

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу Кайлачакова Платона Эдуардовича на тему: «Геологические условия локализации и минералого-геохимическая характеристика U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения (Подмосковный бассейн)» представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 (1.6.10) – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.**

За последние десятилетия в мире значительно возрос уровень потребления рения. Отечественная минерально-сырьевая база рения представлена в основном разномасштабными комплексными коренными месторождениями, которые можно подразделить на собственно рениевые и ренийсодержащие (вольфрам-молибденовые, медно-порфиновые и молибденовые). В собственно рениевом Брикетно-Желтухинском месторождении в Рязанской области рений является основным полезным компонентом в рудах, сопутствующими - молибден и уран.

В России наибольший ресурсный потенциал (3/4 от суммарного) составляют месторождения инфильтрационно-полиметального типа. Потенциал Подмосковной провинции, куда относится изучаемое Брикетно-Желтухинское месторождение, составляет ~80% от ресурсов Re указанного типа.

Промышленное освоение таких объектов нетрадиционного ренийсодержащего сырья всегда базируется на максимально полной информации не только о геологических особенностях месторождения, но о составе и строении руд, геолого-структурных и литологических факторах рудоконтроля, недостаточно проработанных ранее, что требует уточнения. Поэтому актуальность данной работы, касающейся геологических условий локализации и минералого-геохимической характеристики U-Mo-Re руд Брикетно-Желтухинского месторождения, позволяющих прогнозировать поиск подобных месторождений рения, экономически рентабельных для освоения, не вызывает сомнений.

Диссертационная работа (143 страницы текста, в том числе 46 рисунков, и 11 таблиц) состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 145 наименований, основывается на литературных данных и добротном экспериментальном материале, полученным автором в процессе проведения исследований.

Достоинством работы является успешно примененный автором развернутый комплекс современных физических методов минералогического анализа руд и минералов, позволивший получить достоверную информацию об особенностях руды U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения.

Цель работы – уточнение факторов локализации U-Mo-Re оруденения Брикетно-Желтухинского месторождения.

Для достижения цели автором решались следующие задачи: анализ влияния на размещение рудных тел факторов региональных (тектонического, магматического) и локальных (геолого-структурного, литологического); изучение геохимических особенностей руд месторождения; уточнение минералого-геохимической зональности по U, Mo, Re, Se в разрезе месторождения; исследование минерального состава руд месторождения; выявление форм нахождения основных компонентов (U, Mo, Se, Re) в рудах; реконструкция последовательности и механизмов рудообразования.



Во введении соискателем дана общая оценка минерально-сырьевой базы рения РФ. Обращаю внимание соискателя на то, что кларк рения занижен в 7 раз (стр. 4) (Свойства элементов: Справочник: В 2 кн. / [М. Е. Дриц и др.]; Под общ. ред. М. Е. Дрица, Т 2), а так же на утверждение (авторский текст, стр. 4) "К началу 90-х годов, после распада СССР, в России не осталось источников добычи этого остродефицитного, стратегически важного металла.", поскольку одним из потенциальных источников рения может стать разрабатываемое на молибден и медь Сорское месторождение в Хакасии, где в настоящее время рений добывается, но не извлекается. Михеевское месторождение медно-порфириновых руд (Челябинская область) разрабатывается без извлечения рения.

В первой главе приведены сведения об изученности Скопинского района, где подробно изложены его геологическая, гидрогеологическая, геохимическая изученность, проанализированная по материалам предшественников.

Во второй главе приведены сведения о геологическом строении Скопинского района (тектоника, стратиграфия, геологическое строение, иллюстрированное геологической картой и разрезом, полезные ископаемые), проанализированные по материалам предшественников. Следует отметить, очень формальное содержание разделов стратиграфия, геологическое строение и тектоника в работе (не более одной, двух страниц на каждый), что странно для работы, претендующей на освещение геологических условий локализации объекта изучения, заявленного в ее названии.

По материалам есть два вопроса:

1. Почему выбрана стратиграфическая колонка 1968 года (рис. 1.2 на стр. 23), когда выше в тексте описывается разрез по материалам ВСЕГЕИ 2015 года? Исходя из подписи к рисунку колонка привязана рудному полю, месторождению, в то время как приведённая колонка относится ко всему листу N-37-ХII?

2. Текст (стр. 24) - (Они залегают на карбонатных породах фаменского яруса верхнего девона и с размывом перекрываются «позднеюрско-нижнемеловыми мелководно-морскими песчано-глинистыми отложениями»). Это противоречит устаревшему стратиграфическому делению приведенному на стратиграфической колонке 1963г. на рисунке 1.2. где озерский и хованский горизонты отнесены к турнейскому ярусу. В настоящее время как известно, относятся к фаменскому ярусу девона. Об этом, можно узнать, например, в работе [Махлина М.Х., Вдовенко М.В., Алексеев А.С. и др. Нижний карбон Московской синеклизы и Воронежской антеклизы. М.: Наука, 1993. 221 с.], на которую ссылается соискатель. Возникает вопрос, к какому все таки возрасту относит карбонатный цоколь месторождения соискатель и чему же верить?

Следующие три главы работы посвящены обоснованию защищаемых положений

В третьей главе - геологическое строение U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения - дана геолого-тектоническая позиция, геологическое строение и литологическая характеристика слагающих его пород.

По результатам исследований и анализ фактического материала обосновывается первое защищаемое положение:

*В субгоризонтально залегающей рудовмещающей песчаной толще (бобриковский горизонт, висте) 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.*

В результате обоснования первого защищаемого положения соискатель утверждает, что им впервые установлены:

1. *Пологие куполовидные морфоструктуры с раздувами мощности осложняющими стратиформные субпластовые рудные тела*

К этому утверждению имеются 2 замечания:

- Раздувы мощности полиэлементных рудных тел были ранее в 2002-2005 гг. установлены работами ФГУПП «Урангео» (см. отчет, [Новгородцев А.А., Алтунин О.В. и др. «Оценка перспектив выявления промышленных месторождений урана в палеодолинах визейского возраста на Скопинской площади на основе составления комплекта геолого-прогнозных карт масштаба 1:200 000 на листы N-37-XV, XVI, XXII (15 тыс. кв. км) и 1:50 000 (750 кв. км)», 2005, № отчета РФФ 16880, ТГФ-42920] стр. 154, указано: «руды локализующиеся преимущественно в песчаных отложениях стариц представляют промышленный интерес. Этот тип руд имеет в разрезе и плане прерывистую линзовидную, пласто- и лентообразные морфологию».

- Предлагаемая соискателем генетическая модель формирования куполовидных морфоструктур как продукта деятельности гидротермально-гидравлической системы вследствие постседиментационных деформаций толщи, недостаточно аргументирована фактическими данными.

2. *В меридиональном сечении залежи отвечают роллам с классическим распределением U, Mo и Re*

По этому утверждению также два замечания:

1. Выделение Se-U-Re-Mo, ранее в 2015-2017гг было охарактеризовано в отчетах и статье сотрудников ИМГРЭ [Карась С.А., Кременецкий А.А., Орлов С.Ю., Культин Ю.В., Шлычкова Т.Б. Новый геолого-промышленный тип гидрогенных месторождений рения // Разведка и охрана недр. 2017. № 8. С. 20–27].

2. Утверждение соискателем об ином (северном, а не южном направлении замковых частей роллов), выявленных им «новых» (т.е. отличных по морфологии и ориентировке от роллов в интерпретации сотрудников ИМГРЭ) роллов, недостаточно обоснованы фактическими данными. Так на приводимом в диссертации разрезе (рис.4.8.-4.11, стр.71-74) замковые части реконструированных им роллов никак не зафиксированы, поскольку они не вскрыты бурением и только предполагаются соискателем в интервалах между имеющимися скважинами. Иными словами, это не более чем вольная интерпретация соискателя. Вышеуказанный разрез изображающий практически идеальный ролл, (формирование которого в столь совершенном виде здесь маловероятно, учитывая сильную стратификацию фактического разреза объекта) положение которого в плане показано рис.4.1. (стр. 56) оказывается проведен через краевую часть залежи, от самой богатой руды, к самой бедной, игнорируя реальную геометрию основного рудного тела, прослеживаемого далее на север, за пределы контура подсчета запасов данного объекта, что явствует из данных предшественников [Новгородцев А.А., Алтунин О.В. и др., 2005].

Четвертая глава посвящена изучению геохимической характеристики руд.

Основное внимание при проведении исследований было сосредоточено на двух главных типах рудоносных пород: алевритово-песчаных породах, обогащенных



сульфидами, и углистых алевритах, содержащих сульфиды, поскольку именно с ними связаны высокие концентрации рения.

Содержание петрогенных элементов, а также редких и рассеянных элементов (кроме рения) в рудах Брикетно-Желтухинского месторождения определено методом рентгено-флуоресцентного анализа. Содержание Re определено методом ICP-MS или методом кинетического анализа.

По данным химических анализов, в керновых пробах, помимо основных Re, Mo, U, а также Se (их обычного спутника в месторождениях «песчаникового» типа), концентрации многих «рудных» элементов также повышены, среди них (в порядке снижения): Zr, Zn, Mn, Ni, As, Co, V, Pb, Y, Cu, а также Tl и Ag. Максимальное обогащение металлами наблюдается в углистых пропластках среди песков.

Проведена статистическая обработка результатов химического анализа 2866 проб, содержащихся в базе геохимических данных месторождения, включающей анализ коэффициентов парной корреляции элементов.

Изложенные результаты обосновывают второе защищаемое положение: 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.

По второму защищаемому положению, где утверждается, во-первых, выявление соискателем значимой положительной корреляции Re с Mo и Ag, Se, Zn, Co, Ni, и Pb и во-вторых, преимущественной связи Re и Mo в богатых рудах с органическим веществом, имеются следующие замечания:

1. Подобная корреляция характерна для большинства известных гидрогенных месторождений этого типа, а для Брикетно-Желтухинского месторождения, ранее намечена поисковыми работами ФГУП «Урангео» (2002-2005 гг.), а позднее подтверждена оценочными работами ФГУП ИМГРЭ (2013-2015 гг.). Так на странице 154, отчета [Новгородцев А.А., Алтунин О.В. и др, 2005] указано: «как правило, урановые, рениевые и молибденовые рудные интервалы пространственно сближены, образуя практически единую рудонасыщенную зону...». В отчете ИМГРЭ [Карась С.А., Орлов С.Ю., Татарников А.В. и др. «Оценочные работы на рений и попутные компоненты на Брикетно-Желтухинском месторождении с апробацией технологии подземного выщелачивания», М., 2015г.] на стр. 223 отмечено: «По материалам анализа распределения концентраций различных элементов на профиле III предшественниками [Новгородцев и др., 2005 ф] было указано на наличие в пределах площади Se-U-Re-Mo зональности, что теперь подтверждается результатами оценочных работ». Эти выводы и другие основные результаты поисковых и оценочных работ были опубликованы в статьях [Культин Ю.В., Новгородцев А.А., Фоменко А.Е. и др. Оценка возможности разработки комплексного уран-молибден-рениевого месторождения способом подземного выщелачивания // Горный журнал. 2007. № 6. С. 47–51] и в [Карась С.А., Кременецкий А.А., Орлов С.Ю., Культин Ю.В., Шлычкова Т.Б. Новый геолого-промышленный тип гидрогенных месторождений рения // Разведка и охрана недр. 2017. № 8. С. 20–27].

По представленным матрицам корреляции (стр. 61-67), по перечисленным элементам рений практически никак не связан с большинством элементов, выраженные ( $\geq 0,3$ ) только для фракции рис. 4.7. Селен – практически не имеет связей, только на рис. 4.7. Зависимости с коэффициентами  $\leq 0,3$  наблюдаются для урана и молибдена. Для многих элементов даже отрицательные связи пренебрежимо слабы. Так по тексту (стр. 127) - "...Установлена высокая положительная корреляция Re с Mo, Ag, Zn, U, Se, Co." Это утверждение справедливо только для богатых руд  $Re - Mo - 0,93$ ,  $Ag - 0,79$ , для остальных перечисленных элементов существенно меньше, но хотя бы больше 0,3, т.е. слабая до средней, по прочим рудам говорить о корреляции – смело.

2. Связь Re, Mo, U с органическим веществом и подвижность U, также общеизвестна для гидrogenных полиэлементных месторождений. Полученные соискателем данные о формах нахождения Re, Mo и U в отдельных изученных образцах безусловно представляют определенный научный интерес, однако в работе отсутствуют статистически обоснованные цифры процентных содержаний минеральных форм в разных участках разреза, и данные об их пространственном положении и позиции относительно имеющейся геохимической зональности исследуемого объекта, что несколько снижает ценность полученных соискателем минералогических результатов. Так, например, соискатель легко мог бы вынести позицию изученных образцов на представленные разрезы, что возможно позволило бы ему сформулировать по-иному защищаемое положение действительно отражающие новизну результатов.

В главе 5 представлены результаты изучения минералогии руд U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения.

Рыхлый характер рудных образцов и высокодисперсные, микронные, размеры собственных рудных фаз обусловили выбор электронной микроскопии главным методом их минералогического изучения.

Главной задачей проведенных исследований были поиски с использованием методов электронной микроскопии минеральных фаз Mo, U, Re и Se.

Учитывая, что ранее минеральные фазы урана – уранинит, коффинит, нингиоит были установлены, исследования были направлены главным образом на поиски минеральной формы Re. Изучались преимущественно образцы руд со значительным содержанием рения.

*Изложенные результаты исследований обосновывают третье защищаемое положение:*

*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.*

*По третьему защищаемому положению, сформулированному соискателем как «уточнение минерального состава рудных компонентов Брикетно-Желтухинского месторождения, имеются следующие замечания:*



1. Из раздела диссертации, обосновывающего это положение остается не ясным говорится ли в положении, о том, что все ли перечисленные в нем минералы впервые обнаружены здесь соискателем или только джаркенит? Если же в данном положении соискателя приводится полный перечень рудных минералов руд исследуемого месторождения, то почему, например, не указан тогда самородный селен?

2. по тексту - "... значительная часть Re (30%) представлена ионообменной формой. Именно такой, ионообменной, формой можно..." (стр. 78). Может быть, всё-таки "ионносорбированной". Ионообменные, обычно, материалы – полимеры, смолы или равновесие.

3. Вхождение Re в кристаллическую решетку молибденита (стр. 88) не является минеральной формой нахождения.

4. Стр. 100. Соискатель утверждает, что «Высокие содержания каолинита также требуют специального обсуждения. Как правило, подобные высокие содержания каолинита в осадочных породах пространственно и генетически тесно связаны с корами выветривания кристаллических пород». В предыдущих частях, применительно к БЖМ, речь идёт об осадочной рудоносной терригенной толще бобриковского горизонта, залегающей на «карбонатном фундаменте» известняков и доломитов верхнего девона? Кристаллический фундамент на БЖМ расположен на глубине минимум 200 метров вниз по разрезу от исследуемого объекта. К югу от него кристаллический фундамент перекрыт девонem (от девона и до настоящего времени) вплоть до южной части Воронежской области. Причём тут коры выветривания по магматическим и метаморфическим породам? Как автор объясняет объемы каолинита и какие именно коры выветривания он имеет в виду? Отметим, при этом, что в работе нет ссылок на классические фундаментальные работы воронежских ученых по корам выветривания для региона, например [Коры выветривания в геологической истории Восточно-Европейской платформы / А.Д. Савко, А.Д. Додатко. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1991. – 231с.] и др., что несколько удивляет, в контексте попыток решения соискателем вопроса о происхождении каолинита в разрезе изучаемого им объекта и попыток сказать нечто новое в палеогеографии региона.

5. Интересен, тезис соискателя, что «характер распределения Re на Брикетно-Желтухинском месторождении близок к тому, что ранее установлен на Далматовском, Добровольном и других месторождениях палеодолинного типа в Зауралье» (стр. 102). К сожалению, этот тезис никак не развит и детального сопоставления с «эталонным» по рению Добровольным месторождением Зауральской провинции не проведено.

Утверждается, что «В рудах наиболее крупного, и почти полностью отработанного за истекшие 20 лет, Далматовского месторождения в повышенных концентрациях присутствуют: Re, Mo, Se, Zn, Ni, Co, V, Sb, As, Hg, Sc, Y, TR, Zr, Th, но они не извлекаются». Тут идет простое перечисление обычно сопутствующих урану в гидротермальных месторождениях элементов, но не более того. В случае раскрытия этого тезиса, оно бы могло быть хорошим защищаемым положением.

В главе 6 рассматривается генетическая модель рудообразования.

Предложена комбинированная син-эпигенетическая модель рудонакопления при образовании гидротермального U–Mo–Re месторождения палеодолинного типа. Модель включает как процессы осадконакопления и последующего диагенеза, происходившие с

образованием субпромышленных послойных скоплений U ( $\pm$ Mo, Re), приуроченных к углистым и глинистым горизонтам, так и более поздние эпигенетические процессы минералообразования. Эти гидрогенные процессы связаны с латеральной миграцией кислородсодержащих подземных вод, переотложением урана и других металлов, образованием рудных залежей в результате действия геохимических (сорбционный и восстановительный барьеры) и гидродинамических (вариации проницаемости песков фациально изменчивой толщи) факторов.

Замечания по тексту:

- (стр. 116) - "... элементов, мигрирующих в виде взвешенных частиц (обломочных и крупных коллоидных)". Хотелось бы посмотреть на миграцию перечисленных элементов «...в виде взвешенных частиц (обломочных и крупных...)», особенно крупных.

- (стр. 121) - "...В поверхностные воды эти элементы поступали как в виде взвешенных (обломочных и крупных коллоидных) частиц," Очень сложно представить себе обломочный химический элемент. Это либо самородное что-то, либо антропогенное?

Научная новизна заключается в уточнении рудовмещающей структуры месторождения представленной куполовидными морфоструктурами; установлении ролловой структуры рудной залежи с «головной» частью ориентированную на север.

Установлены главные формы рения: а) связанная с органическим детритом и б) минеральная – в виде его изоморфного вхождения в состав молибденита;

Сравнительным геохимическим анализом в рудах месторождения выявлены три группы парагенетических химических элементов: а) *сульфидный* парагенезис – элементы наиболее тесно связанные с рением; б) *редкометалльно-редкоземельный* парагенезис; в) группа элементов *карбонатного* парагенезиса;

Впервые в рудах месторождения установлена минеральная форма селена – джаркениит ( $\text{FeSe}_2$ ); изучены различные морфологические типы пирита: кристаллы и зернистые массы, фрамбоиды, трубчато-волоконистые псевдоморфозы по ископаемой древесине.

Среди явных плюсов представленной работы можно назвать скрупулёзную работу автора с веществом – выполнен достаточный объем минералогических исследований образцов руд, определены примеси в рудных минералах и т.д.

Методологически аналитические работы были выполнены грамотно и последовательно, что характеризует соискателя, как состоявшегося специалиста, способного самостоятельно заниматься исследованиями руд и минерального вещества. Полученные данные по минералогическому составу руд отчасти являются новыми, и, могут послужить основой в будущих научных изысканиях автора.

Несомненно, диссертационная работа представляет практический интерес. Брикетно-Желтухинское месторождение выделяется среди окружающих его рудных объектов Подмосковского бурогоугольного бассейна необычным, комплексным составом руд с промышленными содержаниями рения  $>1.0$  г/т, поэтому исследование данного объекта важно с практической точки зрения.

Практическая значимость работы заключается еще и в том, что на пробах руд опробована неразрушающая методика нейтронно-активационного анализа и доказана ее эффективность для определения повышенных содержаний Re, что особенно актуально в случае образцов с заметным содержанием органического вещества Сорг, учитывая



высокую подвижность элемента в лабораторных условиях. Это заключение позволяет рекомендовать применение метода в практике геологоразведочных работ на Ре. Необходимо отметить, что приведенная в диссертации информация может использоваться в качестве справочной.

Принимая во внимание сделанные выше замечания, можно заключить, что несмотря на неудачно сформулированные защищаемые положения, в работе был потенциал для формулирования положений, действительно отражающих научный новизну и реальный вклад соискателя.

Структура автореферата сформирована согласно защищаемым положениям, а его содержание полностью отражает и раскрывает защищаемые положения.

В целом диссертация П.Э. Кайлачакова представляет собой законченную работу, основные положения которой опубликованы в печати, доложены на научных совещаниях и конференциях различного ранга.

Представленная к защите диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, автор работы Кайлачаков Платон Эдуардович достоин присвоения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 (1.6.10) – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения.

Левченко Елена Николаевна  
Заместитель генерального директора Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов» (ФГБУ «ИМГРЭ»),  
директор Центра научно-методического обеспечения геологоразведочных работ на редкометалльные объекты,  
доктор геолого-минералогических наук  
по специальности 25.00.05 - Минералогия, кристаллография

121357, Россия, Москва, ул. Вересаева, д.15  
тел: 8-495-443-89-77 E-mail: levchenko@imgre.ru

Я, Левченко Елена Николаевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшей обработки.

"11" 03 2022 г.

Подпись Левченко Е.Н. заверяю

Заведующий отделом кадров  
Б.Б. Соловьев

