



DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-3-353-360

УДК 553.3/.4+549.02

СУЛЬФИДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ РУД УРАН-МОЛИБДЕН-РЕНИЕВОГО БРИКЕТНО-ЖЕЛТУХИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПОДМОСКОВНЫЙ БАССЕЙН)

П.Э. Кайлачаков

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198
Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии Российской академии наук
Старомонетный пер., 35, Москва, Россия, 119017

В статье приведены новые данные по минералогии руд U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения, залегающего в терригенных породах; детально изучены сульфиды, представленные в основном пиритом. Установлены ранее неизвестные минеральные формы — селенистая разновидность пирита и селенид железа — джаркениит, а также халькопирит.

Ключевые слова: геология рудных месторождений, Подмосковский бассейн, сульфиды, рений, уран, молибден

Введение

Как известно, в СССР добыча рения производилась в Казахстане из медистых песчаников Джекказганского месторождения, а также в Узбекистане и Армении — на медно-молибденовых месторождениях. После распада СССР возникла необходимость восстановления и развития добычи этого редкого (кларк Re $1 \cdot 10^{-7}\%$) и остродефицитного элемента, поскольку для удовлетворения нужд промышленности Россия вынуждена импортировать рений [1].

Одним из источников рения являются гидрогенные месторождения урана песчаникового типа (по классификации МАГАТЭ), где рений добывается как компонент сопутствующий урану, методом скважинного подземного выщелачивания [2].

В ходе оценочных работ с 2013 по 2015 гг., проводимых ФГУП «ИМГРЭ» (с участием автора), было открыто, и в 2016 г. впервые в стране поставлено на баланс, месторождение рения — гидрогенное уран-молибден-рениевое Брикетно-Желтухинское месторождение в Рязанской области [3].

Данное месторождение имеет выгодную географическую позицию для дальнейшей эксплуатации. Оно расположено в Скопинском районе Рязанской области в 16 км от Скопинского гидрометаллургического завода, ныне не работающего, где по проекту «Гиредмета» предполагается организовать производство рения. По площади месторождения проходит федеральная трасса М6 «Каспий». В непосредственной близости от объекта проходят высоковольтная линия электропередач и железнодорожная ветка Узловая — Ряжск.

Геологическое строение месторождения

Рениевое оруденение на Брикетно-Желтухинском месторождении локализовано в палеорусловых песчаных отложениях бобриковского горизонта каменноугольного возраста, залегающих на известняках и перекрытых более молодыми неоген-четвертичными песками и глинами мощностью 40–50 м. Рудоносная толща представлена мелко-среднезернистыми аллювиальными кварцевыми песками, обогащенными органическим детритом и содержащими рассеянные скопления сульфидов. Весь разрез этой толщи характеризуется содержаниями $Re > 0,01$ г/т. Максимальные содержания Re зафиксированы в пропластках угля и глин (10–89 г/т). В песках содержания Re достигают 10–50 г/т (рис. 1) [4; 5].

По результатам бурения оценочных скважин в пределах изученной площади было выделено единое рудное тело с содержанием $Re > 0,1$ г/т, площадная продуктивность Re достигает 57 г/м². Мощность рудной залежи достигает 30 м, поперечный размер — до 500 м (рис. 2). Подрудная карбонатная толща сложена чередованием пачек темно-серых известняков с прослоями глин и мергелей, между которыми в ряде случаев отмечаются постепенные переходы. Карбонатная толща представляет собой известняки, местами магнезиальные. В них также встречается сульфидная минерализация в виде тонких прослоек, примазок по напластованию и зеркалам скольжения [4].

Установлено два типа рудоносных пород, содержащих оруденение: первый тип — алевропесчаные разности, обогащенные сульфидами, второй тип — угли, также содержащие сульфиды. Логично полагать, что рений и другие рудные элементы (уран, молибден) ассоциируют либо с сульфидами, либо с органическим веществом пород.

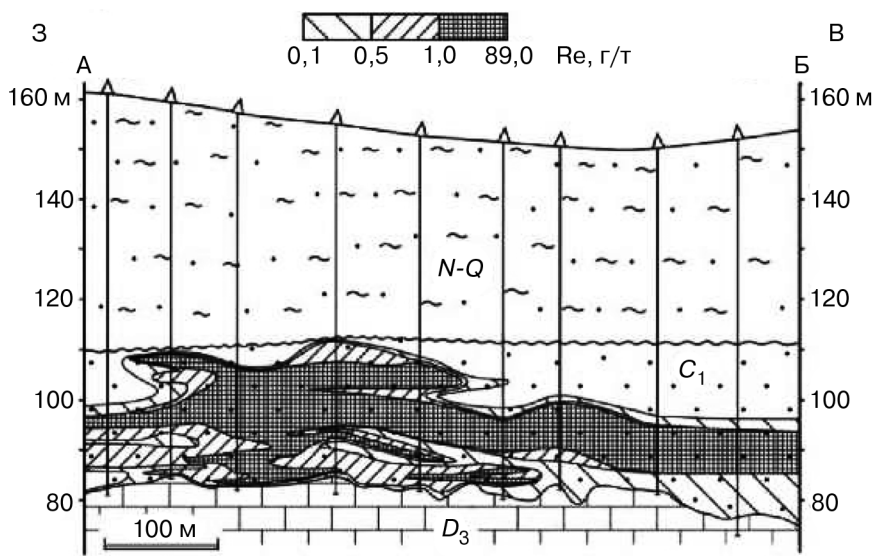


Рис. 1. Re-содержащие пески в разрезе Брикетно-Желтухинского месторождения [4]:
N-Q — перекрывающие глины и пески; *C₁* — рудовмещающие пески;
D₃ — подстилающие известняки; А, Б — отметки на плане (рис. 2)

[Fig. 1. Re-containing sands in the cross-section of Briketno-Zheltukhinskoye deposit [4]:
N-Q — overlying clay and sands; *C₁* — ore-bearing sands;
D₃ — underlying limestones; А, Б — mark on the plan Fig. 2]

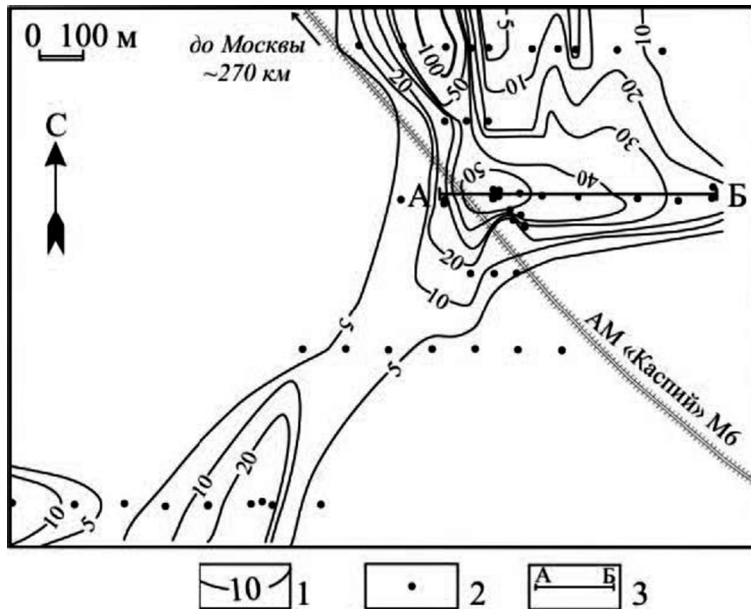


Рис. 2. План площадной продуктивности Брикетно-Желтухинского месторождения [4]:
 1 — изолинии площадной продуктивности ренийевых рудных тел (Re , г/м²);
 2 — скважины; 3 — линия разреза рис. 1

[Fig. 2.] Plan of areal productivity of Briketno-Zheltukhinskoe deposit [4]:
 1 — isolines of areal productivity of rhenium ore bodies (Re , g/m²);
 2 — boreholes; 3 — section line Fig. 1]

Минеральный состав

Изучение песчаных и алевропесчаных пород под бинокляром показало, что зерна представлены преимущественно кварцем (80—90 об.%). Представительные пробы рудоносных песков были расситованы на гранулометрические фракции. Минералы тяжелой фракции представлены преимущественно цирконом, ильменитом, монацитом, рутилом, второстепенные — сульфидами (в основном пирит).

Ранее присутствие рения в сульфидах было установлено, в частности, на Бельском уран-молибден-ренийевом месторождении в Тверской области [6], также приуроченном к угленосным отложениям нижнего карбона Подмосковского угленосного бассейна. По литературным данным примесь рения известна в молибдените и сульфидах меди. Рений может накапливаться в органическом веществе углей, в рассеянном органическом веществе углеродистых сланцев, в нефтях и битумах.

Для исследований взята гранулометрическая фракция рудоносных песков размером $-0,25$ — $+0,1$. После выделения сульфидов с помощью тяжелых жидкостей из слабоэлектромагнитной фракции и проб исходных песков сделаны запрессовки. Сульфиды изучены методом аналитической сканирующей электронной микроскопии (АСЭМ) на микроскопе JSM-5610 с аналитическим энергодисперсионным спектрометром в ИГЕМ РАН [7].

Установлено несколько форм пиритовых образований. В изученной фракции преобладает массивный кристаллически-зернистый пирит, нередко цементиру-

ющий кристаллы кварца и пирита. Также отмечена примесь селена в составе пирита (до 8 мас.%) (рис. 3). Часто встречаются фрамбоиды пирита (3—8 мкм), эпизодически встречаются пиритизированные органические остатки трубчато-волокнистой формы (ископаемая флора?) с углеродистым веществом (рис. 4, а). Редко встречаются очень мелкие обломки халькопирита (рис. 4, б).

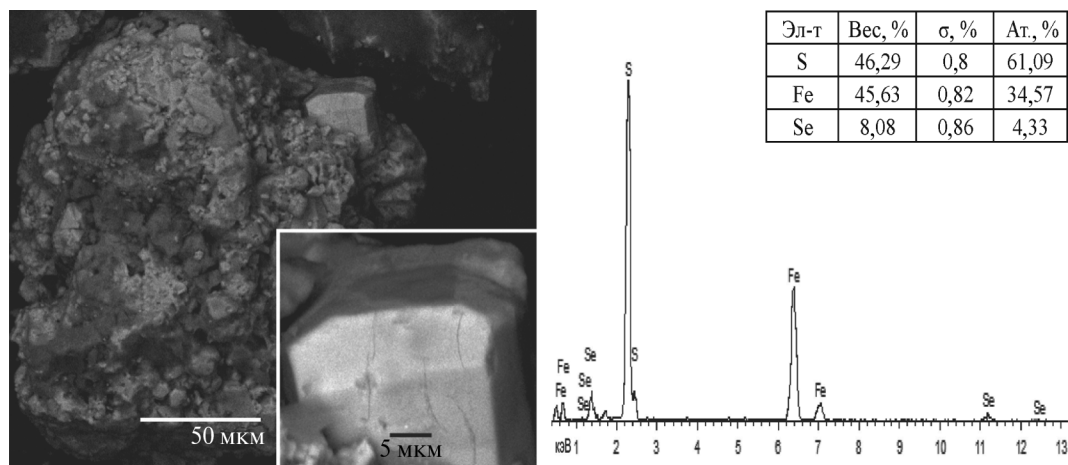


Рис. 3. Кристалл пирита с примесью селена в агрегате пирита с примазками алюмосиликатов. Справа — спектр состава и результат анализа (здесь и далее микрофотографии BSE) [Fig. 3. Crystal of pyrite with admixture of selenium in the aggregate of pyrite with adhesions of aluminosilicates. Right — spectrum of the composition and the result of the analysis (hereinafter micrographs BSE)]

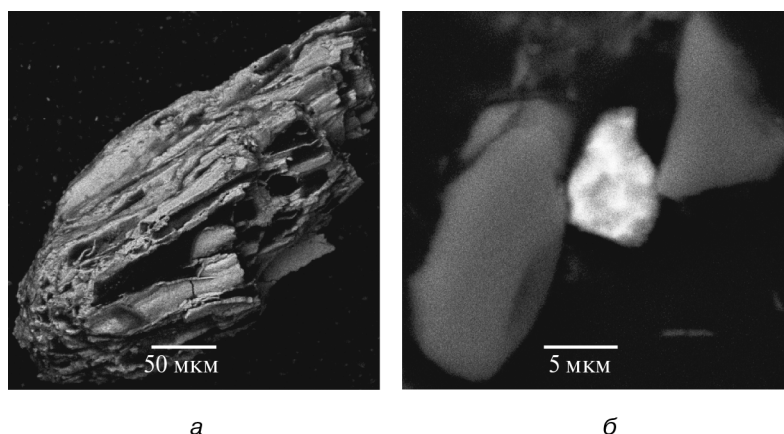


Рис. 4. Формы пиритовых образований: а — пористый агрегат пирита трубчато-волокнистого строения; б — халькопирит (светлое) между обломков алюмосиликатов [Fig. 4. Forms of pyrite formations: a — porous aggregate of pyrite with tubular fibrous structure; b — chalcopyrite (light) between the fragments of aluminosilicates]

Следует отметить находку фосфата церия (моноцит — предположительная дианогностика) в виде округлого включения на поверхности измененного ильменита (рис. 5). В его составе, помимо редкоземельных элементов, отмечено до 6 мас.% тория.

В представительных рудных пробах песков установлена ранее неизвестная на данном месторождении минеральная форма селена — селенид железа — джарке-

нит с идеализированной формулой $FeSe_2$ (рис. 6). В составе минерала отмечены примеси кобальта (до 2 мас.%) и никеля (до 1,6 мас.%). Расчет анализов состава привел к формуле $(Fe_{0,85}Co_{0,06}Ni_{0,05})_{0,96}Se_{2,04}$.

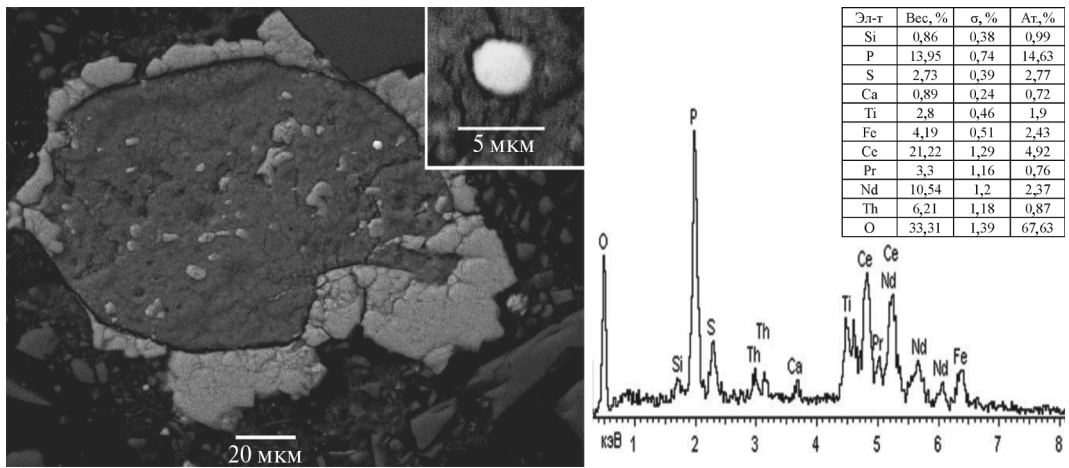


Рис. 5. Окатанное зерно ильменита с пиритовой каемкой. Яркое микровключение — моноцит.
Справа — спектр состава и результат анализа
[Fig. 5. Rounded ilmenite grain with pyrite rim. Bright microinclusion — monozite.
Right — spectrum of the composition and the result of the analysis]

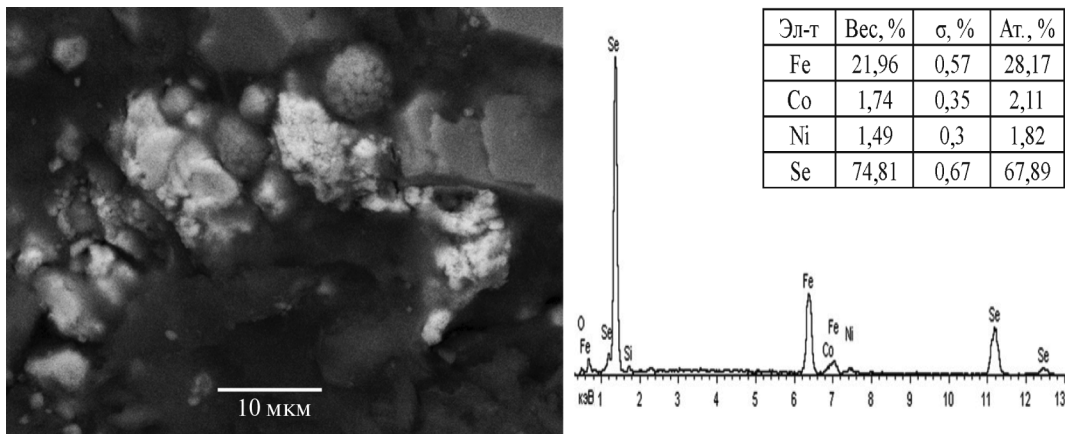


Рис. 6. Джаркениит (яркое) в ассоциации с пиритом (серое); в верхней части снимка — фрамбоид пирита. Справа — спектр состава и результат анализа джаркениита
[Fig. 6. Dzharkenite (bright) in association with pyrite (grey); Framboids of pyrite is in the upper part of the image. Right — spectrum of the composition and the result of the analysis dzharkenite]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования дополнены данные о сульфидной минерализации руд U-Mo-Re Брикетно-Желтухинского месторождения, в основном представленной пиритом. Встречены различные морфологические типы пирита: кристаллы и зернистые массы, фрамбоиды, трубчато-волокнистые псевдоморфозы по ископаемой древесине. Впервые, для данного месторождения,

установлены минералы джаркениит (FeSe_2), халькопирит и селенистый пирит (7,7—8,1 мас.%). Минерал джаркениит является носителем кобальта (1—2 мас.%) и никеля (1—1,6 мас.%). Для обнаружения молибденовой и рениевой минерализации предполагается дальнейшее изучение скоплений углистого детрита.

Благодарности и финансирование

Автор выражает благодарность С.А. Карасю и А.А. Кременецкому за организацию полевых работ и помощь, особую признательность руководству ФГУП «ИМГРЭ» за предоставление материала. Также весьма признателен О.А. Дойниковой (ИГЕМ РАН) за проделанную работу на АСЭМ и научному руководителю И.В. Викентьеву (ИГЕМ РАН) за неоценимую помощь и советы при планировании исследования и рекомендации по оформлению статьи.

Работа выполнена по базовой теме ИГЕМ РАН, регистрационный номер 0136-20140010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л., Викентьев И.В., Аристов В.В., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю. Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов в России: состояние и перспективы развития // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58. № 2. С. 97—119.
- [2] Культин Ю.В., Новгородцев А.А., Фоменко А.Е., Васюта О.Н., Алтунин О.В. Оценка возможности разработки комплексного уран-молибден-рениевого месторождения способом подземного выщелачивания // Горный журнал. 2007. № 6. С. 47—51.
- [3] Спиридонов И.Г., Киликко В.А., Левченко Е.Н., Ключарев Д.С. Основные задачи геохимического картирования и поиски новых источников нетрадиционного редкометалльного сырья // Разведка и охрана недр. 2016. № 9. С. 115—122.
- [4] Карась С.А., Культин Ю.В., Кременецкий А.А., Орлов С.Ю., Шлычкова Т.Б., Кайлачаков П.Э. Новый геолого-промышленный тип гидрогенных рениевых месторождений: геологическое строение и технология подземного выщелачивания // Тр. межд. конф. «Рений, вольфрам, молибден-2016. Научные исследования, технологические разработки, промышленное применение». М.: Гинцветмет, 2016. С. 78—82.
- [5] Кайлачаков П.Э. Особенности геологического строения редкометалльного Брикетно-Желтухинского месторождения // XXIX Межд. научно-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты». Новосибирск, 2016. С. 24—29.
- [6] Кременецкий А.А., Лунева Н.В., Куликова И.М. Бельское Re-Mo-U месторождение: минералого-геохимические особенности, условия формирования, технология извлечения рения // Разведка и охрана недр. 2011. № 6. С. 33—40.
- [7] Дойникова О.А. Минералогия урана восстановительной зоны гипергенеза (по данным электронной микроскопии). М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. 215 с.

© Кайлачаков П.Э., 2017

История статьи:

Дата поступления в редакцию: май 2017

Дата принятия к печати: сентябрь 2017

Для цитирования:

Кайлачаков П.Э. Сульфидная минерализация руд уран-молибден-рениевого брикетно-желтухинского месторождения (подмосковный бассейн) // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: «Инженерные исследования».* 2017. Т. 18. № 3. С. 353—360. DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-3-353-360

Сведения об авторе:

Кайлачаков Платон Эдуардович, ведущий инженер. Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук. *Сфера научных интересов*: геология рудных месторождений, геохимия, минералогия, редкие элементы. *Контактная информация*: e-mail: KPlaton@yandex.ru

SULFIDE ORE MINERALIZATION OF THE URANIUM-MOLYBDENUM-RHENIUM BRIKETNO-ZHELTUKHINSKOE DEPOSIT (MOSCOW BASIN)

P.E. Kaylachakov

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198
Institute of Ore Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry,
Russian Academy of Science
Staromonetny per., 35, Moscow, Russia, 119017

The article presents new data on mineralogy of the ores of U-Mo-Re Briketno-Zheltukhinskoe Deposit hosted in terrigenous rocks. Sulfides, mainly presented by pyrite, have been studied. Previously unknown mineral forms, such as Se-pyrite, iron selenide — dzharkenite and chalcopyrite, have been found.

Key words: Geology of ore deposits, Moscow basin, sulfides, rhenium, uranium, molybdenum

REFERENCES

- [1] Bortnikov N.S., Volkov A.V., Galyamov A.L., Vikent'ev I.V., Aristov V.V., Lalomov A.V., Murashov K.Y. Mineral resources of high-tech metals in Russia: State of the art and outlook. *Geology of Ore Deposits*. 2016. Vol. 58. No. 2. P. 83—103.
- [2] Kul'tian Yu.V., Novgorodtsev A.A., Fomenko A.E., Vasyuta O.N., Altunin O.V. Estimation of possibility of development of complex uranium-molybdenum-rhenium deposit via underground leaching. *Mining journal*. 2007. No. 6. P. 47—51.
- [3] Spiridonov I.G., Kilipko V.A., Levchenko E.N., Klyucharev D.S. The main goals of geochemical mapping and a search of non-conventional sources of rare metal raw materials. *Exploration and protection of mineral resources*. 2016. No. 9. P. 115—122.
- [4] Karas S.A., Kremenetskiy A.A., Orlov S.Yu., Kultin Yu.V., Shlychkova T.B., Kaylachakov P.E. New geological-industrial type hydrogenous rhenium deposits: Geology and ISL mining technology. *Trudy mezhd. Conf. "Rhenium, tungsten, molybdenum-2016. Scientific research, technological development, industrial application"*. M.: Gintsvetmet, 2016. P. 78—82.
- [5] Kaylachakov P.E. Features of the geological structure metal Briketno-Zheltukhinskoe deposit. XXIX international scientific-practical conference "Fundamental and applied researches: challenges and results". Novosibirsk, 2016. P. 24—29.
- [6] Kremenetskiy A.A., Luneva N.V., Kulikova I.M. Belskoe Re-Mo-U deposit: mineralogical and geochemical characteristics, conditions of formation, technology of rhenium extraction. *Exploration and protection of mineral resources*. 2011. No. 6. P. 33—40.
- [7] Doynikova O.A. The Mineralogy of the uranium recovery zone of hypergenesis (according to electron microscopy). M.: FIZMATLIT, 2012. 215 p.

Article history:

Received: May 2017

Accepted: September 2017

For citation:

Kaylachakov P.E. (2017) Sulfide ore mineralization of the uranium-molybdenum-rhenium briketno-zheltukhinskoe deposit (moscow basin). *RUDN Journal of Engineering Researches*, 18(3), 353–360. DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-3-353-360

Bio Note:

Kaylachakov Platon Eduardovich, Institute of Ore Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Science. *Research interests:* Geology of ore deposits, Geochemistry, Mineralogy, Rare elements. *Contact information:* e-mail: KPlaton@yandex.ru