

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу  
Кайлачакова Платона Эдуардовича

«Геологические условия локализации и минералого-геохимическая характеристика U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения (Подмосковный бассейн) », представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения (25.00.11).

Диссертационная работа Кайлачакова Платона Эдуардовича посвящена изучению рениеносности комплексного U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения. Основное потребление в РФ рения (5-10т) покрывается импортом и связано с авиастроением, ракетно-космической и нефтеперерабатывающей отраслями. Учитывая экономическую, в том числе санкционную (зависимость от импорта) ситуацию, в которой в настоящее время оказалась Россия, актуальность диссертационной работы бесспорна. Установленные автором закономерности образования и локализации рениевого оруденения могут быть использованы для решения широкого круга задач: прогнозно-поисковых, технологических и др. Целью настоящей работы является уточнение локализации U-Mo-Re оруденения Брикетно-Желтухинского месторождения. В основу настоящей работы положены материалы, полученные автором в процессе ГРП на этом месторождении в 2013-2015 гг. Непосредственно автором осуществлялся сбор и анализ ретроспективных материалов, проводилась документация керна скважин с построением геологических колонок, разрезов и карт, а также математическая обработка геохимических данных. Автор участвовал в проведении минералого-геохимических исследований, а также в опытах по выщелачиванию U, Mo, Re из рудных проб.

Данная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, включающего 145 наименований. Работа содержит 143 страницы, 46 рисунков и 11 таблиц.

В процессе проведенных исследований были сформулированы три защищаемых положения:

1. В субгоризонтально залегающей рудовмещающей песчаной толще (бобриковский горизонт, визе) гидрогенного палеодолинного U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения установлены пологие куполовидные морфоструктуры с раздувами мощности, осложняющими стратиформные субпластовые рудные тела. В меридиональном сечении залежи отвечают роллам с классическим распределением U, Mo, Re – с широкими ореолами рения, охватывающими участки повышенных концентраций молибдена и урана.

2. Экспериментально установлены формы нахождения рудных элементов в богатых Re рудах: Re (56%) и Mo (47%) преимущественно связаны с органическим веществом руд; значительная часть Re (30%) представлена ионообменной формой, а Mo (43%) – прочносвязанной минеральной; доминирующее количество урана (> 90%) находится в слабосвязанной подвижной форме. В рудах месторождения выявлена значимая положительная корреляция Re с Mo, U, Ag, Se, Zn, Co, Ni, Pb.

3. Уточнен минеральный состав рудных компонентов Брикетно-Желтухинского месторождения:

- Re+Mo – содержатся в молибдените (~1.7 мас. % Re) и иордизите, несущих примеси Se, As, Zn, Co, Ni (~1.5 мас. %);

- селен – представлен Se-пиритом, клаусталитом PbSe и джаркенимом FeSe<sub>2</sub>;

- уран – установлен в составе акцессорных минералов: циркон, ксенотим, монацит и РЗЭ-фосфат (3–6 мас. % U); встречается оксид урана (~1 мкм) в пирите.

Во введении подробно раскрыта актуальность работы, перечислены цели, задачи, исходные материалы и методы исследований, представлена научная новизна, практическая значимость, а также указано, где проведена апробация работы, и личный вклад автора.

Во введении автор достаточно подробно рассмотрел перспективы получения рения из отечественных медно-молибденовых месторождений и фумарол вулкана Кудрявого. Перечислил недостатки освоения этих объектов и пришел к выводу, что Брикетно-Желтухинское месторождение и Подмосковный бурогольный бассейн в целом могут стать основным поставщиком рения для отечественной промышленности. Необходимо отметить,

что рыночная конъюнктура металлов высоких технологий изменяется достаточно быстро. Учитывая это, автору следовало использовать преимущественно источники информации за последние 2-3 года. Также автору необходимо было пояснить, почему рассматриваемое месторождение до сих пор не осваивается, хотя с момента его постановки на государственный баланс прошло более 5 лет.

В главе 1 автором рассматривается геологическая, гидрогеологическая, геохимическая изученность Скопинского района. В ней представлены краткие данные по гидродинамике, в частности, движению подземных вод, а также об особенностях распределения и характере взаимосвязей химических элементов. Ссылаясь на коллег (Трач, Бескин, 2011г.), демонстрируется карта с весьма существенными прогнозными ресурсами рения категории  $R_3$  для Подмосковной провинции в количестве 2500 т. Однако авторского обоснования этой величины не приведено.

Далее по тексту указывается, что движение вод во всех горизонтах направлено на север, в сторону долины р. Моша, где частично происходит их разгрузка, а большая часть вод продолжает двигаться под долиной р. Моши в сторону долины р. Ранова, т.е. на восток. Автор не указал, как отработка месторождения способом СПВ, с учетом гидрогеологических особенностей района, повлияет на окружающую среду, в том числе на поверхностные воды.

В главе 2 представлены ретроспективные данные о тектоническом, геологическом строении Скопинского района, его стратиграфии и развитых здесь полезных ископаемых, которые в основном представлены бурыми углями.

В главе 3 приведены данные о геолого-тектонической позиции U-Mo-Re Брикотно-Желтухинского месторождения, его геологическом строении и литологии пород. Здесь же представлена краткая характеристика подстилающих карбонатных пород фаменского яруса верхнего девона, рудовмещающей песчаной толщи бобриковской свиты визейского яруса каменноугольной системы, а также непосредственно рудных тел месторождения. Показано, что породы девона нередко брекчированы и иногда характеризуются повышенными содержаниями рения. Автором подтверждено, что рудовмещающие отложения бобриковской свиты относятся к русловым и пойменно-болотным фациям, содержат большое количество углистого детрита и дисульфидов железа. Именно с прослоями углистых пород ассоциируют максимальные концентрации Re, U и Mo. В процессе проведенных геологических исследований и анализа распределения рудных компонентов (Re, Mo, U, Se) по профилям разрезов автором выявлены куполовидные морфоструктуры рудовмещающей толщи, которые рассматриваются как результат ее постседиментационных деформаций и ассоциируются с гидротермально-гидравлической деятельностью.

Результаты работ и выводы, изложенные в главе 3, весьма интересны. Однако стоило привести больше информации по минералогии и геохимии ренийносных брекчий карбонатных пород верхнего девона, установленных в скв. Г-6, так как не понятно, отмечаются ли в этих брекчиях наряду с рением повышенные содержания U, Mo и др. элементов?

В главе 4 охарактеризована геохимия руд месторождения, представлена статистическая обработка результатов опробования руд, показана зональность роллового типа, а также представлены результаты опытов по последовательному выщелачиванию основных компонентов. Установлено, что для рудовмещающих песков характерны повышенные содержания U, Mo, Se и Re и спутников рудных элементов –V, Co, Ni, Zn, As. Участки с максимальными концентрациями U, Mo и Re в основном совпадают, однако местами рений показывает заметно повышенные концентрации ( $> 0,5$  г/т) и в тех интервалах, где U и Mo практически отсутствуют. Наиболее высокое обогащение металлами наблюдается в углистых слоях, залегающих среди песков. Сравнительный анализ рудных проб с различными содержаниями рения позволил автору выявить три группы парагенетически связанных химических элементов: сульфидную (гидротермальную); редкометалльно-редкоземельную; карбонатную. По результатам погоризонтного детального картирования ореолов осаждения U, Mo и Re, с учетом опробования на Se керн нескольких скважин, автором была установлена рудоконтролирующая зональность, схожая с той, что проявлена на классических пластово-

инфильтрационных месторождениях урана. От тыловой зоны к передовой, эта минералогическая зональность на рассматриваемом объекте в упрощенном варианте представлена:  $U \rightarrow Mo \rightarrow Re$ .

В результате экспериментов по последовательному выщелачиванию, проведенного по методике И.В. Викентьева (2007) и Г.В. Новикова (2014), автором установлено, что в богатом рением образце основная его часть связана с органической и ионообменной формами, другие формы рения в рудах (прочносвязанная и остаточная) имеют резко подчиненное значение. Молибден примерно в равных долях распределен между органической и минеральной (прочносвязанной) формами. Уран в основном находится в подвижной форме.

Подход, который применил автор при статистической обработке результатов химических анализов, уместен, но все же сгруппировать пробы стоило с учетом результатов детальных минералогических исследований (просмотра шлифов, аншлифов и т.д.). Те вначале следовало выделить предварительные минеральные ассоциации или парагенезисы (группы) и рассчитать коэффициенты парной корреляции для каждой группы по отдельности.

В традиционной модели пластово-инфильтрационных месторождений в тыловой части рудных тел, как правило, повсеместно отмечаются окисленные породы. В то же время на геологических разрезах автора в тыловой части ролла показана обширная область с сульфидной минерализацией. Автор отмечает, что пластовое проявление окисления приурочено к наиболее проницаемым участкам пород. Следовало отразить даже локальные признаки окисления пород на геологических разрезах, так как оно является весьма важным поисковым признаком и элементом минералогическо-геохимической зональности для уран-полиэлементных месторождений.

В главе 5 подробно изложена минералогическая характеристика руд Брикетно-Желтухинского месторождения. Вначале представлен краткий обзор результатов минералогических исследований по ретроспективным данным. Далее приведены результаты исследований автора. Перечислены акцессорные и глинистые минералы. Достаточно подробно изучена рудная минерализация. Так минеральные фазы селена представлены Se-пиритом, джаркенитом ( $FeSe_2$ ) и клаусталитом ( $PbSe$ ). Уран обнаружен в виде субмикронных включений уранинита (настурана), отмечается в составе углистых частиц (предположительно сорбированный), в составе оксидной Al-Fe-фосфатно-сульфатной массы с переменным содержанием Si (электроноаморфное вещество), присутствует в виде примеси в цирконе и редкоземельном фосфатном минерале типа рабдофана. Молибден в рудах обычно представлен молибденитом и иордизитом с примесью 5–9 масс. % Fe и до 1,5 масс. % Re, Se, As, Zn, Co, Ni. Рений соответственно зафиксирован в составе минеральных фаз молибдена. В конце главы дается обоснование генезиса минералов, проявленных на месторождении.

По сути на основе ЭДС-спектров и химического состава, автором осуществляется диагностика частиц. Известно, что такое определение минеральных фаз является приблизительным. Точная идентификация требует дополнительных исследований, в т.ч. с применением метода рентгеноструктурного анализа и др. Такой достоверный исследовательский подход был применен в работе Расуловой С.Д. с коллегами (2007).

В главе 6 представлена разработанная автором генетическая модель рудообразования, которая имеет комбинированную син-эпигенетическую природу. Ниже по тексту рассмотрены физико-химические условия формирования минералов U, Mo, Re, Se. По мнению автора, на первом этапе образования месторождения накопилась мощная толща существенно кварцевых песков. Она содержала аномальные послойно-рассеянные скопления металлов (Fe, Cu, Ni, Zn, Pb, U, Mo, Re) и серы. Второй рудообразующий этап связан с латеральной фильтрацией обогащенных кислородом подземных вод по высокопроницаемым горизонтам. Этот процесс, скорее всего, сопровождался частичным переотложением U, Mo, Re, Se, Cu, Ni, Zn из послойной дисперсной рудной минерализации первого этапа. Рудообразование происходило на восстановительном (растительный детрит и, возможно, пирит) и на сорбционном барьерах (глинистые осадки). Предполагается поступление в породы осадочного чехла в рудообразующий этап глубинных эксфильтрационных вод и рассолов и, возможно, мантийных флюидов.

Автор указывает, что процессы разрушения пород Воронежского кристаллического массива обеспечивали поступление значительных количеств как «гранитофильных» (U, Mo, Pb, Y, P3Э), так и «базитовых» (Fe, Ni, Co и др.) элементов. С учетом того, что генетическая модель предполагает в том числе участие мантийных флюидов, не исключает ли автор гидротермальный генезис Fe, Ni, Co и др. элементов?

В одном случае автор указывает, что на сингенетическом этапе рудообразования в толще накапливались U, Mo, Re и др. металлы, на эпигенетическом - сказался вклад глубинных магматических флюидов, также несущих U, Mo, Re, Se. Осталось не до конца ясным, с какими процессами (экзодиагенетический, эпигенетический и гидротермальный) связано накопление тех или иных геохимических элементов?

В конце диссертации изложено заключение и список литературы.

Несмотря на значительный перечень литературы, представленный в диссертации, в будущем автору рекомендуется ознакомиться с публикациями:

1. Максимова М.Ф., Шмариович Е.М., Рехарская В.М. «Рений – сопутствующий компонент урановых инфильтрационных месторождений», 1983г.

2. Максимова М.Ф., Шмариович Е.М. «Рений в инфильтрационных уранугольных месторождениях», 1982г.

Наряду с отмеченными замечаниями, к сожалению, также не определен вклад сингенетического, эпигенетического и глубинного восстановительного процессов в рудообразование. На визуализированной геолого-генетической модели не продемонстрировано поведение химических элементов и последовательность минералообразования на различных этапах рудогенеза.

Несмотря на ряд критических замечаний, все главы работы и изложенные выводы в заключении вполне аргументированно и обстоятельно доказывают три защищаемых положения.

Представленная диссертация актуальна, имеет научную новизну и практическую значимость и является законченной работой. Автореферат и приведенные в нем публикации отражают основные положения диссертационной работы.

Рассмотренная диссертация П.Э. Кайлачакова «Геологические условия локализации и минералого-геохимическая характеристика U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения (Подмосковный бассейн)» отвечает требованиям, предъявляемым п.9 «Положение о присуждении ученых степеней» утвержденного Правительством РФ №842 от 24.09.2013г. Автор диссертации Кайлачаков Платон Эдуардович заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 (25.00.11) – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Зав. отделом урана и редких металлов ФГБУ «ВИМС»,  
кандидат геолого-минералогических наук

 Н.А. Гребенкин

Я, Гребенкин Николай Анатольевич автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Гребенкин Николай Анатольевич

Ученая степень: кандидат геолого-минералогических наук,

Должность/место работы: заведующий отделом урана и редких металлов Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС»)

Почтовый адрес ФГБУ «ВИМС»: 119017, Москва, Старомонетный пер., д.31.

Интернет сайт ФГБУ «ВИМС»: [vims-geo.ru](http://vims-geo.ru)

E-mail: [grebenkin@vims-geo.ru](mailto:grebenkin@vims-geo.ru)

Телефон: +7(926) 555-22-40

