

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Енгальчева Святослава Юрьевича «Ренийность осадочного чехла Восточно-Европейской платформы», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10. – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Актуальность исследований. Диссертация посвящена разносторонней геологической характеристике: распределения, типов минерализации и оруденения, возрастных и литологических факторов и уровней накопления рения в осадочном чехле Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Автором совершенно справедливо обращено внимание на низкую изученность и отсутствие современных прогнозных оценок территории России на рений. Учитывая высокую потребность в рении в различных современных технологиях и полной зависимостью потребления рения в России от импортного сырья, проведенные С.Ю. Енгальчевым исследования несомненно являются актуальными.

Целью работы С. Ю. Енгальчева являлась оценка уровня накопления рения осадочными породами Восточно-Европейской платформы, на основе комплексного геологического, геохронологического, минералогического, геохимического изучения, а также прогноз рениевого оруденения и обоснование перспективных на поиски и разработку рудных объектов в осадочных толщах ВЕП. Основой исследований стал богатый фактический материал (более 2000 образцов) по осадочным толщам более десяти областей Европейской части России, собранный, в том числе, и лично автором.

Методы исследования включали: петрографическое изучение, гранулометрический анализ проб рыхлых отложений с выделением глинистой, алевро-песчаной, сульфидной фракций и последующим их анализом на порообразующие и примесные элементы, рентгенофазовый анализ глинистых минералов, сканирующую электронную микроскопию, ИСП-МС определение рения, урана, молибдена и более 30 сопутствующих элементов (в том числе с использованием лазерной абляции) (например, стр.236), рентгеноспектральный анализ порообразующих компонентов, кулонометрическое и ИКС определение органического, карбонатного и общего углерода. Для определения рения использована аттестованная методика, разработанная в ЦАЛ ФГБУ «Институт Карпинского». Кроме того, исследования сопровождались лабораторными экспериментами по определению подвижных форм рения в рений-содержащих рудах и породах.

Научная новизна и результаты работ. На основании обобщения и анализа оригинальных (полученных автором диссертации) данных по отложениям осадочного чехла ВЕП: определены строение, структурно-вещественные особенности, условия формирования и пространственно-временные закономерности размещения ренийсодержащих рудных формаций; создана геохимическая (с металлогенической нагрузкой) база

данных; для ряда объектов установлены формы нахождения рения; выделены и охарактеризованы потенциально рениеносные области и районы.

Практическую значимость работы обуславливают: выявленные главные закономерности размещения, поисковые признаки и прогнозные критерии рений-содержащих рудных формаций ВЕП; данные о формах нахождения рения в отложениях осадочного чехла ВЕП; созданные Государственные геологические карты с результатами выделения перспективных потенциально рениеносных областей и районов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяются: данными документации опробования; достаточно большим количеством отобранных проб и образцов (более 2000) из отложений осадочного чехла более 10 областей, расположенных на территории ВЕП; высоким качеством аналитического комплекса и разнообразием использованных методов, метрологические характеристики которых соответствуют нормативным требованиям; апробацией полученных результатов на российских и международных совещаниях и конференциях; представлении результатов на Государственных геологических картах.

К диссертации имеется ряд вопросов и замечаний разного уровня значимости:

Глава «Методы исследования» отсутствует. Имеется только перечень использованных в работе методов и подходов, перечисленных на одной странице в разделе «Методы исследования», а также ссылки на методы по ходу повествования. Такая глава необходима.

При геохимических исследованиях обязателен контроль качества аналитических данных, который осуществляется параллельным анализом одних и тех же элементов разными методами и в разных лабораториях, а также сравнением с результатами, полученными по стандартным образцам. В работе отсутствуют данные о проведении такого контроля. Имеется только ссылка на аттестованную методику №10/2010, разработанную в Центральной аналитической лаборатории ФГБУ «Институт Карпинского». Необходимо было показать графики (или таблицу) сходимости параллельных определений элементов и, прежде всего на рений, полученных в ЦАЛ ФГБУ «Институт Карпинского» и в других лабораториях или другим методом (например, инструментальным нейтронно-активационным; Kolmogorov Yu.P. et al., Development of a complex of instrumental nuclear-physical methods to detect PGE, Re, Au, and Ag in hard-to-analyze rocks and complex ores // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 2009. V.603. P.131–133), для очень специфических проб, с высокими содержаниями органического углерода, присутствие которого крайне усложняет проведение анализа.

В диссертации сказано, что (стр.15) достоверно известно несколько минералов рения: джесказганит, моносulfид рения (ReS_2), оксид рения (Re_2O_7), рениит (ReS_2) и самородный рений в вольфрамите. В системе mindat.org кроме перечисленных минералов представлен также таркианит

(Tarkianite - $(\text{Cu,Fe})(\text{Re,Mo})_4\text{S}_8$) и 13 неназванных соединений, содержащих рений.

При характеристике ренийсодержащих рудных формаций и типов рениевых руд в диссертации показано, что в настоящее время одним из главных источников рения являются молибден- и медно-молибден-порфировые месторождения с содержаниями в молибдените достигающими 1,8 мас.% Re (среднее 660 ± 68 г/т Re) (стр. 16). Автор не упомянул исследования геологов (Voudouris P. et al., *Extremely Re-Rich Molybdenite from Porphyry Cu-Mo-Au Prospects in Northeastern Greece* // *Minerals* 2013, 3, 165-191; doi:10.3390/min3020165), которые обнаружили в молибденитах из руд медно-молибден (с золотом)-порфирового месторождения Pagoni Rachi (Греция) ураганные содержания рения, достигающие 4,14-4,61 мас. % Re процентов. На этот факт следует обратить внимания, потому, что он является своеобразным современным ориентиром возможного уровня концентрирования рения в молибденитах медно-молибден-порфировых систем, которые могут быть встречены и в объектах России.

При характеристике рениевой минерализации вулкана Кудрявый, по-видимому, следует сделать ссылку на первые публикации, в которых об этом сказано: Ткаченко и др., 1992; Коржинский и др., 1993; Korzhinsky et al., *Nature*, 1994 и др.

Складывается впечатление, что диссертант не любит зарубежные издания. Это проявляется как в собственных публикациях (нет ни одной в международном издании), так и в цитированной литературе. В отличие от ссылок на отечественную литературу, по вопросам распределения рения в осадочных отложениях, на зарубежные публикации имеется 15 ссылок из общего списка 250. Замечание связано с тем, что в зарубежных публикациях тоже достаточно активно обсуждаются проблемы, затронутые в диссертации, и привлечение опубликованных там результатов не ухудшило бы диссертацию.

Автором создана своеобразная информативная классификация ренийсодержащих рудных формаций в осадочном чехле ВЕП, с примерами аналогичных месторождений в Море (табл. 3.35 и табл.1 в автореферате), данными о средних содержаниях рения в породах и рудах и геодинамической обстановкой формирования руд. В качестве одной из ренийсодержащих рудных формаций указана «Каменноугольная» (№3) с характерным примером – Ангренским месторождением. Похоже, здесь закралось какое-то недоразумение. Дело в том, что Ангренское месторождение является буроугольным (уголь сортируется на два класса: бурый крупный и бурый мелкий) (Кривенко Ю.Н., Боднар В.И. Разрез «Ангренский» – уникальное каолино-угольное месторождение // *Горный Вестник Узбекистана*. 2008. №32. С. 10-14; Исоматов Ю. П., Сохибов И. Ю. Об истории геологического развития Ангренского угольного месторождения // *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Sciences*/ 2021. V. 2, Is. 6. P. 19-22.). Кроме того, почему-то, Ангренское месторождение переместилось в Казахстан. Наши

узбекские товарищи могут это не понять. Или, в таблице имеется ввиду какое-то другое Ангренское месторождение?

Автор употребляет термины углистые, углеродистые, битуминозные сланцы. Это одно и то же или между ними имеются существенные различия?

У автора, вероятно, имеются данные о ренийности не только отложений ВЕП, но и других регионов. Интересно, а сланцы бажендовской свиты Западной Сибири можно рассматривать в настоящее время или в перспективе в качестве ренийной формации?

Можно ли на основании проведенных исследований сделать вывод о том, что положение ренийных формаций и месторождений контролируется (наряду с другими факторами) геологическими структурами в фундаменте ВЕП?

При рассмотрении руд Брикетно-Желтухинского месторождения автор (стр. 239), на основании наличия высокой корреляционной связи рения и молибдена в породах с молибденсодержащими минералами, делает предположение-вывод о том, что рений входит в структуру этих минералов, замещая молибден. Но для такого вывода необходимо провести определения элементов в самих молибденсодержащих минералах и выполнить корреляционный анализ этих данных.

Совершенно непонятны высокие содержания (и, соответственно, процент извлечения) в водной вытяжке никеля (92% извлечения), цинка (76%), кобальта (69%), кадмия (61%) из органогенно-сульфатной руды Шаргадыкского месторождения, если учесть, что эти элементы концентрируются в сульфидной фракции (стр. 233-234). В данном случае было бы очень полезно посмотреть использованную методику селективного выщелачивания и как велась подготовка проб. Чем можно объяснить такое извлечение, тоже присутствием в руде «гелеобразного вещества железо-сернистого состава»?

По данным Miller et al (2015) при выветривании углеродистых сланцев происходит практически 100% вынос рения, сопровождающийся также выносом большей части (75%) органического углерода из профиля выветривания. В диссертации рассматривается подобный источник (южный склон Балтийского щита) и механизм поступления (выветривание) рения в бассейн при формировании дикионемовых сланцев (стр. 244; 250)? Если так, то это противоречит предположениям о том, что рений, уран и молибден мигрируют на незначительные расстояния (стр. 247). Или говорится о том, что эти элементы не мигрируют на значительные расстояния в только восстановительных условиях?

Возможность участия в концентрировании рения растений показана в диссертации (стр. 252 и др.), а имеются ли данные о концентрировании рения микроорганизмами (бактериями)?

В целом, несмотря на имеющиеся вопросы, следует отметить, что диссертация и автореферат хорошо оформлены с многочисленными цветными картами, рисунками, схемами, графиками, написаны хорошим

понятным языком, содержат большое количество не только новых, полученных автором и при его участии данных, но и полезной информации, обобщенной на основании анализа опубликованной литературы, о типах рениевой минерализации и руд, природных источниках рения и областей его применения, о ренийсодержащих рудных формациях. Список литературы состоит из 250 наименований, отражает проблему и характеризует уровень изученности рассмотренных объектов. Незначительные недостатки оформления работы, сводятся к наличию редких опечаток и мелких ошибок. Диссертация содержит большой объем оригинальных данных, а также представляет собой крупное обобщение по геологии рения и поэтому может рекомендоваться для издания в качестве монографии (несмотря на уже изданную в 1999 г.), но, при обязательном условии, что будет проведено предварительное очень тщательное редактирование текста, с исправлением и ликвидацией некоторых «недоразумений».

Содержание автореферата соответствует тексту диссертации.

Таким образом, диссертация «Рениеносность осадочного чехла Восточно-Европейской платформы» соответствует критериям, установленным для докторских диссертаций Положением о порядке присуждения ученых степеней, а именно: представленная диссертация является научно-квалификационной работой высокого уровня, в которой, с применением современных аналитических методов и подходов, приведены результаты детальных исследований распределения и форм нахождения рения, закономерностей размещения ренийсодержащих формаций в отложениях осадочного чехла Восточно-Европейской платформы; даны прогнозные оценки на рений отдельных областей и районов Европейской части России; охарактеризованы геолого-генетические особенности накопления рения в осадочных породах. Диссертация написана единолично, содержит совокупность новых научных результатов и положений о рениевом потенциале осадочного чехла ВЕП. Работа имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в разрабатываемую научную проблему; сделанные автором выводы строго аргументированы и критически оценены в сравнение с другими известными данными, ссылки на которые приведены в списке использованной литературы. Основные научные результаты диссертации опубликованы: в 22 научных изданиях, из которых 15 включены в перечень, рекомендованный ВАК МинОбрНауки РФ; в 4 монографиях; в 11 материалах и тезисах докладов. С.Ю. Енгальчев кроме того, является соавтором пяти листов Государственной геологической карты Российской Федерации и объяснительных записок к ним. Полученные результаты и выводы имеют важное значение для оценки рудоносности и обоснования направлений поисков и разведки промышленно значимых концентраций рения в отложениях осадочного чехла ВЕП, а разработанные подходы и использованные методы могут быть применены для поисков и обоснования перспективных на рений территорий за пределами ВЕП.

Представленная работа «Рениеносность осадочного чехла Восточно-Европейской платформы» соответствует уровню, критериям и требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Енгалычев Святослав Юрьевич демонстрирует высокую квалификацию и заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10. – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Я, Жмодик Сергей Михайлович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 3. Тел: +7 (383) 373-05-26, доп.3-35; моб. 8 (913) 8912257; эл. почта: zhmodik@igm.nsc.ru

Главный научный сотрудник Института геологии и минералогии
Сибирского отделения РАН, Новосибирск, доктор геол.-мин. наук,
старший научный сотрудник Сергей Михайлович Жмодик

11.04.2025



Подпись
ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
ЗАВ. КАНЦЕЛЯРИЕЙ
ШИПОВА Е.Е.
11.04.2025 г.