

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сафонова Алексея Владимировича «Биогеохимический *in situ* барьер в загрязненных подземных водах на предприятиях ядерно-топливного цикла», представленной на соискание учёной степени доктора химических наук по специальностям 1.4.13 Радиохимия

В Российской Федерации в поверхностных водоёмах хранилищах накоплен колоссальный объем жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Акватория некоторых из них была закрыта в последние годы, в отношении остальных прорабатываются вопросы консервации и последующего преобразования в пункты захоронения РАО. Во всех случаях ЖРО представляют собой комплексный загрязнитель, объединяющий в себе свойства как радиационного, так и химического загрязнения, оказывающий влияние на прилегающие подземные воды. Миграция растворимых высокотоксичных компонентов отходов в подземных водах определяется рядом химических, геохимических, геологических и биологических факторов. Роль биогеохимических процессов при этом на сегодняшний день системно не исследована, вследствие чего работа Алексея Владимировича, целью которой является разработка научных основ технологии создания биогеохимического барьера *in situ* для очистки подземных вод с комплексным загрязнением компонентами радиоактивных отходов чрезвычайно актуальна. В соответствии с поставленной целью в работе был решен ряд задач, среди которых:

1. Определить тип и уровни комплексного загрязнения и выявить наиболее важные факторы, необходимые для формирования биогеохимического барьера в верхних водоносных горизонтах, на примере подземных вод в районе шести предприятий ЯТЦ.
2. Изучить таксономическое и функциональное разнообразие микробных сообществ подземных вод и выявить наиболее перспективные физиологические группы микроорганизмов для формирования барьера *in situ*.
3. Провести лабораторные эксперименты по подбору оптимальных условий и состава добавок активации микрофлоры (в том числе с использованием отходов пищевой промышленности) и выполнить полевые эксперименты по очистке подземных вод *in situ* на четырёх предприятиях ЯТЦ.
4. Определить доминирующие аутигенные минеральные фазы, формирующие биогеохимический барьер, при изменении геохимических и геологических условий и оценить аспекты иммобилизации урана и других радионуклидов в условиях биогеохимического барьера.
5. Оценить эффективность биогеохимического барьера для снижения риска коллоидного и псевдоколлоидного транспорта радионуклидов и провести оценку его стабильности при изменении физико-химических условий.
6. Разработать практические рекомендации по созданию биогеохимического барьера *in situ* в различных геохимических условиях.

Успешность решения поставленных Алексеем Владимировичем задач сформулирована в защищаемых положениях и выводах. Достоверность полученных

результатов не вызывает сомнения как с точки зрения использованных методов обработки данных, так и полученных результатов.

За рубежом подобные подходы имели ряд успешных практических примеров реализации для ограничения миграции загрязняющих веществ различных классов (от радионуклидов до хлорированных углеводов), в первую очередь, за счет создания *in situ* геохимических барьеров (при использовании нульвалентного железа и других реагентов). Существует и ряд опытно-промышленных работ по использованию микробных сообществ в удалении нитратов, урана, технеция, однако до фундаментально обобщение эти работы не доведены, а даже частное их применение требует глубокого понимания основных закономерностей и дополнительных исследований. Диссертация Алексея Владимировича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, описывающие формирование и функционирование *in situ* биогеохимического барьера для радионуклидов, тяжелых металлов, нитратов, сульфатов в подземных водах. Полученные Алексеем Владимировичем результаты являются фундаментальной базой для *in situ* очистки подземных вод вблизи предприятий ЯТЦ при создании комплексного биогеохимического барьера и имеют важные практические результаты, о чем свидетельствует очистка более 600 м³ подземных вод, которая подтверждается полученным актом о внедрении метода от АО «СХК». Совокупность теоретических положений, выдвинутых автором в работе, без сомнения, можно квалифицировать как научное достижение, которое имеет важное хозяйственное значение, а внедрение результатов исследования в практику внесёт значительный вклад в развитие страны. Полученные в ходе работы результаты важны для создания комплексных моделей переноса радионуклидов и таких загрязняющих веществ, как нитрат- и сульфат-ионы, а, следовательно, работа имеет межотраслевую ценность, её результаты могут быть использованы также при решении экологических и сельскохозяйственных задач.

После ознакомления с текстом автореферата Алексея Владимировича возникли следующие вопросы:

1. Рассматривался ли в работе вопрос образования и миграции более токсичного нитрит-иона, образовавшегося в ходе нитрат-редукции?
2. В пункте 6 Выводов «Надежная иммобилизация редокс-чувствительных радионуклидов в окислительных условиях длительное время обеспечивается за счет окисленных железистых фаз» следует пояснить более подробно, как будет работать такой комбинированный барьер, так как в тексте автореферата указывалось на образование восстановленных фаз железа?
3. Насколько полученные данные могут быть полезны при оценке безопасности ПГЗРО, а также при оценке миграции загрязнений за пределы полигонов ТКО?

Среди недостатков автореферата можно отметить перегруженность, однако данное замечание не снижает высокой оценки работы.

Диссертационная работа «Биогеохимический *in situ* барьер в загрязненных подземных водах на предприятиях ядерно-топливного цикла» представляет собой законченный научный труд, полностью соответствует специальности 1.4.13 Радиохимия

(химические науки) и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842) и «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Сафонов Алексей Владимирович заслуживает присвоения ученой степени доктора химических наук.

Линге Игорь Иннокентьевич,

Доктор технических наук

Советник

Федеральное государственное бюджетное учреждения науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук

Россия, 115191, г. Москва, Большая Тульская ул., д. 52

linge@ibrae.ac.ru

Рабочий телефон: 8(495)955-2215

« 13 » 09 _____ 2024 г.


(подпись)

Линге Игорь Иннокентьевич
(расшифровка подписи)

Я, Линге Игорь Иннокентьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись ФИО автора отзыва заверяю (указывается должность и ФИО лица, заверившего отзыв, и ставится печать организации гербовая, если имеется).

Подпись Линге И.И. заверяю,

ученый секретарь ИБРАЭ РАН,

К. Т. Н.

« 13 » 09 _____ 2024 г.



Калантаров Валентин Евграфович
(расшифровка подписи)