



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,
ПЕТРОГРАФИИ, МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИГЕМ РАН)**

119017 Москва, Старомонетный пер., 35, тел. (495) 951-45-79 (канц.), факс (495) 951-15-87, E-mail: director@igem.ru,
ИНН 7706042076, КПП 770601001, БИК ТОФК 004525988, Банк ГУ БАНКА РОССИИ ПО ЦФО//УФК ПО Г. МОСКВЕ,
ЕКС: 40102810545370000003, Казначейский счет: 03214643000000017300, Лицевой счёт № 20736Ц85500, ОГРН 1027739282812,
ОКТМО 45384000, ОКВЭД 72.19, ОКПО 02699576

26.04.2024 № 13104 - 01/02 - 15

На № _____

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Сащенко Анны Владимировны на тему «Эволюция соединений урана на месторождениях базальных палеодолин и особенности их извлечения способом СПВ», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения

Актуальность представленной диссертационной работы несомненна, это обусловлено возрастающей ролью атомной энергетики в России и сложившимся в настоящее время дефицитом уранового сырья. Исследования А.В. Сащенко проведены на наиболее перспективных для добычи урана месторождениях песчаникового типа, где разработка производится высоко экономичным и экологически чистым способом СПВ. Полученные автором данные использованы подразделениями Федерального агентства по недропользованию («ВИМС», «Урангео») при проведении прогнозных и поисковых работ в Витимском УРР, что убедительно демонстрирует не только актуальность исследований диссертанта, но и их практическую значимость.

Диссертантом проведен сравнительный анализ трех песчаниковых палеодолинных месторождений, различных по возрасту и типу накопления урана, для выяснения условий их формирования, изучены преобразования руд, происходящие при их отработке. Поскольку руды таких месторождений сложены слабо сцементированным, рыхлым материалом (урановые черни), а рудные фазы

представлены дисперсными микронными образованиями, автор успешно использует комплекс высоко локальных методов (электронная микроскопия, рентгеновский микроанализатор состава, рентгенография и радиоизотопные исследования) для исследования рудного вещества. Похвально и привлечение данных микробиологии для обоснования своих выводов.

Содержание диссертации хорошо структурировано (Введение, 4 раздела, Заключение) текст изложен профессионально-грамотным языком.

Первый раздел «Становление теории формирования песчаниковых месторождений урана» написан четко и ясно. Дан краткий, но весьма содержательный исторический обзор открытий в России месторождений урана песчаникового типа и развития научных теорий формирования таких руд. Содержание раздела знакомит с современным состоянием изученности. Называются вопросы, требующие дальнейшего решения – о первичном накоплении и последующим перераспределении урана, о его взаимодействии с бактериальным сообществом и восстановителями (на разных стадиях литогенеза), отмечено, что эти знания необходимы для эффективной отработки руд. В последующих разделах, обобщая собственные результаты и литературные данные последних лет в области урановой геологии, А.В. Сащенко приводит решение вопросов, поставленных при подготовке диссертации.

Во втором разделе «Геологическое строение урановых объектов Витимо-Каренгского, Витимского и Зауральского районов и литогеохимические условия локализации оруденения» автором сопоставляются три типа гидрогенного уранового оруденения. Основные характеристики геологического строения рассматриваемых формирований урана собраны в таблицу (Табл. 2.1). Обобщены установленные ранее известные факторы, необходимые для гидрогенного уранового рудоформирования в песчаниках: 1) области складчатости с неоднократной активизацией и внедрением ураноносных пород фундамента; 2)

формирование площадных кор выветривания. Это позволило автору выделить ведущие и дополнительные критерии выявления таких месторождений.

А.В. Сащенко установлено, что ведущим фактором экзогенного рудообразования является преобразование растительного детрита, степень переработки/утилизации которого соответствует степени концентрирования урана в рудовмещающих толщах. Это проявляется последовательным развитием минеральных форм рудного элемента: сорбция – метгель – минерал (соответствуя уменьшению $C_{орг}$ от 15 до 0,1 %). Этому сокращению содержания $C_{орг}$ соответствует и увеличение масштаба рудных объектов, показывая длительность рудообразующего процесса.

Дополнительным ведущим критерием формирования гидрогенных палеодолинных месторождений автор считает наличие гумидного климата. Проведённое диссертантом исследование убедительно показывает необходимость гумидных условий для накопления в осадках массы растительного органического вещества, которое при последующем преобразовании обеспечит появление контрастного геохимического барьера. Таким образом отменяется заключение ранней теории образования экзогенно-эпигенетических месторождений об исключительно аридном климате. Выводы соискателя, суммированные в 1-м защищаемом положении, убедительно обоснованы.

В третьем разделе «Последовательное формирование урановорудных концентраций на стадиях литогенеза и роль растительного органического вещества» рассмотрены процессы накопления урана и изменения урансодержащих фаз на различных стадиях преобразования осадочной толщи, а также взаимосвязь изменения растительного органического вещества с накоплением урана. Здесь приведены данные ЭМ-изучения образцов (фото, анализы, спектры). Обобщающий результат, в виде таблицы, представляет последовательность преобразований осадочной толщи, вмещающей урановые концентрации. На эти данные опирается 2-е защищаемое положение. В его формулировке некоторое

сомнение вызывает «обязательность» последовательной модификации концентраций урана. Ведь автор диссертации согласен, что этот процесс непрерывен, значит при достаточной длительности преобразования осадочных толщ такая трансформация непременно будет совершаться идущими гипергенными процессами. Кроме того, в многочисленных (изученных мною) образцах из месторождений Витимского УРР (Хиагдинское РП) вместе присутствуют и микрокристаллические формы рудного U-фосфата, и метавелинингиоит-сульфидного состава, а в околорудных образцах установлена сорбция урана гётитом. Вероятно, правильнее будет говорить о преобладающем проявлении одной из рассмотренных «стадий», т.е. минеральных форм, в различных участках месторождения или рудопроявлениях. Однако, это замечание – скорее стилистическое. Выводы 2-го тезисного положения хорошо проработаны и достаточно обоснованы.

Четвертый раздел «Изменение вещественного состава руд при проведении СПВ» демонстрирует непосредственную связь науки и производства: геологические исследования диссертанта дополняются выходом в область практического применения – изучением результатов промышленного подземного выщелачивания. Сравнительный анализ извлекаемости урана на двух отечественных промышленных объектах палеодолинного типа (Хиагда, Витимский р-н, и Добровольное, Зауралье), проведенный по современным и архивным данным, позволил установить причины уменьшения степени извлечения полезного компонента. Проведен сравнительный анализ рудовмещающих пород до и после выщелачивания на месте проведения добычи. Повышенные содержания урана, зафиксированные после отработки руд, разделены диссертантом на остаточные и переотложенные. Привлекая данные по выщелачиванию урана, полученные в лабораторных опытах, автором изучены процессы, приводящих к «недовыщелачиванию» урана из руд. Выяснена природа повышенных содержаний урана в рудовмещающих породах на месте проведения

СПВ – результат переотложения рудной минерализации. Тип урановой минерализации рассматривается как ведущий фактор, влияющий на технологические особенности добычи, в том числе – на степень извлечения урана методом сернокислотного скважинного ПВ. Приведенные в разделе, весьма информативные литологические колонки рудовмещающего горизонта на месте проведения добычи/опыта (Рис .4.2 и 4.17) насыщены результатами исследований, помогая обобщенному восприятию материала. Детальные минералогические исследования рудовмещающих пород после выщелачивания служат надежной базой 3-го защищаемого положения.

Диссертационная работа Анны Владимировны Сащенко является пионерской в области изучения гидрогенных (т.н. экзогенно-эпигенетических) месторождений урана в песчаниковых толщах. Прежде всего, это обусловлено утверждением органического растительного материала как ведущего фактора экзогенного рудообразования урана, что убедительно показано результатами работы. Предшествующие исследователи всегда отмечали органическую составляющую черневых руд как обязательный компонент, но такая высокая, ведущая её роль заявлена впервые. К важнейшим результатам я отношу заключение диссертанта: «тип урановой минерализации сопровождается преобразованием органического вещества и действием бактериальных сообществ».

Кроме того, впервые в таком широком объёме, на многочисленных образцах прослежено формирование урановорудных концентраций на различных стадиях литогенеза. Такое тщательное сопоставление типа урановой минерализации и литологического состава рудовмещающих пород ранее не проводилось. Учитывая высокую дисперсность и микронную размерность рудного вещества, что весьма осложняет изучение, проведение таких исследований следует считать заслугой диссертанта.

К заслугам автора следует отнести широкий диапазон исследований – «тонкая» минералогия и высоко локальные методы, литология, стратиграфия,

геология и особенности добычи методом СПВ, – выполненных на хорошем профессиональном уровне.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаю целесообразным продолжить работу по изучению процессов преобразования РОВ и взаимодействию урана с бактериальным сообществом, для выявления механизмов восстановления и фиксации урана в песчаниковых толщах. Желательно привлечь микробиологов, связанных с биорекультивацией почв и иммобилизацией урана в почвах.

Для практического использования интересны впервые прослеженные особенности формирования остаточных и переотложенных минеральных фаз в рудовмещающих толщах после отработки руд способом СПВ; дальнейшее внедрение результатов несомненно повысит эффективность применения этого метода добычи урана.

Замечания

1. Неверно рассматривать пирит восстановителем урана, как сказано автором на стр. 43-44 и 60. Заключение о том, что *пирит не может не может быть причиной осаждения урана* в зоне формирования гидrogenных руд в осадочных толщах (на выклинивании зон пластового окисления) приведено в монографии А.К. Лисицина (1962). Это подтверждают современные результаты изучения минералогии руд песчаниковых месторождений урана на уровне электронной микроскопии.

2. В диссертации нередко приведены ЭМ-фотографии при недостаточно высоких увеличениях, что не позволяет их достоверную трактовку. Так, ошибочным является заключение диссертанта (стр.45) о высоких концентрациях урана, кальция и фосфора «в большинстве фрамбоидов пирита». Поскольку в работе (Дойникова и др., 2020) показано присутствие колломорфного нингиоита в виде «цемента» внутри фрамбоида пирита, где поверхность микрокристаллов пирита не изменена.

3. Мнение о восстановлении урана растительным детритом, сказанное в работах 60–70 гг., лишь приблизительно соответствует современным знаниям: публикации микробиологов по вопросам биорекультивации свидетельствуют, что восстановление и осаждение урана вызвано деятельностью микроорганизмов. Хочется пожелать соискателю более подробного знакомства с работами по этой теме.

Рекомендательный характер носят следующие замечания:

Урановые формирования в рудах не стоит называть гелями («поликомпонентные гели» на стр.33), следует использовать приставку «мета-» (метгель) обозначающую в геологии переход в твердую форму.

Недостаточно проработан вопрос о влиянии типов растительности – хвойная и широколиственная – на различие типов урановой минерализации в регионах рудоформирования.

Диссертант неверно характеризует область моих исследований – «различия в микробиологическом сообществе» в связи с типами урановой минерализации – как сказано на стр. 35-36, мною не рассматриваются. Кроме того, фосфор из органического вещества не «высвобождается с помощью фосфобактерий», как здесь же пишет автор. (Эти бактерии переводят труднодоступные для растений соединения фосфора из органических соединений в доступные неорганические). Рекомендуется более глубокое знакомство с моими публикациями последних лет.

Сделанные замечания не уменьшают значимость полученных автором научных результатов.

В целом диссертационная работа Анны Владимировны Сащенко является законченной научным исследованием. Разносторонний охват изучаемых вопросов, хорошее владение материалом, вдумчивый анализ полученных данных характеризуют диссертанта как сложившегося квалифицированного специалиста.

Считаю, что рассматриваемая диссертация соответствует всем требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата геолого-

минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения, а ее автор Сащенко Анна Владимировна, заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент –
доктор геол.-мин. наук,
ведущий научный сотрудник,
Лаб. Радиогеологии и Радиогеоэкологии,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской академии наук (ИГЕМ РАН). 119017, г. Москва, Старомонетный пер. 35.

e-mail: doa@igem.ru

телефон: +7(499)2308411

О. Д. [Redacted]

Дойникова Ольга Александровна

Я, Дойникова Ольга Александровна, согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

О. Д. [Redacted]

Подпись руки *Дойниковой О.А.*
удостоверяется.
Заведующий канцелярией Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института геологии рудных
месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской академии наук МИНОБРНАУКИ России

