



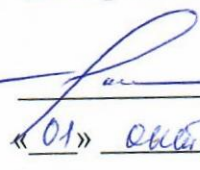
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(КарНЦ РАН)

ул. Пушкинская, 11, г. Петрозаводск, 185910
тел. (8142) 76-97-10, 76-60-40, факс 76-96-00 E-mail: krcras@krc.karelia.ru
ОКПО 02700018, ОГРН 1021000531133 ИНН/КПП 1001041594/100101001

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Генерального директора
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Федеральный исследовательский
центр «Карельский научный центр
Российской академии наук»
член-корреспондент РАН
доктор биологических наук




О.Н. Бахмет
«01» сентября 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», на диссертационную работу Яковлева Евгения Юрьевича «Изотопно-радиогеохимические методы оценки геоэкологической обстановки западного сектора Российской Арктики», представленную на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология

Актуальность темы, цель и задачи исследования

Диссертационная работа Яковлева Евгения Юрьевича посвящена разработке методологии анализа радиационного состояния арктических экосистем, путей миграции и накопления радиоактивных изотопов и оценке природно-техногенных источников радиационного загрязнения на территории западного сектора Российской Арктики. В указанном регионе расположен атомный полигон на Новой Земле, функционируют ядерные установки и атомный флот, а также производится активная добыча минеральных ресурсов, которые обеспечивают поступление как техногенных

радионуклидов во все элементы ландшафта – поверхностные и подземные воды, почвы и донные отложения, живые организмы. Кроме того, рассматривается проблематика поступления радиоактивных изотопов, связанных с горнотехнической деятельностью, главным образом добычей алмазов из кимберлитовых трубок, а также деградацией многолетнемерзлых пород на южной границе криолитозоны. По мнению автора, на базе изотопно-радиогеохимических методов возможно изучение комплекса экологических проблем и оценки радиационно-экологических параметров компонентов окружающей среды. В работе предлагается рассматривать экологическую ситуацию западного сектора Российской Арктики с точки зрения радиоэкологической обстановки, как основы для принятия управленческих решений при активном хозяйственном освоении Арктических территорий, происходящих в настоящее время. В связи с изложенным актуальность темы исследований не вызывает сомнений, тем более что особое значение в этом случае имеют методические разработки проблемы.

Цель диссертационного исследования заявлена как разработка подходов, позволяющих использовать изотопно-радиогеохимические методы при исследовании закономерностей протекания природных и техногенных процессов и прогнозирования изменения экосистем на основе оценки радиационно-экологических параметров компонентов окружающей среды. Следует отметить, что цель исследования заключается в том, что предлагаются новые подходы, позволяющие использовать изотопно-радиогеохимические методы для оценки радиационно-экологических параметров, а это является общепринятым. При ознакомлении с работой можно заключить, что автор, вероятно, имел в виду новый подход к выявлению закономерностей протекания некоторых процессов и прогнозированию состояния экосистем на основе радиационно-экологических параметров компонентов окружающей среды, полученных комплексом изотопно-радиогеохимических методов. Также было бы полезным показать основную гипотезу (гипотезы) исследования.

В общем виде поставленные задачи понятны, однако неясно сформулированы. Первая задача касается определения уровня активности радионуклидов для ландшафтов, при этом не учитываются систематические единицы, в результате в одном предложении на одном уровне рассматриваются болотные экосистемы и донные осадки. Во второй задаче планируется «выявить источники поступления радионуклидов... в объектах природной среды Западного сектора Российской Арктики». Объект природной среды – это естественная экологическая система, в том числе атмосферный воздух или животный мир. Очевидно, что представленная работа имеет несколько меньший масштаб

исследований, и имеет дело с компонентами ландшафта. Третья задача предполагает «оценить влияние горнотехнической деятельности и климатических изменений, связанных...с загрязнением природной среды». На наш взгляд включать в одну задачу столь масштабные и разнородные процессы не следует. Четвертая задача, по-видимому, наиболее точно соответствует поставленной цели исследований по разработке новых подходов. Пятую задачу следует рассматривать как прикладную, имеющую потенциал при реализации планировании социально-экономического развития региона.

Научная новизна и практическая значимость исследований

Автором получены новые данные о характере распределения естественных и антропогенных радионуклидов в торфяных отложениях Западного сектора Российской Арктики, предложены методические подходы к датированию ^{210}Pb торфяных отложений, впервые получены данные о хронологии и скорости накопления торфа методом ^{210}Pb датирования. Декларируется, что по данным изотопно-радиогеохимических методов возможно количественно оценить поток загрязняющих веществ, уточнить данные о торфонакоплении и депонировании углерода торфом. Установлены закономерности накопления радионуклидов в донных отложениях рек районов добычи алмазов, поступающих из сапонитов и предложен комплекс экологической оценки районов добычи алмазов. Показано, что деградация криолитозоны под воздействием климатических изменений, приводит к трансформации естественного радиационного фона, выраженное в увеличении эманаии радона и накоплении ^{234}U в подземных водах. Впервые для Архангельской алмазоносной провинции установлены закономерности распределения изотопов уранового ряда в основных типах пород кимберлитового поля. Определены механизмы накопления радиоактивных элементов в экзоконтактах трубок взрыва и исследован вертикальный перенос свободного радона, который может служить поисковым признаком для структур, контролирующих залегания кимберлитовых тел.

Все полученные новые данные, безусловно, имеют прикладное и методическое значение. Однако автором не совсем правильно были приведены результаты относительно их новизны и практической значимости. Например, в качестве новизны были показаны подходы к определению загрязнений и экологическому мониторингу, а также предложен способ поиска кимберлитовых трубок. При этом в разделе практические результаты автор не полностью обосновал направление по использованию изотопно-радиогеохимической информации для разработки программ устойчивого развития Арктической зоны РФ.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Изотопно-радиогеохимические методы, основанные на оценке распределения и миграции радионуклидов естественного и антропогенного происхождения в компонентах природной среды Западного сектора Российской Арктики, их изотопных и атомных отношений, позволяют выполнить идентификацию источников загрязнения, использовать радионуклиды в качестве хронометрических маркеров, определить их биологическое воздействие и выполнить прогноз изменения радиоэкологической обстановки под влиянием природных и техногенных факторов.

2. Использование изотопно-радиогеохимических методов позволяет выполнить количественную оценку воздействия горнотехнической деятельности на объекты окружающей среды, связанные с трансформацией радионуклидного и химического состава водных экосистем Западного сектора Российской Арктики.

3. Радиоактивные изотопы уранового ряда ^{238}U отражают процессы деградации многолетней мерзлоты и могут быть использованы в качестве трассеров при исследовании состояния криолитозоны и оценки радиационного качества подземных вод.

4. Выявленные закономерности распределения радионуклидов уранового ряда (уран-радий-радон) в осадочном чехле областей развития кимберлитового магматизма являются дополнительными признаками для поисков структур, контролирующих трубки взрыва и прогнозирования радоноопасности северных территорий.

Первое защищаемое положение, по нашему мнению, является частично избыточным и неточным, хотелось бы видеть более строгие формулировки. Например, изотопно-радиогеохимические методы основаны на исследовании содержания и соотношений радиоактивных и стабильных изотопов отдельных химических элементов, а не оценке распределения и миграции радионуклидов. Вероятно, речь идет о разработанном подходе (как было указано в цели исследований) основанном на оценке распределения и миграции радионуклидов в природной среде изотопно-радиогеохимическими методами, который позволяет выполнить идентификацию источников загрязнения, использовать радионуклиды в качестве хронометрических маркеров и т.д. Кроме того, заявленный в положении прогноз изменения радиоэкологической обстановки не является полностью раскрытым и доказанным. Второе защищаемое положение содержит слишком широкое обобщение, при том, что количественная оценка была выполнена только для горнотехнической деятельности, связанной с добычей алмазов, а в Западном секторе Российской Арктики развита,

например, добыча железной руды. В заключительном защищаемом положении неясен смысл выражения «прогнозирования радоноопасности северных территорий», потому что поиск геологических структур и прогнозирование – это разные задачи, которые подразумевают различные комплексы методов. Кроме того, неясно понятие «северные территории», северные территории западного сектора Российской Арктики или Архангельской области?

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения и списка литературы, включающего 708 наименований. Содержание работы изложено на 311 страницах, включая 77 рисунков и 8 таблицы. При ознакомлении с работой отметили, что затекстовые ссылки оформлены по правилам ГОСТ Р 7.0.100–2018, в то время как в тексте они приводятся не в квадратных скобках через сплошную нумерацию, а в круглых с указанием фамилии автора и года издания. В результате часть цитируемых автором работ в тексте не удалось верифицировать в списке литературы.

Первая глава – «Состояние проблемы радиационного загрязнения природных сред западного сектора Российской Арктики» (С. 16–63). Представлены обобщенные материалы по радиационному загрязнению природной среды вследствие антропогенной деятельности, в первую очередь ядерным испытаниям и производству оружейного урана и плутония, техногенным ядерным авариям, использованию ядерных взрывов в мирных целях, сбросу радиоактивных отходов в Баренцево море и Карское море. Также приводится обзор о выделении радионуклидов при добыче урановых руд, углеводородного сырья. Твердых полезных ископаемых. Несмотря на то, что приведенные данные интересны, они недостаточно систематизированы, нет итогового обобщающего анализа радиоэкологических проблем региона, а некоторые примеры не имеют отношения к исследованной территории. Глава заканчивается разделом 1.2.4. «Возможности использования естественных радионуклидов для поисков месторождений полезных ископаемых», который не соотносится с основным содержанием главы.

Вторая глава – «Характеристика природных условий западного сектора Российской Арктики» (С. 64–93). В этой главе автор сделал попытку дать описание географических, геологических, ландшафтных, почвенно-растительных условий для всего западного сектора Российской Арктики. Очевидно, что это крайне сложная задача из-за региональной специфики, например, геологического строения. Так, Карело-Кольский регион, расположенный в пределах восточной части Фенноскандинавского

щита, характеризуется иным уровнем радиационного фона, связанного с докембрийскими кристаллическими породами в сравнении с Архангельской областью, где кристаллические породы перекрыты мощным чехлом четвертичных отложений. В результате представленные в главе материалы имеют фрагментарный характер, без четкого и последовательного описания, сравнения и выявления пространственного распределения естественной и техногенной радиоактивности, факторов её контролирующих и т.д. Также следует отметить отсутствие данных современных геоэкологических исследований, касающихся распределения радиоактивных элементов в осадках, показанных, например, в работах сотрудников Карельского и Кольского научных центров РАН.

По итогам сбора и обобщения данных об источниках поступления и местах накопления радионуклидов в западном секторе Российской Арктики автору следовало бы провести метаанализ данных и представить в виде карты кластеризацию исследованной территории по интегральному уровню активности радионуклидов или степени загрязнения. Подобный вид работы полностью соответствует поставленным в работе задачам исследований.

Третья глава – «Методы изотопно-радиогеохимических исследований» (С. 94–115). В главе содержится достаточно подробное описание методов регистрации параметров ионизирующего излучения и спектра радионуклидов (U, Pu, Pb, Cs, Sr и т.д.), а также протоколы получения данных и метрологическое обеспечение для гамма-спектрометрического, альфа-бета-радиометрического, эманационного метода. Здесь же приведены методы для определения физико-химических параметров донных осадков и торфа (раздел 3.2), хотя в работе также показаны результаты физико-химических исследования образцов воды и горных пород. Два раздела главы 3.1.9. и 3.1.10, касающиеся контроля измерений, призваны подтверждать достоверность получаемых данных, однако далее по тексту диссертации такая оценка не является достаточной. Также необходимо отметить, что в третьей главе не представлено описание используемых автором факторного анализа (Глава IV, С. 142), модели постоянного потока CRS (Глава IV, С. 144), ПО BiotaDC v. 1.5.1. (Глава IV, С. 157).

Четвертая глава – «Радиоактивные элементы в основных депонирующих средах западного сектора Российской Арктики» (С. 116–159). Во вступлении эта глава частично дублирует материалы Главы I (С. 116–118). Далее в разделе 4.1 приведены результаты по изучению радиоактивности донных осадков Баренцева моря. Следует отметить, что эти данные имеют высокую научную значимость, однако хотелось бы видеть

использование данных о геологическом строении и морфологии дна Баренцева моря в местах пробоотбора, а также более совершенные геоинформационную и статистическую обработку. Кроме того, для обоснования классификации гранулометрического состава донных осадков Баренцева моря следовало бы привести ссылку, например: Алексеева и др. Гранулометрический состав поверхностного слоя донных осадков Баренцева моря // Океанология. 2020, а не ссылаться на региональную работу по озеру (Мясникова, Потахин, 2021).

Следующий раздел 4.2. касается торфяников прибрежных территорий, обсуждаются торфяники на Европейском Севере России и их депонирующие свойства. В данном разделе автор использует термин «торфяно-болотные экосистемы», это не совсем корректно, так как есть болотные экосистемы и торфяно-болотные почвы. Сложно представить болотную экосистему без торфа. В рамках диссертационной работы рассматривается шесть отдельных болотных массива, которые расположены весьма неравномерно на территории западного сектора Российской Арктики, без полного описания, что не позволяет сделать выводы о представительности рассматриваемой выборки. Краткие ботанические описания есть только для пяти объектов (С. 130–132), а для шестого ИСНО-1 отсутствуют. На С. 136 появляется упоминание тундровых почв, данные по которым не показаны в работе. При анализе торфа не приводятся данные о его ботаническом составе и степени разложения. На каждом объекте выполнен комплекс, включающий отбор образцов и аналитические исследования вертикального распределения физико-химических свойств и радионуклидов торфа. Автор достаточно подробно описал активность радионуклидов Cs, Sr, Pb и выделил факторы, контролирующие их распределение. На С. 143 рассматриваемые торфяники все названы бореальными, хотя, например, объект Тм-1 находится в тундре.

В разделе 4.2.3 демонстрируется интересная методика определения скорости накопления торфяных отложений по изотопу свинца. Однако, из-за неполного описания методики, не ясно как она работает. Далее по разделу автор переходит к оценке атмосферного потока ^{210}Pb , вывод по разделу декларирует возможность использования атмосферного потока для выявления участков антропогенного воздействия. Следующий раздел 4.2.4 представляет собой обсуждение ограничений радиоизотопных методов при датировании торфа. В разделе 4.2.5 приводится оценка источников техногенных радионуклидов в торфяниках, что, по словам автора, важно для правильной оценки хронологии торфяной залежи. В результате указанная часть работы не имеет строгой упорядоченности, и, как следствие, теряет смысловую связанность. Заключительный

раздел 4.3.6 скорее относится к междисциплинарным исследованиям, так как касается оценки дозовых нагрузок от техногенных радионуклидов для животных. Вследствие не полного описания методики исследования сложно сделать вывод о корректности полученных данных. Поэтому их включение в работу вероятно избыточно, так как усложняет восприятие и размывает понимание общей идеи исследования.

На основании данных, показанных в Главе IV, сформулировано первое защищаемое положение: Изотопно-радиогеохимические методы, основанные на оценке распределения и миграции радионуклидов естественного и антропогенного происхождения в компонентах природной среды Западного сектора Российской Арктики, их изотопных и атомных отношений, позволяют выполнить идентификацию источников загрязнения, использовать радионуклиды в качестве хронометрических маркеров, определить их биологическое воздействие и выполнить прогноз изменения радиоэкологической обстановки под влиянием природных и техногенных факторов.

Следует отметить, что недостаточное структурирование данных и не полное раскрытие поставленной темы главы проецируются на формулировку защищаемого положения, которое по итогу получилось недостаточно четким и ёмким.

Глава пятая (С. 160–185) – «Оценка влияния горнотехнической деятельности на повышение радиогенных нагрузок на экосистемы западного сектора Российской Арктики». Данная глава начинается с обсуждения влияния горнотехнической деятельности на радиационный фон на примере добычи алмазов. Это сразу подчеркивает достаточно ограниченный характер выполненного исследования в сравнении с заявленным в названии главы. В разделе 5.1.1 дано достаточно подробное описание геоэкологического аспекта разработки кимберлитовых тел при добыче алмазов. Очевидно, что данная глава отражает прикладное направление работы. Далее в разделе 5.1.2 и 5.1.3 обсуждается миграция радионуклидов в речных отложениях и горных породах. Полученные данные представлены ёмко, с всесторонним обсуждением. В разделе 5.1.4 дополнительно анализируется распределение металлов в исследуемых образцах, а в разделе 5.1.5 количественно рассчитывается их неблагоприятный биологический эффект. Заканчивается глава формулировкой второго защищаемого положения: Использование изотопно-радиогеохимических методов позволяет выполнить количественную оценку воздействия горнотехнической деятельности на объекты окружающей среды, связанные с трансформацией радионуклидного и химического состава водных экосистем Западного сектора Российской Арктики.

В целом Глава V представляет собой исследование влияния добычи конкретного вида полезного ископаемого – алмазов, добываемых открытым способом. Представленные материалы хорошо изложены и понятны, но заявленное защищаемое положение раскрыто не до конца, так как многообразие горнотехнических условий может порождать совершенно разные геохимическую специфику, механизмы трансформации радионуклидного и химического состава водных экосистем, расположенных в области воздействия горнодобывающего предприятия.

Глава шестая (С. 186–212) – «Оценка влияния глобального потепления климата на эмиссию радионуклидов в Арктике». Данная глава касается исследований эмиссии радона и начинается с раздела 6.1 содержащего выдержки о текущих климатических изменениях, радоновой эмиссии, деградации мерзлоты. Далее в разделе приводятся результаты экспериментальных работ по изучению трёх районов развития мерзлоты Приполярного Урала с использованием оценки потока радона и метода георадиолокации, а также участка болота в пределах Канинской тундры. Не вполне ясна логика подготовки этого раздела, хотя выводы весьма важные, так как говорят о связи уровня деградации мерзлоты и интенсивности потока радона. Также следует отметить, что демонстрируемые данные георадиолокации (рис. 6.6–6.8) не сопровождаются графом обработки и алгоритмом интерпретации, на них не наблюдаются выраженные оси синфазности, которые можно соотнести с подошвой активного слоя или таликами, вследствие чего использовать такие данные для определения состояния многолетнемерзлых пород не корректно.

Следующий раздел 6.2. посвящен качественному исследованию содержания изотопов урана в природных водах в Южной части Карелии и Ленинградской области. После демонстрации фактурного экспериментального материала по оценке качества подземных вод, автор приводит параметры подземных вод и содержание изотопов урана, включая примеры из Тибетского нагорья, Восточной Сибири, бассейна Печоры, Белого моря. Заканчивается глава разделом 6.3 описывающим оценку эмиссии техногенных радионуклидов, при этом материалы данного раздела уместнее смотрелись бы в Главе I или II. В заключение выдвигается третье защищаемое положение: Радиоактивные изотопы уранового ряда ^{238}U отражают процессы деградации многолетней мерзлоты и могут быть использованы в качестве трассеров при исследовании состояния криолитозоны и оценки радиационного качества подземных вод.

Представленные данные следует считать не достаточными для раскрытия такого важного факта, как связи изотопов урана и процессов деградации мерзлоты. Не учтены

типы мерзлоты, криотекстура мерзлых пород, состав вмещающих горных пород, региональный фон эманаций радона, влияние тектонического фактора и т.п. Кроме того, крайне удивительно видеть объединение разных научных направлений (деградация мерзлоты–качество подземных вод) в одном защищаемом положении.

Глава седьмая (С. 213–231) – «Естественные радиоактивные элементы как индикаторы рудовмещающих структур». Данная глава касается главным образом новой методики поиска алмазоносных структур Архангельской алмазоносной провинции. В разделе 7.1 дается общая информация об Архангельской алмазоносной провинции. В разделе 7.2 характеристика распределения изотопов урана в кимберлитах и вмещающих породах. В разделе 7.3 показано распределение объёмной активности радона в пределах кимберлитовых полей и её связь с геологическим строением трубок взрыва. Далее, в разделе 7.4 и 7.5 проведено экспериментальное исследование продуцирования радона и моделирование переноса радона в массиве кимберлитов. На основании чего сформулировано четвёртое защищаемое положение: Выявленные закономерности распределения радионуклидов уранового ряда (уран-радий-радон) в осадочном чехле областей развития кимберлитового магматизма являются дополнительными признаками для поисков структур, контролирующих трубки взрыва и прогнозирования радоноопасности северных территорий.

Данный тезис является наиболее обоснованной и экспериментально доказанной частью диссертационной работы. Для этого положения показана как теоретическая, так и практическая составляющие.

Замечания по диссертационной работе

Некоторые замечания и связанные с ними вопросы, в том числе технического характера, были высказаны выше при анализе приведенных в главах материалов. Но подытоживая, можно остановиться на нескольких ключевых пунктах:

1. Работа недостаточно структурирована, и, по сути, представляет собой попытку объединить разнонаправленные исследования под одним заголовком. Поставленная цель имеет нечеткую формулировку из-за чего сложно понять ожидаемый результат. Выводы представляют собой набор решённых с разной степенью успешности отдельных научных задач, которые охватывают донные отложения Баренцева моря и трансформацию потока радона из-за изменения климата и методики поисков кимберлитов. Следует отметить, что основная идея работы была реализована не до конца.

2. По тексту зачастую отсутствует представление необходимой фактуры – описание методов, каталогов и таблиц фактически измеренных образцов с оценкой погрешности, представление результатов в виде карт и схем.

3. Заявленная научная новизна работы не всегда соответствует достигнутым результатам, и во многом имеет декларативный характер. Например, из текста диссертационной работы не следует, что автор разработал комплекс экологической оценки районов добычи алмазов, который позволяет снизить риск загрязнения речных экосистем Арктики. Также не до конца ясно как проведённые исследования болот методом ^{210}Pb датирования позволяют оценить роль торфяников в накоплении углерода.

4. Практическая сторона работы реализована не до конца, так как не представлен алгоритм прогнозирования состояния природной среды по данным радиогеохимических методов, по сути, показаны отдельные примеры оценки текущего состояния отдельных объектов. Также не предложен комплекс рекомендаций по оценке радиоэкологической обстановки для принятия управленческих решений поставленный в пятой задаче.

Несмотря на указанные замечания, актуальность выполненных исследований, их практическая значимость, а главное объём нового фактического материала, и личный вклад автора позволяют рассматривать представленную диссертацию как законченное научное исследование, результаты которого могут быть рекомендованы для практического использования в Арктическом регионе РФ, а также при подготовке специалистов в области геоэкологии и промышленной экологии.

Автореферат диссертации отражает содержание защищаемых положений и соответствует диссертационной работе. По результатам исследований автором опубликована 51 работа в журналах Web of Science и Scopus, 34 статьи в ведущих журналах из Перечня публикаций, рекомендованного ВАК РФ, 5 коллективных монографии. Публикации отражают основные положения диссертации.

На основании вышеизложенного можно заключить, что представленная диссертационная работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, а ее автор, Яковлев Евгений Юрьевич, заслуживает присвоения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.21 – Геоэкология (Науки о Земле).

Отзыв подготовлен главным научным сотрудником, руководителем лаборатории геохимии, четвертичной геологии и геоэкологии, директором Института геологии – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр РАН» (ИГ

КарНЦ РАН), доктором геолого-минералогических наук Световым Сергеем Анатольевичем, ведущим научным сотрудником, рук. лаборатории геофизики ИГ КарНЦ РАН, кандидатом геолого-минералогических наук Рязанцевым Павлом Александровичем и старшим научным сотрудником, рук. геоинформационного центра ИГ КарНЦ РАН, кандидатом географических наук Крутских Натальей Владимировной.

Отзыв на диссертацию Яковлева Евгения Юрьевича рассмотрен и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр РАН» 01 октября 2024 года, протокол № 8.

Отзыв подготовили:

Главный научный сотрудник, руководитель лаборатории геохимии, четвертичной геологии и геоэкологии, директор ИГ КарНЦ РАН, доктор геолого-минералогических наук (25.00.04 – Петрология, вулканология)

_____ Светов Сергей Анатольевич

Ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории геофизики ИГ КарНЦ РАН, кандидат геолого-минералогических наук (25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых)

_____ Рязанцев Павел Александрович

Старший научный сотрудник, руководитель геоинформационного центра ИГ КарНЦ РАН, кандидат географических наук (25.00.36 – Геоэкология)

_____ Крутских Наталья Владимировна

Председатель Ученого Совета КарНЦ РАН
Чл.-корр. РАН, д.б.н.

_____ О.Н. Бахмет

Собственноручную подпись
Светова С.А., Рязанцева П.А., Крутских Н.В. и Бахмет О.Н. удостоверяю:

Ученый секретарь КарНЦ РАН
_____ Н.Н. Фокина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук» (КарНЦ РАН)

Почтовый адрес: 185910 Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская д. 11

Телефон: (8142) 76-60-40

Сайт организации: <http://www.krc.karelia.ru/>

Адрес электронной почты: krcras@krc.karelia.ru