



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 Джезказганского 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].

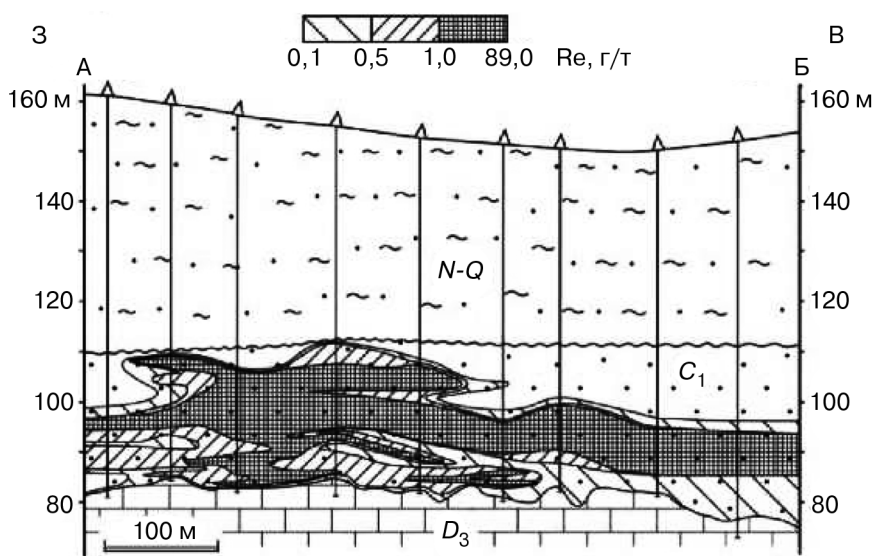
Данное месторождение имеет выгодную географическую позицию для дальнейшей эксплуатации. Оно расположено в Скопинском районе Рязанской области в 16 км от Скопинского гидрометаллургического завода, ныне не работающего, где по проекту «Гиредмета» предполагается организовать производство рения. По площади 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].

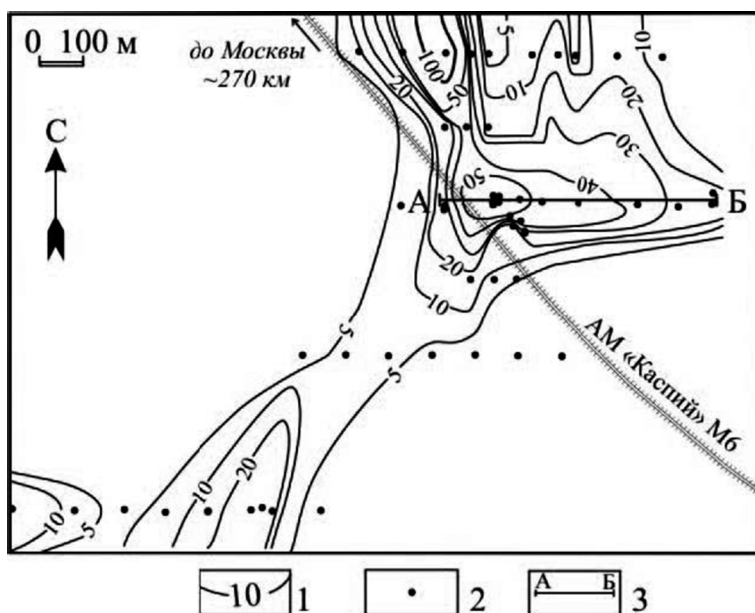
По результатам бурения оценочных скважин в пределах изученной площади было выделено единое рудное тело с содержанием  $Re > 0,1$  г/т, площадная продуктивность  $Re$  достигает  $57$  г/м<sup>2</sup>. Мощность рудной залежи достигает 30 м, поперечный размер — до 500 м (рис. 2). Подрудная карбонатная 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;  $C_1$  — рудовмещающие пески;  
 $D_3$  — 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;  $C_1$  — ore-bearing sands;  
 $D_3$  — 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 ( $Re$ ,  $г/м^2$ );  
 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 ( $Re$ ,  $г/м^2$ );  
 2 — boreholes; 3 — section line Fig. 1]

### Минеральный состав

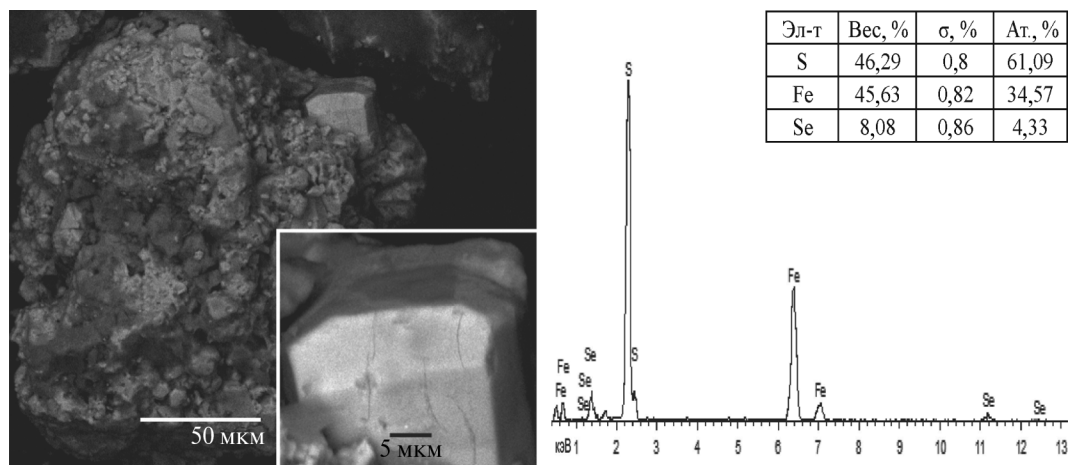
Изучение песчаных и алевропесчаных пород под бинокляром показало, что зерна представлены преимущественно кварцем (80—90 об.%). Представительные пробы рудоносных песков были расситованы на гранулометрические фракции. Минералы тяжелой фракции представлены преимущественно цирконом, ильменитом, монацитом,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

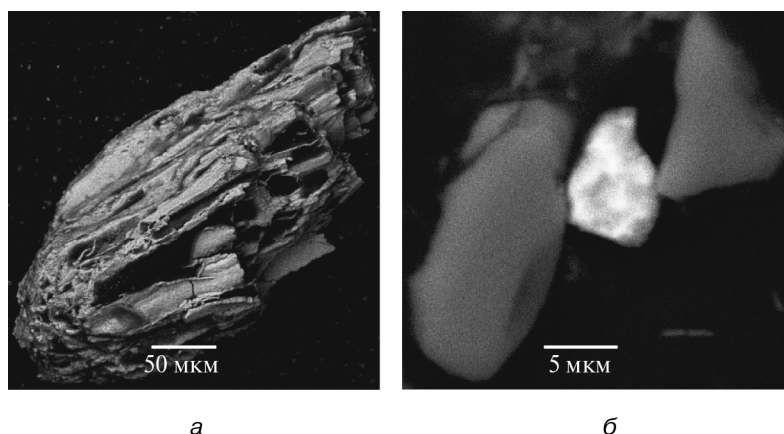
Для исследований взята гранулометрическая фракция рудоносных песков размером  $-0,25$ — $+0,1$ . После выделения сульфидов с помощью тяжелых жидкостей из слабоэлектромагнитной фракции и проб исходных песков сделаны запрессовки. Сульфиды изучены методом аналитической сканирующей электронной микроскопии (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)]

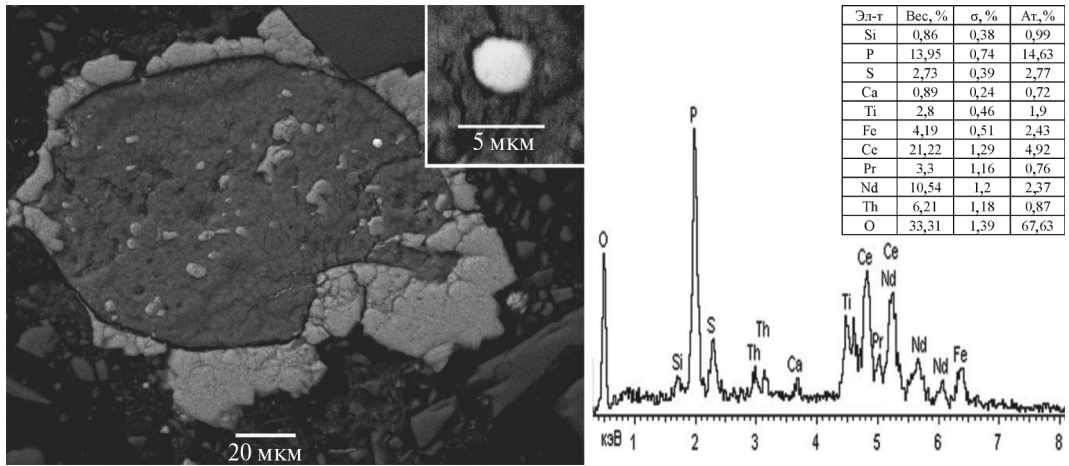


**Рис. 4.** Формы пиритовых образований: а — пористый агрегат пирита трубчато-волокнистого строения; б — халькопирит (светлое) между обломков алюмосиликатов [Fig. 4. Forms of pyrite formations: a — porous aggregate of pyrite with tubular fibrous structure; b — chalcopyrite (light) between the fragments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

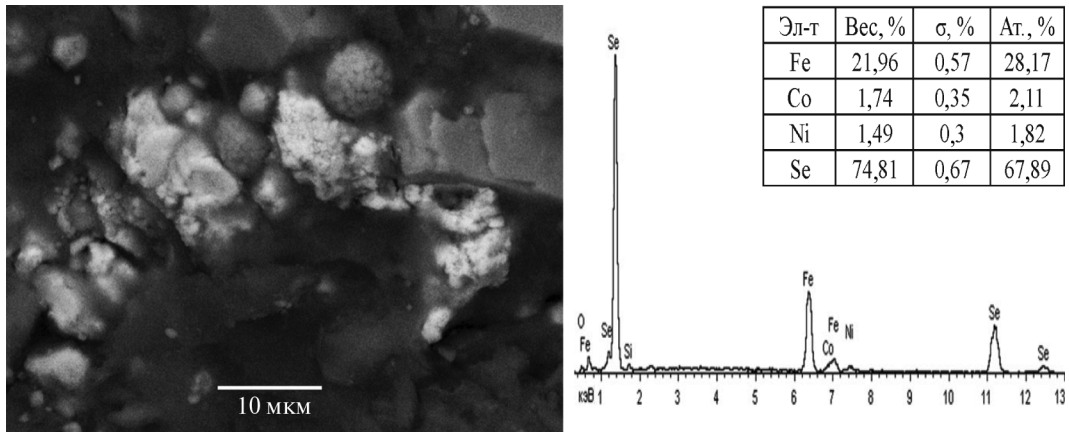
Следует отметить находку фосфата церия (моноцит — предположительная дианогностика) в виде округлого включения на поверхности измененного ильменита (рис. 5). В его составе, помимо редкоземельных элементов, отмечено до 6 мас.% тория.

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

нит с идеализированной формулой  $\text{FeSe}_2$  (рис. 6). В составе минерала отмечены примеси кобальта (до 2 мас.%) и никеля (до 1,6 мас.%). Расчет анализов состава привел к формуле  $(\text{Fe}_{0,85}\text{Co}_{0,06}\text{Ni}_{0,05})_{0,96}\text{Se}_{2,04}$ .



**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.** Джаркенит (яркое) в ассоциации с пиритом (серое); в верхней части снимка — фрамбоид пирита. Справа — спектр состава и результат анализа джаркенита  
[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 ( $\text{FeSe}_2$ ), 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., Килипко 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