

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Торопова Андрея Сергеевича **«ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА»**, представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Актуальность выбранной темы обусловлена фактическим отсутствием информации о физико-химических механизмах транспорта техногенных радионуклидов с водой, о том, в виде каких *форм нахождения* техногенные радионуклиды способны мигрировать с поверхностными водами. Корректная оценка радиоэкологического статуса загрязненных территорий, прогнозирование сценария развития ситуации, а также программа реабилитации возможны только с учетом закономерностей распределения и скорости транспорта радиоактивных элементов в экосистемах. Отсутствие информации связано как с методическими трудностями, так и с объективной сложностью определения форм нахождения радионуклидов в водных системах из-за их ультранизких количеств. В представленной диссертационной работе под *формами нахождения* диссертант подразумевает состояние элементов в воде, растворенное и связанное с частицами от 1 нм до 10 мкм, выделенное методами физического разделения. Полученные диссертантом в ходе выполнения работ данные о соотношении различных форм нахождения техногенных радионуклидов и микроэлементов в природных водах Семипалатинского испытательного полигона (СИП), существенно дополняют информацию о распространении загрязнения на радиационно-опасных территориях. А использование данной информации позволит более обоснованно подойти к разработке миграционной модели, что имеет важное практическое значение для изучения геохимических процессов в водной среде с учетом вклада коллоидных систем и оценки современного радиоэкологического статуса СИП и прилегающих территорий. Таким образом, актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Практическая значимость исследования определяется возможностью использования результатов работы для разработки мероприятий по снижению интенсивности миграции радионуклидов и улучшения радиоэкологической обстановки в регионе путем создания искусственных геохимических барьеров, а также могут иметь прикладное значение при проектировании инженерных барьеров для захоронения радиоактивных отходов. Диссертация оставляет впечатление цельной работы с четко поставленной целью и сформулированными задачами, с которыми Торопов Андрей Сергеевич, на мой взгляд, справился полностью. Объектом исследования являются природные воды СИП, модельные растворы, под которыми понимаются искусственно приготовленные растворы, по составу

матрицы приближенные к природным водам. Предмет исследования – формы нахождения радионуклидов и других элементов. Проведенные исследования основаны на большом объеме аналитических данных, включающие данные по сочетанию методов каскадного и поточного фракционирования, что позволяет определять формы нахождения радионуклидов в природных водах с высокой точностью и воспроизводимостью. Несомненным достижением работы является представление комплексного использования различных методов, дополняющих друг друга при изучении форм нахождения радиоактивных и других элементов в воде. Для обеспечения качества аналитических исследований использовался набор инструментов внутрилабораторного, внешнего и межлабораторного контроля, установленный в организациях проведения аналитических работ на момент проведения испытаний. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью пакетов Statistica, OriginPRO, Microsoft Excel. Для построения картосхем применялись программные комплексы ArcGIS и CorelDRAW с использованием топографической основы, оцифрованной лабораторией геоинформационных технологий Филиала «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК.

Достоверность результатов исследования обусловлена представительным набором высокоточных методов исследования радиоактивных элементов и вещественного состава наряду с использованием специально разработанных приемов фракционирования форм нахождения и **апробацией результатов работы**: положения диссертации достаточно полно отражены в 25 публикациях, в том числе 4 статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК (из них 2 также индексируются в базах данных Scopus и Web of Science). Главные научные результаты докладывались и обсуждались на международных, всероссийских и региональных научных конференциях, симпозиумах, конкурсах. Отдельные результаты исследования отмечены дипломом за лучшую работу в области геоэкологии в 2017 г. Достоверность результатов исследования определяется также непосредственным участием автора на всех этапах исследования. Диссертант участвовал в полевых работах. Лично проводил подготовку модельных растворов и ставил экспериментальные работы по фракционированию форм нахождения, провел часть лабораторных исследований (полевые измерения, определение физико-химических параметров воды, подготовка проб к спектрометрическим измерениям, часть радиохимических анализов, аналитические работы по характеристике коллоидных частиц) в лабораториях Филиала «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК г. Курчатов, Казахстан, МИНОЦ «Урановая геология», ПНИЛ гидрогеохимии (НИ ТПУ) и Институте переработки радиоактивных отходов Технологического института Карлсруэ, Германия. Диссертантом проведена статистическая обработка всех аналитических данных, построены графики, составлены картосхемы.

Структура и объём работы: Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения. Объем работы составляет 133 страницы, включает 46 рисунков и 11 таблиц. Список литературы состоит из 277 источников, в том числе 163 иностранных.

Научная новизна исследований заключается в применении и обосновании использования современных высокочувствительных методов впервые для изучаемой территории (Семипалатинский испытательный полигон) для получения детальных данных по формам миграции техногенных радионуклидов в воде. Установлена существенная роль коллоидных форм нахождения в переносе техногенных радиоактивных элементов с применением методов поточного фракционирования и каскадной ультрафильтрации. С использованием масс-спектрометрических и электронно-микроскопических методов определены состав коллоидных частиц природных вод изучаемой территории, их размер и оценена стабильность, что позволяет определить роль данной формы нахождения в «дальнем переносе» радиоактивности. Исследовано перераспределение форм нахождения радиоактивных элементов в воде в зависимости от параметров химического состава вод и установлены соотношения взвешенных, коллоидных и растворенных форм техногенных радионуклидов и ряда элементов в природных водах Семипалатинского испытательного полигона с высокой точностью и нанометровым разрешением.

Диссертантом представлено три защищаемых положения. Все защищаемые положения можно считать доказанными фактическим материалом, а основные выводы по результатам исследований автора следует также считать обоснованными.

Введение содержит все необходимые для диссертаций атрибуты.

В первом разделе изложены основные современные представления о формах нахождения радионуклидов в природных водах и методах их изучения. Приведены общие понятия о формах нахождения радионуклидов в природных водах и факторах, влияющих на их формирования и состояния. Представлен краткий обзор исследований по данной тематике, проведенных ранее на территории Семипалатинского испытательного полигона.

Во втором разделе диссертант освещает основные вопросы методологии данного исследования. Автор дает детальную характеристику об использованных методах фракционирования форм нахождения радионуклидов в воде, пробоотбора, пробоподготовки в модельных экспериментах и аналитических методах исследования. Основное замечание к этому разделу, что не указывается количество проб, поставленных экспериментов, аналитических измерений.

На базе **3 и 4 разделов**, где изложен основной авторский материал, формулируются защищаемые положения. **В разделе 3** рассматриваются результаты определения форм нахождения техногенных радионуклидов в воде в условиях модельных экспериментов. Охарактеризована методическая и аппаратная основа данных исследований, приведены и интерпретированы результаты по распределению форм нахождения техногенных

радионуклидов при каскадном фракционировании модельных растворов и изучено влияние физико-химических параметров (рН, минерализации вод, концентрации органического вещества в воде) на распределения форм нахождения радионуклидов. Основное замечание к 3 разделу: почему-то автор не провел сопоставление полученных результатов о влиянии физико-химических параметров (рН, минерализации вод, концентрации органического вещества в воде) на распределения форм нахождения радионуклидов в модельных растворах без добавления реактивов с результатами проведенных экспериментов с внесением в растворы различных реагентов. Например, по величине рН модельных растворов, которая изменяется от 6,2 до 8,4, это нужно сделать. Также важно было сопоставить полученные результаты по влиянию основного анионного состава растворов, так как в модельных растворах диссертант также получил значительный разброс величин концентраций по сульфат иону (от 18 до 193).

Четвертый раздел посвящен результатам исследований природных вод СИП методами поточного и каскадного фракционирования, исследования по морфологии и составу коллоидных частиц, а также дана оценка изменения форм нахождения техногенных радионуклидов и ряда элементов по мере удаления от источника поступления на примере ручья Карабулак СИП. Основное внимание в начале этого раздела диссертант уделяет геологическому строению территорий в местах расположения водных объектов СИП, из которых производился отбор проб воды. Нужно отметить, что рисунки, особенно в данном разделе, имеют часто ничтожно малые размеры подписей, на картах схемах отсутствуют ссылки на источники, откуда взята карта, часто нет масштаба, что сильно затрудняет их восприятия. Материал об изучении миграции радионуклидов в коллоидной форме на реальных природных объектах в условиях СИП является украшением диссертации. На хорошем фактурном материале диссертантом убедительно показано о существенной роли коллоидных и взвешенных частиц в переносе техногенной радиоактивности. На основе данного материала сформулированы второе и третье защищаемые положения. Замечаний нет.

В заключительной части 4 раздела диссертант исследует изменение форм нахождения элементов в воде по мере удаления от источника поступления на примере ручья Карабулак горного массива Дегелен. Охарактеризовано шесть точек пробоотбора вод из разных мест и притоков ручья Карабулак. К этому материалу есть ряд вопросов: почему так резко меняется анионный состав вод притока ручья Карабулак между точками 2 и 3 (по сетке на карте это около 10 км) при сохранении минерализации вод и катионного состава? Почему при слиянии вод притоков с пресной минерализацией вод, минерализация увеличивается почти в 4 раза? Скорее всего, это связано с тем, что воды ручья в т.б. выходят за пределы гранитного массива? Происходит резкая смена вмещающих горных пород русла ручья? Скорости течения? И сразу же появляется вопрос, а происходит ли какие-то изменения на данном геохимическом барьере?

В заключение диссертации выделены основные закономерности, установленные Тороповым А.С. в процессе работы.

Отмеченные замечания и недостатки не снижают общего отличного впечатления от предлагаемой к защите работы.

Оценивая диссертацию в целом, можно констатировать, что она представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований, решены задачи, имеющие существенное значение для геохимических методов поисков полезных ископаемых. Диссертация написана единолично, содержит совокупность новых научных результатов и положений, выдвигаемых автором для защиты. Диссертация отвечает необходимым требованиям, а её содержание соответствует специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает важные её положения.

На основании вышеизложенного считаю, что представленная к защите работа «ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА», является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г., а её автор – Торопов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09. – Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Доктор геолого-минералогических наук,
в.н.с. лаборатории геохимии благородных,
редких элементов и экогеохимии

В.Д.Страховенко

ФГБУН Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН
630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3
<http://www.igm.nsc.ru>
e-mail: strahova@igm.nsc.ru
тел.: 8-383-330-81-10

ПО
З
П

О
Я
Ю
18

Я, Страховенко Вера Дмитриевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.



20 ноября 2018 г.