

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Родионовой Анастасии Андреевны «Относительная эффективность сорбции Cs, Sr, Ra, Am, Pu, Np и U на минералах при глубинном захоронении радиоактивных отходов», представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13 – Радиохимия (химические науки)

В начале автореферата убедительно обосновываются актуальность и новизна темы исследования. Постановка задачи связана с реализацией проекта по созданию пункта окончательной изоляции радиоактивных отходов 1 и 2 класса на участке «Енисейский» Нижнеканского массива на территории Красноярского края. Технология захоронения высокоактивных отходов требует их размещения в условиях герметичной изоляции, которая включает и природные барьеры безопасности из кристаллических пород. Поэтому диссертация посвящена исследованию и получению количественных параметров, характеризующих сорбционные свойства вмещающих пород по отношению к целевым радионуклидам, что, как показано соискателем, является одним из важнейших составляющих набора исходных данных для геомиграционного моделирования. Цель представленной к защите работы, заключающаяся в определении количественного вклада отдельных минералов пород участка «Енисейский» в сорбцию радионуклидов с различным химическим поведением, полностью соответствует поставленной задаче.

Имеются следующие замечания. В работе использованы образцы пород из трёх различных скважин участка «Енисейский», но в автореферате не указано, как далеко расположены эти скважины друг от друга и как коррелируют между собой свойства пород различных скважин. Также не указано, с каких глубин взяты образцы и с какими временными интервалами. Насколько вероятно сезонное влияние на свойства использованных образцов через колебания температур и влажности. В автореферате не даны определения коэффициентов распределения K_d и K_a и чем они отличаются друг от друга.

В разделе 3, видимо, в процессе работы над авторефератом (или над диссертацией?) подразделы 3.2 и 3.3 были слиты в один подраздел, что привело к двойной нумерации подраздела 3.2, 3.3. Нужно было провести перенумерацию последующих подразделов.

Согласно автореферату, диссертация состоит из трёх разделов. Первый раздел посвящён обзору литературы и включает три подраздела. Подраздел 1.1 обзорекает литературу по проблеме обращения с радиоактивными отходами и по концепции окончательной изоляции высокоактивных отходов. В подразделе 1.2 приводится литературная информация о взаимодействии радионуклидов с вмещающими горными породами. В подразделе 1.3 даётся заключение к обзору литературы. В автореферате кратко указывается, что второй раздел описывает экспериментальную часть. Третий раздел является в автореферате наиболее информационным разделом и состоит из шести подразделов. В нём приводятся результаты и обсуждение экспериментов, описанных во втором разделе.

В первом подразделе третьего раздела разработан методический подход определения ОЭС радионуклидов на минеральных фазах, состоящий из четырёх стадий, которые реализованы двумя методами. В первом методе применена программа обработки изображений ImageJ, а во втором полуавтоматическом методы программные пакеты scikit-image и scikit-learn, позволившими

разграничить некоторые минеральные фазы. Показана сходимость этих методов на примере кварца и биотита. Результаты сравнения методов приведены в Таблице 1.

Во втором подразделе установлены сорбционные свойства минералов участка «Енисейский» по отношению к радионуклидам с случае полиминеральных и мономинеральных систем. В таблице 2 перечислены 17 минеральных фаз, которые входят в состав изученных образцов пород. На гистограммах рис. 4 приведены количественные параметры сорбции ОЭС и K_d цезия, стронция и радия на различных минеральных фазах двух систем шести минералов. Полученные ОЭС позволили впервые отметить различие минеральных фаз минералов по отношению к америцию, чего нельзя было сделать с помощью K_d . Аналогично исследованы ОЭС также для Pu, Np и U. Показано, что в мономинеральной и полиминеральной системах значения K_d отличаются на несколько порядка, а для ОЭС не более чем в четыре раза.

В следующем подразделе изучены микрораспределения Cs, Sr, Am на минеральных фазах пород с наличием трещиноватых зон цельного образца из скважины P11. Установлено, что трещиноватого образца P11 входят семь минералов из таблицы 2. Показано, что сорбционная способность образца по отношению к радионуклидам увеличивается в ряду $Sr < Cs < Am$, где америций является наиболее удерживаемым радионуклидом на образце.

Для изучения микрораспределений Cs, Sr, Am получены чёрно-белые изображения радиограмм трёх дисков после измерения ОЭС. Установлено, что Cs и Sr распределяются по поверхности образца крайне неравномерно, а в случае америция было отмечено равномерное распределение по минеральным фазам трещиноватого образца породы. Приводятся гистограммы ОЭС для Cs, Sr, Am на минералах/ассоциациях минералов образца трещиноватого гнейса P11.

В следующем подразделе исследовано поведение цезия на порошках минералов-заполнителей трещин в одно- и двухкомпонентных системах. Приводится таблица значений K_d для обеих систем и ОЭС для двухкомпонентной системы в кварц-биотите и кварц-цеолите. Показано, что K_d для биотита и цеолита $\sim 10^3$ мл/г для обеих компонент, а ОЭС у цеолита выше, чем у биотита. Рассчитаны и приведены в таблице 3 ОЭС цезия для смеси порошков минеральных фаз. Показано, что при дроблении минералов возможно образование дополнительных сорбционных центров за счёт появления внутренней удельной поверхности, что способствует удерживанию радионуклидов. *К этому утверждению, наверное, можно добавить, что при дроблении увеличивается суммарная поверхность частиц минералов и, соответственно, увеличивается количество поверхностных сорбционных центров (В.А. Дитлов).*

В предпоследнем подразделе третьего раздела изучаются микрораспределения Cs, Sr, Am на минеральных фазах пород с наличием трещиноватых зон в зависимости от температуры. Необходимость этого исследования автор диссертации справедливо обуславливает тепловыделением радионуклидов в отходах. Получены K_a для этих элементов на поверхности образца на P10, приведены соответствующие гистограммы и радиограммы сорбции Cs при 25, 50 и 70 °С. Для Cs, Sr, Am на образце P10 показано, что вне зависимости от температуры среды наиболее предпочтительным минералом является Ca(Sr)-цеолит.

В таблице 4 заключения последнего раздела приводятся значения ОЭС шести элементов для двенадцати минералов.

В конце диссертации приводятся пять выводов, которые вытекают из её содержания. Предложенный новый методический подход к рассмотренным задачам на основе ОЭС позволяет оценить вклады отдельных фаз полиминеральной системы в сорбцию радионуклидов. Соискателю удалось выделить наиболее сорбционно-эффективные фазы для семи радионуклидов. Показано, что на отдельных минеральных фазах в поли- и мономинеральной систем значения ОЭС изменяются не более чем в четыре раза, тогда как K_d - на несколько порядков. Показано, что

наиболее эффективными минеральными фазами по отношению к сорбции стронция и цезия являются фазы хлорита и Ca(Sr)-цеолита, для америция – Ca(Sr) - цеолит. Соискателем установлено, что вторичный минерал Ca(Sr)-цеолит является основной удерживающей фазой по отношению к рассмотренным радионуклидам вне зависимости от температуры.

Достоверность полученных в работе новых результатов и обоснованность защищаемых положений не вызывают сомнений.

Замечания не умаляют научную значимость и результаты приведённого исследования, из которого видно, что её автор является квалифицированным специалистом в области радиохимии и в использовании большого комплекса современных инструментальных методов исследования.

Соискателем по теме исследования опубликовано 15 работ, в том числе 4 работы в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus.

Представленная работа соответствует требованиям пункта 2.1-2.5 «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и её автор Анастасия Андреевна Родионова заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13 - Радиохимия (химические науки).

Дитлов Валерий Анатольевич
Учёная степень - Доктор физико-математических наук
Учёное звание – Старший научный сотрудник
Должность – Ведущий научный сотрудник
Лаборатория физики слабых взаимодействий
Федеральное государственное бюджетное учреждение «НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ», Курчатовский комплекс
теоретической и экспериментальной физики (ККТЭФ).
Пл. Академика Курчатова, дом 1, Москва, 123182
ККТЭФ – ул. Большая Черёмушкинская, дом 25, Москва, 117218
www.itep.ru
valery.ditlov@itep.ru
+7 (906) 068-68-22

«17» марта 2024 г.

Подпись внс. В.А. Дитлова заверяю
Главный учёный секретарь центра



В.А. Дитлов

К.Е. Борисов