

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени

кандидата геолого-минералогических наук

Федоровой Юлии Вячеславовны

на тему: «Модельное исследование миграции многокомпонентных радиоак-

тивных промстоков в гетерогенно-слоистой среде»

по специальности 25.00.07 – «Гидрогеология»

Актуальность исследований Федоровой Ю.В. обусловлена важнейшей гидрогеолого-гидрогеохимической проблемой – закачкой радиоактивных промстоков в поглощающие горизонты, осложненные слоисто-блоковым строением. Среда для поглощения промышленных стоков является малоизученной, несмотря на актуальность и высокую практическую значимость проблемы. Поверхности раздела (гидродинамические барьеры) с резко отличными гидрогеодинамическими параметрами в системе переслаивания песчаных и глинистых пород коренным образом изменяют структуру потоков, что приводит, в свою очередь, к загрязнению слабопроницаемых блоков за счет процессов диффузии закачиваемых растворов. Блоки представляют собой целостные структуры, создающие гидродинамическую систему со сложной межблоковой циркуляцией подземных вод и закачиваемых растворов.

По мнению соискателя, в карбонатных породах конвективный перенос растворенных веществ происходит по тонким проницаемым зонам с диффузионным и конвективно-диффузионным оттоком вещества в слабопроницаемые толщи.

Проблема оценки массопереноса осложняется закачкой жидких радиоактивных отходов (РАО), которые даже в небольших концентрациях определяют опасность загрязнения. Наиболее распространенные радионуклиды ^{90}Sr и ^{137}Cs могут присутствовать в качестве природных изотопов в подземных водах в концентрациях, соизмеримых с РАО. В большинстве моделей изотопы рассматриваются как одно химическое вещество, что, по мнению соискателя, является не-

правомерным допущением. Разные изотопы имеют отличающиеся атомные массы и коэффициенты диффузии, и могут быть разделены диффузией. Отсюда корректный (дифференцированный) учет диффузии изотопов является еще одной важной проблемой, сформулированной соискателем.

Неравномерность подачи в коллекторы промстоков создает системы взаимодействия «промстоки – подземные воды – горные породы» – крайне неравновесные многокомпонентные структурные образования во времени и пространстве. Это существенно затрудняет применение традиционного моделирования и требует специальных методических подходов и моделей массопереноса.

Научная обоснованность основных положений. По мнению соискателя, для решения поставленных задач вполне оправдан редуционный подход, так как задача моделирования диффузии разрастается в объеме вычислений, как по количеству компонентов, так и по математическому аппарату. С этих позиций целесообразно исследовать постепенное усложнение моделей от достаточно простых (в однокомпонентной постановке) к моделям, учитывающим ионный состав системы, с учетом комплексообразования, растворения-осаждения и ионного обмена.

С данным тезисом можно согласиться лишь частично, поскольку редуционные модели в своей основе аддитивны и не учитывают синергетических эффектов, тем более, что по своей постановке (как отмечает соискатель) системы взаимодействия многокомпонентны.

В качестве научной новизны соискателем констатируется разработка двух моделей диффузии многокомпонентных растворов. Относительно простая солевая модель включает доминантную или основную соль (макросоли) и соль микрокомпонента (микросоли). Полагается, что микросоли раствора могут рассматриваться как взаимонезависимые при расчетах диффузии с учетом сорбции. Отметим, что в практике гидрогеохимии деление на «микросоли» и «макросоли» во многом условно, и лучше говорить о репрезентативности тех или иных соединений в растворе для целей моделирования. То же можно отнести и к взаимонезависимости при расчетах диффузии с учетом сорбции.

В первой главе (по мнению оппонента, она излишне перегружена общеизвестными положениями и занимает около 50 стр.) даются теоретические представления о процессах диффузии и аналитические выражения методов расчета массопотоков. В главе отсутствуют выводы и критика, поэтому трудно оценить авторское отношение к аналитическим моделям и их применению (кроме уравнения Онзагера) при реализации модели и идентификации результатов. В целом, необходимость существования такой главы оправдано, поскольку методологический аппарат фильтрации многокомпонентных смесей, да еще при фазовых переходах, трактуется во многих работах по разному. Отметим, что в автореферате такие выводы сформулированы.

Отдельное замечание, радиоактивность закачиваемых вод, в принципе, должна ускорять процессы диффузии по экспериментальным данным от 10^2 до 10^{12} даже в диэлектриках и создавать метастабильное состояние (микроскопической неравновесности) системы. Диссертация Федоровой Ю.В. как раз нацелена на исследование микроэффектов в неравновесных геохимических системах. Поэтому было бы правомерным ожидать оценку теоретических подходов к определению интенсивности влияния радиационных (техногенного генезиса) веществ в промستках при их закачке.

По мнению оппонента, детальное рассмотрение физико-химических аспектов сорбции-десорбции стронция и цезия при миграции в гетерогенно-блоковой среде радиоактивных промстоков представляет задачу отдельного исследования. В данной работе было бы целесообразно ограничиться более четким обоснованием принятых допущений.

Вторая глава посвящена характеристике объектов исследования. Рассмотрены гидрогеологические условия с обоснованием параметров принимающей среды для моделирования, условия закачки и состав промстоков. Дается краткая характеристика геохимических особенностей поведения радионуклидов стронция и цезия в системе вода-порода, представленная без учета влияния форм закрепления элементов на породе на десорбционные процессы.

В таблице 2.2.2 не приводятся данные по рН щелочных среднеактивных

отходов СХК. Не ясно, существуют ли данные по диапазону изменения рН промстоков и какой вид промстоков использован при моделировании (среднеактивные или щелочные)?

В главе также отсутствуют выводы, которые обоснованно аргументировали бы выбор репрезентативных показателей для целей моделирования.

В третьей главе рассмотрено теоретическое обоснование модели диффузии двух солей и представлены модели миграции РАО при их закачке на полигоне СХК.

Делается важный вывод (стр. 75) о том, что «изменения концентрации в растворе и породе внутри блока будут происходить вследствие выхода катиона микросоли из сорбционной емкости при уменьшении коэффициента распределения за счет повышения концентрации основной определяющей соли (возрастает закомплексованность и для выполнения равновесия должна произойти десорбция катиона). В результате концентрация соли-примеси в поровом растворе будет возрастать за счет десорбции, практически независимо от ее миграции – источник, зависящий от изменения концентрации основной соли». Объяснение этому в том, что определяющее влияние на процессы миграции всех компонентов оказывает ионная сила раствора.

Моделирование проводится на «оригинальной компьютерной программе», алгоритм которой приведен в главе. Сравнение выходных данных с применением алгоритма производится на основе расчетов по аналитической модели. По своей сути это верификация модели, но методически более правильно верифицировать модельные данные с фактическими, полученными непосредственно на объекте. Сопоставление с аналитическими расчетами не может являться критерием адекватности модели. По своей сути, это одно из решений аналитического уравнения.

В модельной пластовой воде NaNO_3 (определяющая соль) является эквивалентом общего ионного состава по ионной силе, соль-примесь представлена нитратом стронция или цезия.

Выводы гл. 3 по своему объему занимают значительное место за счет графического материала, который с успехом мог быть помещен в основные разделы главы.

Четвертая глава содержит наиболее сложные задачи моделирования миграции многокомпонентной диффузии электролитов. Диффузия полагается взаимозависимой, с учетом комплексообразования и массообмена раствора и породы. Моделирование производится на основе расчета химических равновесий с использованием известной программы Ю.В. Шварова.

В результате проведенных расчетов получено две основных модели: без учета ионного обмена и растворения и модель с учетом растворения/осаждения минералов ионного обмена. Соискателем получены принципиально новые результаты, наиболее полно раскрывающие поведение как макро- так и микрокомпонентов, включая радионуклиды. Полученные данные представляют собой прогнозную основу для оценки поведения закачиваемых промстоков с учетом возможных геохимических превращений. Отчетливо демонстрируется различное поведение анионов и катионов в процессе их миграции в блоковом пространстве. Показана возможность закрывания пористости на входном участке за счет осаждения кальцита. Полученные данные подтверждают необходимость проведения подобных расчетов для всех полигонов сточных вод. Кальцит является наиболее неуправляемым минералом, резко снижающим «приемистость» коллекторов.

В качестве замечания отметим, что соискателем рассматриваются различные механизмы десорбции стронция внутри блока (вследствие увеличения закомплексованности стронция и цезия в первой – солевой модели, и во второй – ионной – его вытеснения из обменного комплекса натрием и так же за счет закомплексованности) и его вытеснения из обменного комплекса натрием). Целесообразно было бы более конкретно сформулировать мнение автора о механизмах десорбции, а также учесть, что при длительном контакте пород и вод, содержащих цезий и стронций, возможен их переход из обменной формы в необменную (есть вероятность, что часть природных изотопов зафиксирована либо межслойной сорбцией либо формированием стронциевого кальцита).

Не ясно, почему объект НИИАР исследован только на ионной модели, но никак не отражен в солевой.

В главе 5 дается сравнительная характеристика аналитической модели и ав-

торской; делается вывод о том, что через 30 лет коэффициент диффузии сократится на 22% за счет уменьшения пористости при осаждении кальцита. Вполне естественно, что благодаря многокомпонентности, заданной автором будут получены более низкие цифры по сравнению с аналитическими (основанными на учете единственного компонента).

Итоговый вывод по сравнительному анализу моделей, заключается в том, что применение ионной модели оправдано для моделирования длительных процессов миграции, к которым относится закачка РАО. Солевая же модель более адекватна для микрокомпонентов и односолевых растворов.

Замечания по пятой главе следующие.

Сама по себе таблица сравнения, безусловно, является крупным достижением исследователя. Однако хотелось бы видеть более аккуратное использование терминологии: «критерием» названы наименования рассмотренных моделей растворов «солевая» и «ионная»; также «критерием» назван «рассмотренный объект».

Защищаемые положения и выводы сформулированы достаточно грамотно и развернуто, что свидетельствует о высоком научном уровне соискателя и большом объеме проделанной работы.

Автореферат достаточно полно раскрывает основное содержание диссертации, а публикации автора размещены в центральных и зарубежных научных изданиях.

В качестве общего замечания следует отметить некоторую небрежность в оформлении списка литературы в диссертации (хотя он и включает значительно количество зарубежных источников, что свидетельствует об эрудированности автора).

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.07 – «Гидрогеология» (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, со-

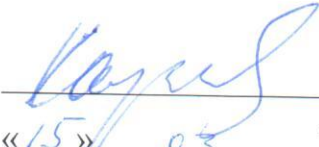
гласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Федорова Юлия Вячеславовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 – «Гидрогеология».

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры прикладной экологии
Экологического факультета
ФГАОУВО «Российский университет
дружбы народов»

ХАУСТОВ Александр Петрович


«15» 03 2018 г.

Контактные данные:

тел.: 7(903)2755791, e-mail: khaustov_ap@rudn.university

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

04.00.06 – Гидрогеология

Адрес места работы:

117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6,
ФГАОУВО «Российский университет дружбы народов», экологический факультет,
кафедра прикладной экологии
Тел.: +7 495 787 3803 * 3413; e-mail: khaustov_ap@rudn.university

Подпись сотрудника
ФГАОУВО «Российский университет дружбы народов»
Хаустова А.П. удостоверяю:
Декан экологического факультета



2018 г.

М.М. Редина