

ОТЗЫВ

официального оппонента Язикова Егора Григорьевича на диссертационную работу Гладышева
Андрея Владимировича

на тему: «Рациональное освоение урановых месторождений методом скважинного подземного
выщелачивания с применением геолого-геофизических технологий», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 1.6.9. Геофизика.

Диссертационная работа Гладышева А.В. посвящена рациональному освоению урановых месторождений методом скважинного подземного выщелачивания с применением геолого-геофизических технологий и математического моделирования на примере месторождений Хиагдинского рудного поля Витимского урановорудного района Республики Бурятия.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и содержит 113 страниц машинописного текста, включая 44 рисунка, 18 таблиц, список использованной литературы из 83 наименований и 6 приложений. По результатам выполненных работ опубликовано 24 научных работы, в том числе в соавторстве подготовлены отдельные разделы двух монографий по скважинному подземному выщелачиванию урана, 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 10 свидетельств на программы для ЭВМ. **Во введении** обосновывается актуальность темы исследований, определяется основная цель работы, формулируются решаемые задачи, описываются научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов. Дан список основных положений, выносимых на защиту. Приводится краткое содержание работы.

Первая глава содержит геологическую информацию о объектах исследований, т.е. гидрогенных палеодолинных месторождений урана Хиагдинского рудного поля. Приведено обоснование необходимости применения прямого определения урана на месте залегания урановых руд методом КНД-М в условиях высокой изменчивости радиологических свойств рудоносных отложений. Приведены результаты применения метода КНД-М на стадии вскрытия рудных залежей технологическими скважинами, доказывающие повышение достоверности оценки промышленных запасов.

Во второй главе продемонстрированы результаты натурных испытаний. Обоснована возможность реконструкции исходных содержаний урана по данным гамма-каротажа на стадии отработки СПВ. Показано, что совместное использование ГК и КНД-М позволяет устанавливать зоны выщелачивания, переотложения и остаточной рудной минерализации и количественно оценивать степень извлечения урана. Это дает возможность рационально вести процесс извлечения урана из недр методом СПВ.

В третьей главе рассматриваются вопросы применения геотехнологического математического моделирования на объектах СПВ урана. Отдельно разбирается вопрос локализации поисков целиков урановых руд на заключительной стадии СПВ методом геотехнологического математического моделирования, что позволяет существенно минимизировать объемы бурения контрольных скважин. Оценить степень отработки отдельных участков рудных залежей в ходе процесса СПВ и верифицировать геотехнологическую модель с учетом гамма-каротажа в сочетании с каротажем мгновенных нейтронов деления при бурении контрольных скважин, перебурировании аварийных или сооружении дополнительных технологических скважин с целью сгущения сети технологических скважин.

В заключении сформулированы выводы по работе и рекомендации.

Актуальность работы. Приоритетной задачей России и госкорпорации «Росатом» является прирост запасов и вовлечения в разработку урановых месторождений, в т.ч в Витимском урановорудном районе в Республике Бурятия. В пределах Витимского урановорудного района выделяется Хиагдинское рудное поле, включающее восемь палеодолинных месторождений. Значительная часть этих месторождений уже вовлечена или планируется к вовлечению в промышленную разработку методом скважинного подземного выщелачивания АО «Хиагда». Особенностью данного района является то, что промышленная добыча урана методом СПВ ведется в зоне многолетней мерзлоты. Одной из важнейших задач для данных месторождений является разработка технологий, позволяющих достоверно оценивать промышленные запасы урана, а также повышать качество и полноту освоения недр. В данном случае предложенный диссертантом комплекс исследований, включающий гамма-каротаж, метод каротажа мгновенных нейтронов деления ^{235}U (КНД-М) и геотехнологическое математическое моделирование, позволяет решить многие вопросы как теоретического так практического содержания.

Научная новизна. Установлена изменчивость радиологических свойств урановых руд, обусловленная близсовременным возрастом урановых руд, особенностями химического состава подземных вод и поступлением радона из гранитного фундамента в рудоносный горизонт. Доказана необходимость прямого определения урана в рудах методом каротажа мгновенных нейтронов деления ^{235}U в сложных радиологических условиях месторождений Хиагдинского рудного поля. Обосновано применение нерегулярных сетей технологических скважин при контрастном распределении урана в рудах по площади рудных залежей. Впервые на урановых месторождениях Хиагдинского рудного поля проведена оценка остаточного и техногенно переотложенного урана в рудах и предложены способы рационального освоения недр.

Обоснованность научных положений. Работа содержит достаточно полное и ясно изложенное обоснование полученных результатов, сделанных выводов и заключений, с

достоверными ссылками на литературу, приведены необходимые для проверки выкладки и доказательства, а также значительным объемом фактических материалов. Все предложенные автором идеи реализованы и испробованы на модельных и экспериментальных данных, продемонстрирована их эффективность.

Теоретическая и практическая значимость работы. *Теоретическая значимость* диссертационной работы состоит в развитии представлений о радиологических особенностях гидрогенных палеодолинных урановых месторождений Хиагдинского рудного поля и влиянии этих особенностей на достоверность геофизической оценки промышленных запасов. Установлены закономерности изменчивости радиологических свойств урановых руд, обусловленные близсовременным возрастом руд, химическим составом подземных вод и поступлением радона из гранитного фундамента в рудоносный горизонт. Обоснована неприменимость традиционного гамма-каротажа для определения остаточных содержаний урана в выщелоченных рудах в условиях сернокислотного СПВ и показана принципиальная возможность реконструкции исходных содержаний урана по данным ГК. Получены новые данные о достоверности и информативности КНД-М как метода прямого определения содержаний урана *in situ* и верификации геотехнологических математических моделей.

Практическая значимость работы определяется тем, что на стадии вскрытия рудных залежей технологическими скважинами КНД-М повышает достоверность оценки промышленных запасов U и исключает погрешности, связанные с нарушением радиоактивного равновесия в системах U-Ra и Ra-Rn. Технологический и экономический эффект от применения КНД-М достигнут при бурении контрольных, добуриваемых и перебуриваемых скважин за счет исключения бурения скважин с керном, геологического опробования керна, химико-аналитических и радиометрических определений урана, радия, калия и тория. Полученные результаты могут быть рекомендованы к применению на других гидрогенных урановых месторождениях со сходными горно-геологическими условиями.

Личный вклад автора включает: формулировку целей и постановки задач исследований; сбор, анализ и обобщение геолого-геофизической информации; подготовки исходных данных и участие в разработке алгоритмов для создания комплекса программ для проектирования вскрытия и управления СПВ; организацию натурных исследований; организацию и участие в опытно-промышленных испытаниях, разработанных автором технологий, и подготовки выводов.

Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация по своим целям, задачам, содержанию, методам исследований, пунктам новизны и практической значимости соответствует паспорту специальности 1.6.9 – Геофизика. Выносимые на защиту положения

хорошо структурированы и обоснованы фактическим материалом. Детально доказаны: первое положение - в главе 1, второе положение - в главе 2 и третье положение - в главе 3.

Вместе с тем, как и любые исследования, работа содержит ряд дискуссионных моментов и замечаний:

1. Диссертант в своей работе ставит задачу 3: *«Обосновать необходимость прямого определения содержания урана в рудах методом КНД-М и доказать, что гамма-каротаж не применим для определения остаточных содержаний урана в рудах на стадии отработки рудных залежей сернокислотным СПВ»*. Требуется ли доказательства неприменимости ГК для определения остаточных содержаний урана? Очевидно же, что после техногенного вмешательства путем кислотного выщелачивания, природные значения КРР будут нарушены.
2. В диссертации в разделе 1.4.2. стр. 30 диссертант отмечает, что *«Такой большой диапазон геохронологии нами объясняется постоянным неравномерным по латерали и вертикали горизонтом привносом в рудную зону современного урана и подвижностью ^{234}U в слабокислой углекислой среде [24, 80]»*. Предполагаемый временной интервал образования урановых руд: 12,5 – 5,0 млн лет. Полученный диапазон датировок руд (4,6-24,4 млн лет) объясняется постоянным привносом современного урана и высокой подвижностью U^{234} . Почему это приводит только к «удревнению» руды и, практически, не сказывается на ее «омоложении»?
3. В диссертации в разделе 1.4.3. стр. 32 диссертант отмечает, что *«Появление нерудного радона приводит к завышению поправки на отжатие радона буровым раствором $\text{PRn} > 1,1$. Если не учитывать этот фактор, то оценка вскрытых запасов по ГК с поправкой $\text{PRn} = 1,1$ будет занижена»*. Это следует понимать как то, что поступление нерудного радона в сторону отжатия сказывается на не верной, уменьшенной оценке поправки PRn и, как следствие, на занижении запасов по ГК? Но, поступающий нерудный Rn^{222} разве не нивелирует эту погрешность? Применительно к скважине В1.3.5 - почему как фактор на данные ГК не рассматривается вероятное изменение (уменьшение) самого КРР в условиях постоянного поступления современного U ?
4. В работе говорится о том, что применение ИННК в АМК КНД-М позволяет определять влажность рудных интервалов и выделять водоупорные горизонты с высоким содержанием элементов-поглотителей, сильно сокращающих время жизни тепловых нейтронов (тн). А, как меняется тн в самих рудных интервалах? Вариации этого параметра, если таковые имеются, также как и изменение влажности, могут сильно влиять на плотность тепловых нейтронов и, в конечном итоге, на точность определения содержания урана. Учитывается ли это соответствующей поправкой?

В целом высказанные замечания не умоляют высокий уровень работы, но, по мнению оппонента, могут способствовать ее лучшему восприятию.

Заключение.

Диссертационная работа Гладышева А.В. по специальности 1.6.9. Геофизика отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по актуальности, обоснованности полученных результатов, научной новизны и практической значимости. Диссертация соответствует критериям ВАК о присуждении ученых степеней в актуальной редакции, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Гладышев Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 Геофизика.

Официальный оппонент:

Язиков Егор Григорьевич

доктор геолого-минералогических наук,

профессор отделения геологии

Инженерной школы природных ресурсов

федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Адрес: Россия, 634028, г. Томск, пр-кт Ленина, д. 2 ст. 5

Тел. +7(3822) 701777 Вн.т. 2911

E-mail: yazikoveg@tpu.ru

(подпись)

«23» сентября 2026 г.

Я, Язиков Егор Григорьевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Язикова Егора Григорьевича заверяю:

Ученый секретарь

Национального исследовательского

Томского политехнического университета

(подпись)

В.Д. Новикова

(подпись)

