубками Архангельская и Карпинского-1, которые расположены значительно дальше от трубок (500-700 м).

При интерпретации автор упускает из виду, что две последние трубки, в отличие от Карпинского-2, вскрыты карьерами, а это создает депрессионные воронки при понижении уровня грунтовых вод, приводит к их повышенной аэрации. Повышение окислительного потенциала грунтовых вод, в свою очередь, обуславливает повышение миграционной способности урана (окисление  $\text{U}^{4+} \rightarrow \text{U}^{6+}$ ). Это побуждает к переходу бóльших количеств урана в раствор, что повышает в нем долю  ${}^{234}\text{U}$  относительно  ${}^{238}\text{U}$ , то есть повышает значения  $\gamma$ .

Это замечание иллюстрирует тот факт, что изотопный сдвиг в пользу  ${}^{234}\text{U}$ , как и все другие выявленные критерии (повышение валовых содержаний U, Th и K, повышенные эманации радона в экзоконтакте трубок), является не прямыми, а косвенными признаками кимберлитовых тел. Эти показатели являются прямыми признаками зон разломов, контролирующих также кимберлитовые тела, и зон повышенной тектонической нарушенности пород в экзоконтактах последних. Однако данный случай показывает, что не только природные факторы (зоны тектонической нарушенности), но и также и антропогенное воздействие (карьерная отработка месторождений) влияют на



радиохимические показатели как горных пород, так и подземных вод. Всё это необходимо учитывать при интерпретации данных радиометрических исследований.

Данное замечание не опровергает сделанных диссертантом выводов, поскольку даже минимальные значения  $\gamma$  вблизи трубки Карпинского-2 являются аномальными относительно регионального фона (1.1–1.8) и свидетельствуют о наличии проницаемых зон, которые потенциально могут контролировать размещение алмазоносных трубок.

В **пятой главе** представлены результаты исследования распределения природных радионуклидов, а также объемной активности радона во вмещающих и перекрывающих породах кимберлитовых трубок Зимнебережного района. Сделан вывод о повышенном относительно фона содержании U, Th и K в околотрубочном пространстве, что вызвано миграцией радиоактивных элементов по разломам, контролирующим размещение кимберлитов. В почвенном воздухе на границах кимберлитовых тел установлены аномальные значения радона, что обусловлено теми же причинами.

Основное замечание в данном разделе относится к предположению автора о том, что повышение содержаний природных радионуклидов в экзоконтакте трубок могло быть вызвано двумя факторами: (1) обогащение радионуклидами вмещающих пород при внедрении кимберлитовой магмы в верхние части земной коры, и (2) миграция радионуклидов по тектонически ослабленным зонам после кристаллизации магмы, прежде всего в экзогенных условиях. По мнению оппонента, первый фактор не мог играть заметной роли, поскольку ни кимберлитовая магма, ни вмещающие породы не были обогащены ураном и другими радиоактивными элементами, поэтому их перераспределение, даже если и происходило, не могло дать заметных аномалий. Скорее всего, второй фактор является доминирующим.

В **заключении** приведены основные выводы по диссертационной работе.

Основное замечание по структуре диссертационной работы заключается в том, что тезисные положения сформулированы только во введении, и трудно понять какие главы работы являются обоснованием тех или иных положений. Этого не указано и во введении. По факту получается, что первое защищаемое положение обосновано в главе 4, второе положение – в подразделе 5.1 и половине подраздела 5.2 главы 5, а третье положение – во второй половине подраздела 5.2. Это привело к отсутствию структурной стройности работы.

Из мелких замечаний можно отметить некоторые ошибки в условных обозначениях (рис. 1.1 и 4.12), отсутствие в списке литературы некоторых ссылок (Киселев и др., 2013), а также незначительное количество опечаток.

Автореферат отвечает содержанию диссертационной работы, хорошо иллюстрирован. Текст диссертационной работы и автореферата написан ясным литературным языком, легко читается.

Диссертационная работа «**Использование изотопно-радиогеохимических методов для поисков коренных месторождений алмазов на территории Архангельской алмазоносной провинции**» является законченным научным трудом, с обоснованными и доказанными защищаемыми положениями. Эта работа удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а направление исследований соответствует заявленной специальности 25.00.11. Ее автор, **Яковлев Евгений Юрьевич**, заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

119017, Москва, Старомонетный пер., 35  
 Ведущий научный сотрудник Лаборатории  
 радиогеологии и радиогеоэкологии  
 Института геологии рудных месторождений,  
 петрографии, минералогии и геохимии  
 (ИГЕМ РАН), к.г.-м.н.  
 тел: +7-(499)-230-8233  
 email: alexei.aleshin@gmail.com



А.П. Алешин

01.02.2017

