

УДК 553.493.58:549 (470.3)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МИНЕРАЛЬНОМ СОСТАВЕ УНИКАЛЬНЫХ РЕНИЕВЫХ U–Mo–Re-РУД БРИКЕТНО-ЖЕЛТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОДМОСКОВНОГО БАССЕЙНА

С. Ю. Енгальчев

Представлено академиком РАН Д.В. Рундквистом 29.11.2016 г.

Поступило 15.11.2016 г.

Впервые приведены материалы по минеральному составу богатых Re U–Mo–Re-руд Брикетно-Желтухинского месторождения, полученные с использованием современного аналитического оборудования. Месторождение приурочено к угленосным отложениям нижнего карбона Подмосковского бассейна. Выявленная минеральная ассоциация Re-руд позволила определить наиболее вероятные минералы — носители Re. Это Mo-содержащие минералы: вульфенит, ильземаннит, ферромолибдит, камиокит. Re входит в их состав, частично замещая Mo в структуре. Установлена ассоциация Re с U, Mo, Se, Ag, V, Ti, As, Ni, Co и рассеянным органическим веществом.

Ключевые слова: рений, Подмосковский угольный бассейн, Русская плита, Восточно-Европейская платформа, уран, молибден.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524854464-467>

Редкий рассеянный металл Re, обладающий уникальными каталитическими и жаропрочными свойствами, находит всё большее применение в различных областях промышленности. Основной его источник — Mo-, Cu–Mo-порфиновые месторождения, медные песчаники, сланцы, эпигенетические объекты, связанные с зонами пластового окисления. Сегодня спрос на Re достаточно высок и продолжает расти.

Проведённый анализ [1] показывает, что в России один из регионов, перспективных на выявление Re-объектов, — европейская часть России, где в осадочном чехле установлены его высокие содержания в породах и рудах различных типов: U-полиэлементные месторождения, чёрные сланцы, медистые песчаники, угли.

Брикетно-Желтухинское U–Mo–Re-месторождение расположено в Скопинском районе Рязанской области [2] и в настоящее время рассматривается как наиболее перспективный Re-объект региона, исходя из следующих факторов: высокие содержания Re в рудах, небольшая (60–80 м) глубина залегания рудных тел, развитая инфраструктура района, размещение рудных тел в песчаных проницаемых отложениях, что позволяет использовать современный эффективный метод скважинного подземного выщелачивания для освоения месторождения; кроме того, существует перспектива увеличения

запасов Re в районе, в том числе на более глубоких горизонтах осадочного чехла.

Основная задача работы — в изложении новых данных по минеральному составу уникальных богатых Re U–Mo–Re-руд Брикетно-Желтухинского месторождения. Эти данные получены с использованием современного аналитического оборудования.

Выявленная в ходе исследований минеральная ассоциация Re U–Mo–Re-руд позволяет, с одной стороны, определить наиболее вероятные минералы — носители Re, что имеет существенное значение для создания геолого-генетической модели и разработки методов отработки месторождения. Ранее данные по минеральному составу руд этого месторождения в литературе отсутствуют.

Месторождение приурочено к разветвлённой системе раннекаменноугольных палеодолин, выработанных в толще глинисто-карбонатных отложений D₃–C₁. Оси палеодолин, как правило, контролируют зоны тектонических нарушений, а глубина врезов — 20–30 м. Палеодолины выполнены мощностью до 80 м русловыми и пойменными отложениями, характеризующимися переслаиванием и выклиниванием маломощных глинисто-алевритистых разностей, содержащих тонкие прослой углей и линзы, темно-серых до чёрных, обогащённых углистым веществом, песков и глин (мощность 2–3 м). Эти отложения в той или иной степени содержат сульфидный материал, представленный преимущественно пиритом. Оруденение приурочено к породам бобри-

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, Санкт-Петербург
E-mail: sleng2005@mail.ru

ковско-тульского надгоризонта мощностью 35–40 м. Породы перекрыты морскими песчано-глинистыми отложениями неогена и юры мощностью 20–50 м. Рудные тела линзовидно-пластовые, лентообразные. Карбонатность пород <0,1%. Содержание $S_{\text{орг}}$, $S_{\text{сульф}}$ в песках — от 0,0л (белоцветные пески) до ~10% (чёрные пески). Содержания Re в рудных интервалах 0,л–150, в редких случаях до 200–630 г/т. Ранее в ходе проведения прогнозно-поисковых работ ФГУГП “Урангео” (2008 г.) в рудах месторождения были выявлены: пирит, оксид U различной степени раскристаллизации, реже присутствуют коффинит, нингоит, молибденит, ильземаннит.

Объект исследования — образцы алевро-песчаных и углистых пород с высоким (>5) содержанием Re массой 0,5–1 кг, отобранные из керна скважин в рамках оценочных работ, проводимых ФГУП “ИМГРЭ”.

Основная трудность при изучении Re-минерализации на данном объекте состоит в рыхлости пород и руд. Поэтому была использована оригинальная методика, направленная на определение той части рудного вещества, которая обогащена Re. Для этого руды, представленные песчано-алевритовыми разностями, были рассеяны на размерные фракции 2,5–1; 1–0,5; 0,5–0,25; 0,25–0,1; 0,1–0,05; 0,05–0,04; 0,04–0,01 мм, после чего для каждой был проведён минералогический и химический анализ. Работы сопровождали исследования под бинокулярным микроскопом и в петрографических шлифах. Сульфиды из алевро-песчаных проб и углей были исследованы на растровом электронном микроскопе CamScanMV2300 с микрозондом. Для проб был выполнен рентгенофазовый анализ (РФА) (рентгеновский дифрактометр ДРОН-6), а также масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой по методике НСАМ 499-Х.

Песчаные и алевро-песчаные породы, содержащие Re-оруденение, по минеральному составу преимущественно кварцевые (кварц 85–98 мас.%), а доля акцессорных минералов и глинистая часть в составе пород крайне малы.

Потфракционный минералогический анализ показал, что во всех пробах в лёгкой фракции преобладает кварц и установлены мусковит, агрегаты кварцевых зёрен, сцементированные сульфидами, уголь. В тяжёлой фракции преобладает пирит (тонкокristаллический), сростки кварца, сцементированные пиритом, в небольших количествах присутствуют марказит, сфалерит, пирротин, рутил, анатаз, лейкоксен, циркон, дистен, андалузит, ставролит, турмалин, гематит, ильменит, касситерит.

По данным химических анализов в пробах фиксируют высокие содержания, г/т: Re (до 192), U (до 1050), Mo (до 9700), а также Se (до 308), Ag (до 25,5). Установлены высокие корреляционные связи Re с Ni (коэффициент корреляции 0,98), Co (0,98), Mo (0,96), U (0,94), V (0,93), Cr (0,88), Ag (0,87), Pb (0,81), As (0,79), Tl (0,69), Zn (0,59), Cd (0,51).

Выполненный потфракционный анализ свидетельствует, что Re и другие редкие элементы концентрируются в грубозернистой части пород, представленной сростками сульфидов и обломочных зёрен, а также в наиболее тонкозернистой части пород, содержащей значительное количество тонкокristаллических вплоть до наноразмерных кристаллов сульфидов и частиц углистого вещества (рис. 1). При этом во фракциях 0,25–0,1 и 0,5–0,25 мм, где сосредоточен основной объём обломочного материала, содержание большинства химических элементов резко понижено. Re и другие редкие элементы, повышенные концентрации которых установлены в наиболее грубозернистых и тонкозернистых фракциях, приурочены именно к тонкосульфидной и углистой части пород.

На электронном микроскопе были исследованы сульфиды из тяжёлой фракции рудных алевро-песчаных проб, а также самостоятельные крупные (4–10 мм) выделения сульфидов, для которых был сделан рентгенофазовый анализ.

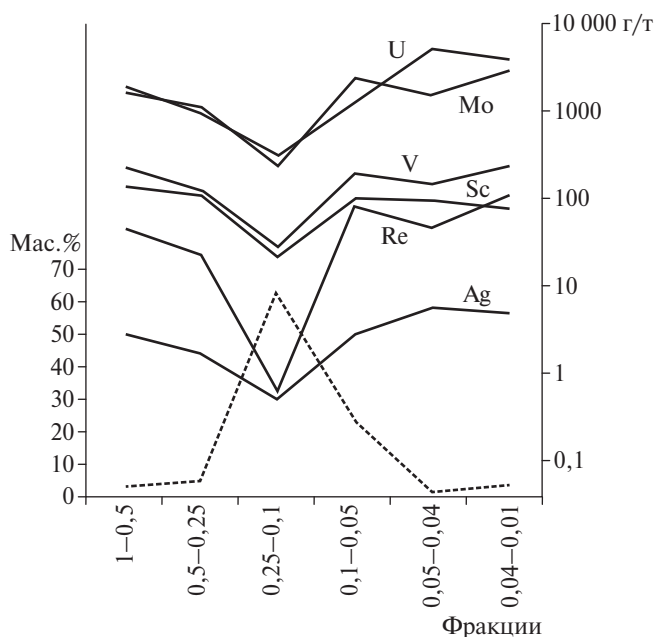
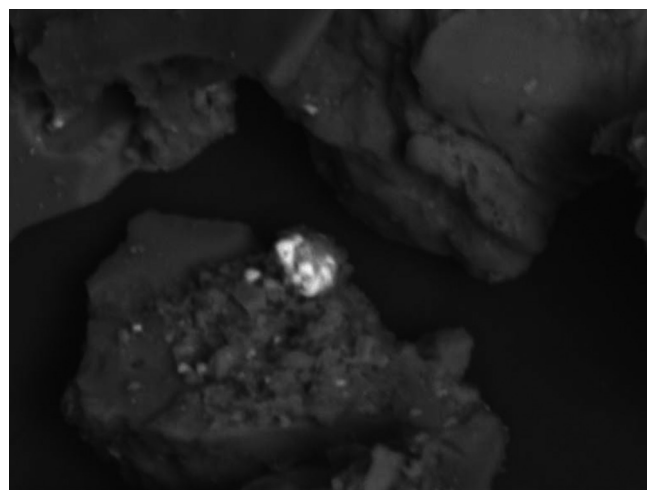
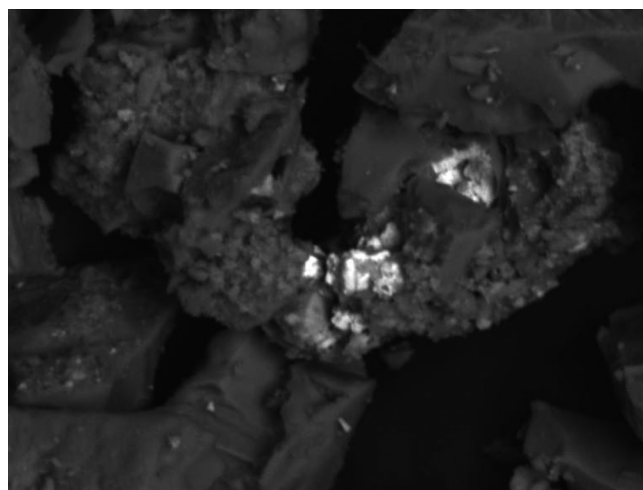


Рис. 1. Распределение содержаний, г/т: Re, U, Mo, V, Se, Ag в различных размерных фракциях рудной алевро-песчаной породы и кривая распределения материала этой породы (мас.%).



Самородный Se



Клаусталит

Рис. 2. Микрофотографии самородного Se и клаусталита (растровый электронный микроскоп).

В рудных пробах алевро-песчаных пород среди сульфидов преобладает пирит, образующий конкреции и рассеянный по породе в виде тонкокристаллических выделений. Встречен массивный и фрамбоидный пирит. Чаще всего он лишён примесей, но иногда содержит примесь As (до 0,54), Ni (до 0,42%). В пробах также установлены аргентит, вульфенит, Cu самородная с примесью Ag (13%), галенит, сфалерит с примесью Cd (до 3%), пентландит, циркон, монацит, кальцитрит.

В пробе сульфидов из алевро-песчаной породы, обогащённой Re (в штуфной пробе Re 7,88 г/т), по данным РФА, был диагностирован, %: пирит (84), марказит (8), сфалерит с примесью Cd (3), гетерогенит (5).

В обогащённых Re пробах углей, углистых глинах и алевролитах среди сульфидных выделений также преобладает пирит (массивный и фрамбоидный). Установлены следующие минералы: вульфенит, аргентит, уранинит, галенит (часто с примесью Cd), смесь халькозина (Cu_2S) и аргентита, стибнит, Se самородный, пиролюзит, марказит, гетерогенит, клаусталит (рис. 2).

В наиболее богатых Re (в штуфной пробе Re — 192 г/т) пробах углей, по данным РФА, установлены, %: пирит (66,7), арсенопирит (12,5), гетерогенит (8,3), рентгеноаморфная фаза (8,3) и минералы Mo (ильземаннит, ферримолибдит, камиокит) общим содержанием 4,2%.

Выявленный в пробах гетерогенит — характерный минерал кобальтовых руд, а ильземаннит — типичный продукт изменения молибденита. Ильземаннит установлен на Re-содержащих объектах северо-запада

Русской плиты [3]. Вероятнее всего, ферримолибдит, сформировался за счёт преобразования молибденита, как это наблюдается для зон окисления месторождений Mo. Выявленный в пробах редкий минерал — камиокит впервые был установлен на месторождении Камиока в Центральной Японии, где он ассоциирует с Mo-кварцевыми штокверками и жилами.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы. На Брикетно-Желтухинском месторождении носители Re — минералы Mo — вульфенит, ильземаннит, ферримолибдит, камиокит и Re входит в их состав, частично замещая Mo. Кроме того, часть Re связана с подвижными водорастворимыми формами, ассоциирующими с рассеянным органическим веществом пород, на что указывает связь Re с углеродистыми образованиями. Наличие в регионе многочисленных, но пока слабо изученных U-полиэлементных рудопроявлений в отложениях нижнего карбона даёт основание для выдвижения данного региона в качестве одного из приоритетных районов России по рению.

Благодарности. Автор выражает благодарность геологам ФГБУ «ИМГРЭ» А.А. Кременецкому, С.А. Карасю за ценные советы и обсуждение результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трещ Г.Н., Бескин С.М. Разведка и охрана недр. 2011. № 6. С. 26–33.
2. Енгальчев С.Ю., Пуговкин А.А., Лебедева Г.Б. // Региональная геология и металлогения. 2015. № 62. С. 97–104.
3. Енгальчев С.Ю. // Разведка и охрана недр. 2012. № 6. С. 12–16.

NEW DATA ON THE MINERAL COMPOSITION OF UNIQUE RHENIUM U–Mo–Re ORES OF THE BRIKETNO-ZHELTUKHINSKOE DEPOSIT IN THE MOSCOW BASIN

S. Yu. Engalychev

*Federal State Budgetary Enterprise "A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute",
Saint-Petersburg, Russian Federation*

Presented by Academician of the RAS D.V. Rundqvist November 29, 2016

Received November 15, 2016

Data on the mineral composition of Re-rich U–Mo–Re ores from the Briketno-Zheltukhinskoe deposit that were obtained using state-of-the art analytical equipment are presented for the first time. The deposit is confined to Lower Carboniferous (Mississippian) coal-bearing strata in the Moscow Basin. The found mineral association of Re ores has made it possible to identify the most likely rhenium carrier minerals. They are Mo-containing minerals: wulfenite, ilsemanit, ferrimolybdate, and kamiokite. Re is hosted by them and partly replaces Mo in the structure. The association of Re with U, Mo, Se, Ag, V, Ti, As, Ni, Co, and dispersed organic matter is recorded.

Keywords: rhenium, Moscow coal-bearing Basin, Russian plate, East European platform, uranium, molybdenum.