

Сырьевая база молибдена

Алешин Д. С.^{1*}, Халезов Б. Д.¹, Крашенинин А. Г.¹

¹ Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: dmitriy.aleshin1@yandex.ru

Реферат

Введение. Производство молибдена является важной отраслью для развития экономики Российской Федерации. Приблизительно 80 % получаемого металла используется при производстве специальных сталей.

Цель работы. На основании данных о запасах, добыче и производстве молибдена выявить мировых лидеров данного рынка. Показать и охарактеризовать основные месторождения молибденового сырья на территории Российской Федерации. Проанализировать динамику производства молибденовых концентратов и ферромолибдена за последние годы с указанием основных предприятий-производителей в России.

Методология. Применялись в основном теоретические методы исследования, а именно обзор и анализ различных информационных источников.

Результаты. В предлагаемой статье представлен краткий аналитический обзор мирового рынка молибденового сырья, указаны основные производители и потребители концентрата. Определены мировые лидеры по запасам молибденового сырья. Представлена динамика мирового производства молибденовых концентратов с 2012 по 2018 г. Охарактеризована минерально-сырьевая база и показаны основные месторождения молибдена на территории России. Отражена динамика производства молибденового концентрата в 2012–2017 гг. с указанием предприятий-производителей. Приведена динамика производства ферромолибдена. Показано изменение импорта-экспорта молибденовых концентратов и ферромолибдена.

Ключевые слова: молибден; молибденовые руды; производство; экспорт-импорт.

Введение. Молибден является малораспространенным элементом. К основным минералам, в состав которых входит молибден, относятся: молибдошеелит, ферримолибдит, вольфенит, повелит и молибденит. Важное место среди минералов, используемых в промышленности, занимает молибденит (MoS₂), который содержит 90 % молибдена.

Молибденовые руды по составу можно разделить на медно-молибденовые, вольфрамомолибденовые и собственно молибденовые. Молибден применяется в черной металлургии в качестве легирующего элемента, примерно 80 % производимого в мире молибдена в виде ферромолибдена используется при производстве стали.

Характеристика мирового рынка молибдена. Сырьевая база, добыча. По данным Геологической службы США (USGS), подтвержденные запасы молибдена в мире на 01.01.2018 г. составляли 20 млн т [1]. Наибольшими запасами молибдена обладает КНР, далее следуют США и Чили.

Основными производителями являются КНР, США, Чили, Перу, на долю которых суммарно приходится 85–90 % мирового объема добычи молибденовых руд. Стоит отметить, что за последние годы Китай, Перу и Чили существенно наращивали добычу руд. По сравнению с предыдущими годами добыча молибденовых руд увеличивалась и в 2018 г. достигла 300 тыс. т (рис. 1) [1].

Согласно данным ООН, на первом месте по экспорту молибденовых концентратов находится Чили, страна увеличила экспорт с 48,8 тыс. т в 2013 г.

до 74,5 тыс. т в 2017 г. (40,9 % от мирового экспорта) [2]. Крупные экспортные поставки также осуществляют Нидерланды (20 %, или 23,6 тыс. т) и США (17,8 %, или 17,8 тыс. т). Самыми крупными странами-импортерами молибденового концентрата являются Япония, Корея, Англия. Импортные поставки молибденового концентрата в 2017 г. составили: в Японию – 38 тыс. т, в Корею – 19,6 тыс. т, в Англию – 15,8 тыс. т [2].

Российский рынок молибдена. Российская Федерация располагает значительной сырьевой базой молибдена: запасы металла, учитываемые Государственным балансом, превышают 2,1 млн т. По качеству руд месторождения, входящие в сырьевую базу, сопоставимы с зарубежными, но в ее структуре доминируют собственно молибденовые штокверковые объекты (молибден-порфировые руды) [3]. В России на их долю приходится 85 % запасов молибдена и практически вся его добыча.

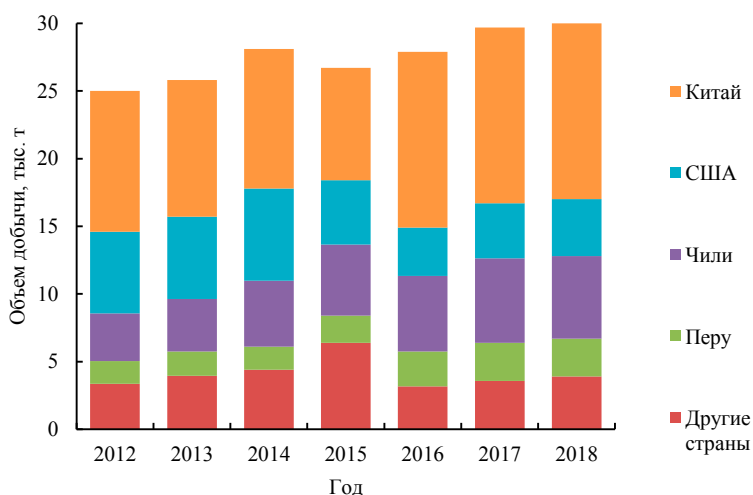


Рис. 1. Динамика мирового производства молибденовых концентратов (в пересчете на молибден) в 2012–2018 гг. (по данным USGS)

Fig. 1. Dynamics of molybdenum concentrates global production (terms of molybdenum) in 2012–2018 (according USGS data)

Основные запасы молибдена распределились следующим образом: запасы категории P_1 – 233,7 тыс. т, P_2 – 858,4 тыс. т, P_3 – 2460 тыс. т, $A + B + C_1$ – 1409 тыс. т, C_2 – 726,9 тыс. т [4]. По предварительным подсчетам, при существующем темпе добычи молибденовая отрасль обеспечена на 40 лет [5]. Потенциал наращивания запасов молибдена в стране значителен, но большая часть прогнозируемых ресурсов относится к наименее изученной категории P_3 .

В Государственном балансе запасов полезных ископаемых Российской Федерации числятся 34 месторождения молибдена, из них только 4 с забалансовыми запасами (рис. 2). В распределенном фонде находятся 23 объекта [4].

Российская сырьевая база молибдена в большей части сосредоточена на территории Сибирского федерального округа, где находятся 22 месторождения, 7 из них – штокверковые. Недра Сибирского федерального округа содержат около 80 % запасов категории $A + B + C_1$ и приблизительно 70 % запасов категории C_2 [6]. Основные крупные месторождения штокверкового типа находятся и на территории Республики Хакасия: Сорское (0,06 % Мо), Агаскырское (0,05 %) и Ипчульское (0,061 % Мо) [6]. В Республике Тыва разведано молибден-медно-порфировое Ак-Сугское месторождение, заключающее 78 тыс. т металла со средним

содержанием в руде 0,015 % Мо [7]. Запасы молибдена категории P_1 в количестве 150,9 тыс. т, локализованы на Джетском штокверковом рудопроявлении в Красноярском крае.

В Забайкальском крае расположено два штокверковых (молибден-порфировых) месторождения: Бугдаинское, руды которого (0,08 % Мо) содержат 600 тыс. т молибдена, или 28 % запаса металла страны, и Жирекенское (0,105 % Мо). Кроме того, на территории края расположены мелкие месторождения собственно молибденовых руд – Аманан-Макитское и Сыргичинское, а также урановые месторождения Стрельцовой группы с попутным молибденом [4–8].



Рис. 2. Основные месторождения молибдена и распределение его запасов и прогнозных ресурсов категории P_1 по субъектам Российской Федерации, млн т

Fig. 2. Main deposit of molybdenum and reserves and P_1 resources distribution by RF constituent entities, mn tons

На территории Республики Бурятия находятся месторождения штокверкового типа: Мало-Ойногорское (0,051 % Мо), Жарчихинское (0,086 % Мо) и Ореkitканское (0,099 % Мо).

Около 6 % российских запасов молибдена заключено в недрах штокверкового месторождения Лобаш (0,069 % Мо) в Республике Карелия.

Высокими перспективами прироста запасов молибдена обладает Уральский федеральный округ. На его территории находится Коклановское (0,082 % Мо) штокверковое собственно молибденовое месторождение в Курганской области. В Свердловской области расположено Южно-Шамейское штокверковое месторождение с содержанием молибдена в рудах 0,07 % Мо, и заключающее 60,5 тыс. т металла. На его флангах локализованы ресурсы категории P_1 в количестве 40 тыс. т. В расположенном поблизости Партизанском рудопроявлении сосредоточено 20 тыс. т прогнозных ресурсов категории P_1 [9]. Небольшое количество запасов молибдена категории C_2 (12,4 тыс. т) подсчитано на Михеевском медно-порфировом месторождении в Челябинской области, руды данного месторождения являются бедными (0,004 % Мо).

Запасы молибдена разведаны также в Чукотском АО – месторождение Песчанка (0,023 % Мо). В Амурской области находится Иканское медно-порфировое месторождение. В Республике Саха (Якутия) – урановое месторождение Дружное. На всех данных месторождениях молибден присутствует в качестве попутного металла.

В Кабардино-Балкарской республике находятся два скарновых месторождения с попутным молибденом, основным компонентом выступает вольфрам. Первое – Тырнаузское месторождение – крупное, с содержанием 0,041 % Мо, его запасы оцениваются в 140 тыс. т. Второе – Гитче-Тырнауз (0,065 % Мо) с запасами молибдена около 26 тыс. т.

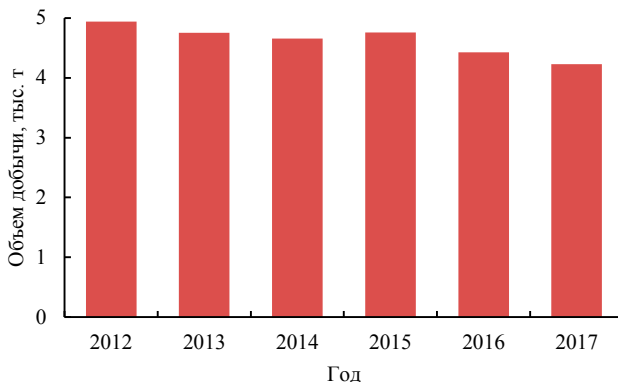


Рис. 3. Динамика добычи молибденового концентрата в 2012–2017 гг.

Fig. 3. Dynamics of molybdenum concentrate production in 2012–2017

В 2016–2018 гг. работы по подготовке к эксплуатации штокверковых собственно молибденовых месторождений фактически не проводились [4].

В связи с падением цен на молибден в 2014 г. компания ООО «Сорский ГОК», входящая в холдинг Группа «Базовый элемент», подготавливающая к отработке открытым способом Агаскырское месторождение, отложила реализацию проекта, в 2016 г. действие лицензии было приостановлено на три года. Компания ООО «Бугдаинский рудник», входящая в состав холдинга ПАО «ГМК «Норильский никель», владеющая правом на добычу молибдена на Бугдаинском месторождении, приостановила действие лицензии с 2014 до 2022 г. [10]. В 2016 г. компания ООО «Прибалтийский ГОК», которая планировала ввести в эксплуатацию Жарчихинское месторождение, на пять лет приостановила лицензию на право пользования недрами. Добыча молибдена на Жирикенском месторождении не ведется с 2013 г., предприятие законсервировано.

Работы по освоению велись только на комплексном молибденсодержащем Ак-Сугском месторождении медно-порфирового типа в Республике Тыва. Компания ООО «Голевская ГРК» планирует ввести в строй карьер годовой мощностью 18,5 млн т руды в 2022 г. На обогатительной фабрике, помимо медного концентрата с золотом и серебром, планируется получать молибденовый концентрат с рением.

Молибденовые концентраты получают способом флотации, различия в технологии переработки руды зависят только от природы слагающих минералов. Технологические схемы большинства действующих фабрик основаны на коллективной медно-молибденовой флотации с последующим циклом селекции с получением разноименных концентратов. В настоящее время основным направ-

лением научных исследований в области обогащения молибденосодержащих руд является совершенствование реагентного режима [11, 12].

По предварительным данным, в 2017 г. в России добыто 4226 т молибдена, на 14 % меньше, чем в 2012 г. (рис. 3) [4]. Приблизительно 85 % металла добывает компания ООО «Сорский ГОК» на одноименном месторождении в Республике Хакасия, за 2017 г. на данном месторождении было добыто 3771 т молибдена. Полученный концентрат перерабатывается на ООО «Сорский ферромолибденовый завод». Остальной объем добычи молибдена обеспечивали АО «Михеевский ГОК» на медно-порфировом Михеевском месторождении (приблизительно 534 т) и ПАО «Приаргунское ПГХО» на Стрельцовском урановом месторождении (6 т), молибден из руд этих объектов не извлекался.

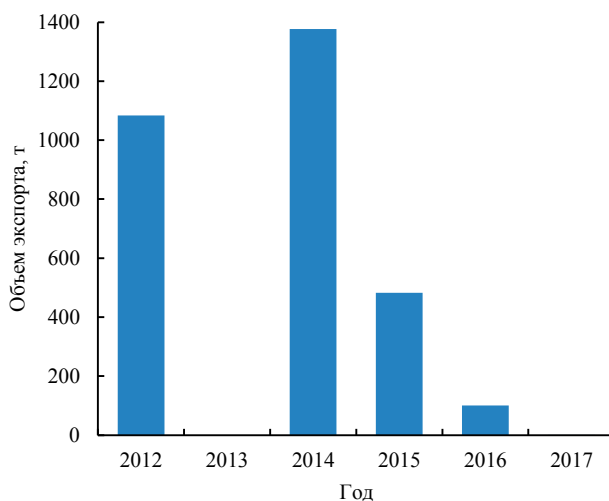


Рис. 4. Динамика экспорта молибденового концентрата в 2012–2017 гг.

Fig. 4. Dynamics of molybdenum concentrate export in 2012–2017

Экспорт молибденовых концентратов из России в 2017 г. практически сошел на нет (рис. 4). Для сравнения: в 2016 г. экспорт составил 100 т, сырье поставляли в Эстонию и Беларусь [2].

Отсутствие на внутреннем рынке отечественных молибденовых концентратов обусловило их импорт (рис. 5). В 2017 г. объем закупки концентрата вырос более чем в полтора раза и составил 3822 т. Больше половины этого количества было приобретено в Чили, значительными поставщиками явились также Нидерланды и Монголия [2].

Внутреннее потребление молибденовых концентратов в России в 2016 и 2017 г. оценивается примерно в 10 тыс. т [3].

Основная доля производства молибденосодержащей продукции приходится на ферромолибден, который используется при легировании стали, чугуна и сплавов [13]. На территории Российской Федерации ферромолибден производят по силикотермической технологии, имеющей ряд недостатков [14]. Из главных – необходимость дорогостоящих газоочистных сооружений и безвозвратная потеря ценных металлов, таких как рений. По предварительным данным, всего в 2017 г. в стране было выпущено 4900 т ферромолибдена, это на 27 % меньше, чем в предыдущем 2016 г. К основным производителям ферромолибдена из собственных концентратов относятся: ОАО «Челябинский электрометаллургический комби-

нат» и ООО «Сорский ферромолибденовый завод». Импортные концентраты перерабатываются на таких предприятиях, как ООО «Рязанский завод ферросплавов и лигатур», ЗАО «ПО Зубцовский машиностроительный завод», ООО «Молирен» и ООО «Предприятие Кристалл». Резкий спад производства ферромолибдена произошел в связи с приостановкой производства ферромолибдена на заводе ЗАО «Камышинский литейно-ферросплавный завод» в Волгоградской области, который перерабатывал импортные концентраты [15].

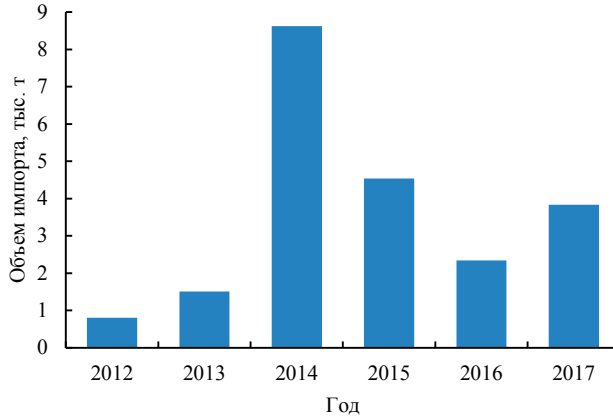


Рис. 5. Динамика импорта молибденового концентрата в 2012–2017 гг.
Fig. 5. Dynamics of molybdenum concentrate import in 2012–2017

По данным ООН, Российский экспорт ферромолибдена вследствие сокращения производства ферромолибдена в стране в 2017 г. составил всего 4432 т (рис. 6). Продукция в основном была направлена в Нидерланды. Импорт ферромолибдена, который в 2016 г. составил всего 88 т, в 2017 г. вырос до 504 т [2]. Главным поставщиком ферромолибдена в 2017 г. являлась Армения.

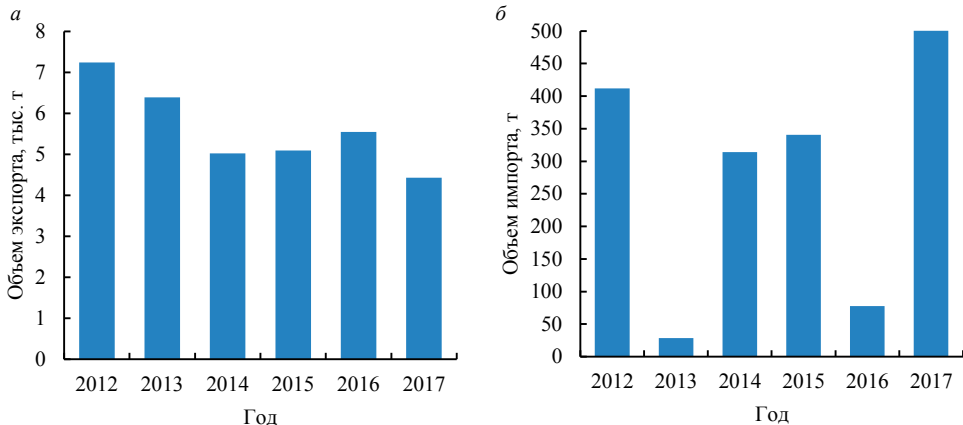


Рис. 6. Экспорт – а и импорт – б ферромолибдена в 2012–2017 гг.
Fig. 6. Export – а and import – б of ferromolybdenum in 2012–2017

Внутреннее потребление в стране в 2017 г. находилось на уровне ~ 800 т.

В России также существуют мощности по производству металлического молибдена и изделий из него. ОАО «Полема» производит молибденовый прокат, ОАО «Уралредмет» – молибденосодержащие лигатуры, ОАО «Победит» – порошок.

Вместе с тем необходимо отметить, что на сегодняшний день потребность российского рынка в молибденовой продукции покрывается за счет импорта.

Вывод. Месторождения молибдена, формирующие основу российской сырьевой базы, соответствуют зарубежным аналогам. Кроме того, наиболее крупные собственно молибденовые месторождения расположены в районах с развитой инфраструктурой, что значительно облегчает процесс их ввода в эксплуатацию. Однако освоение этих объектов напрямую зависит от мировых цен на молибден. После продолжительного кризиса цены на молибден так и не поднялись до прежнего уровня. Рост цен на молибден может повлиять на реализацию ряда крупных запланированных проектов по освоению месторождений молибдена и позволит расконсервировать уже существующий Жирекенский горно-обогатительный комбинат.

На сегодняшний день внутреннее потребление молибдена перекрывается в основном за счет импорта. Необходимо расширять производство молибдена в России, но, к сожалению, переработка молибденовых концентратов по известным схемам экономически нецелесообразна при существующей цене на молибден. Необходимы новые экологически чистые и экономически целесообразные технологии переработки. В Институте металлургии УрО РАН проводятся исследования по разработке новых способов производства молибдена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологическая служба США // Molybdenum Statistics and Information. URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/molybdenum> (дата обращения 10.01.19).
2. Сайт ООН // База данных ООН. URL: <http://www.un.org/ru> (дата обращения 10.01.19).
3. Тигунов Л. П., Пикалов В. С., Быховский Л. З. Легирующие металлы России. Минерально-сырьевая база: состояние, использование, перспективы развития // Черная металлургия. 2017. № 12. С. 3–10.
4. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2016 и 2017 годах. Москва: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2018. 341 с.
5. Козловский Е. А. Минерально-сырьевой комплекс и национальная безопасность России // Пространство и время. 2011. № 7. С. 115–119.
6. Неволько А. И., Эрнст В. А. Состояние и использование минерально-сырьевой базы Сибирского ФО // Разведка и охрана недр. 2012. № 9. С. 33–39.
7. Спорыхина Л. В., Акимова А. В., Данилин М. В. Состояние минерально-сырьевой базы цветных металлов (олово, вольфрам, молибден, сурьма и алюминиевое сырье) // Минеральные ресурсы России. 2017. № 4. С. 19–24.
8. Авдеев П. Б., Овешников Ю. М. Минерально-сырьевая база Забайкальского края и ее освоение в современных условиях // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле РАЕН. 2014. № 5. С. 50–57.
9. Лаптева А. М. Минеральное сырье от недр до рынка: черные легирующие металлы и некоторые неметаллы. М.: Научный мир, 2011. 611 с.
10. Елсукова М. А. Рынок молибдена в мире и России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 4. С. 78–81.
11. Бобракова А. А. Обоснование реагентного режима сульфидной флотации молибденсодержащих руд алюмосиликатного состава // ГИАБ. 2013. № 12. С. 298–301.
12. Костромин И. В., Храмов А. Н. Математическое моделирование как метод обоснования применения модифицированного собирателя для флотации окисленного молибдена // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. № 8. С. 41–53.
13. Лаптева А. М., Митрофанов Н. П., Тигунов Л. П. Минерально-сырьевая база легирующих металлов: состояние, проблемы и перспективы освоения // Горный журнал. 2017. № 7. С. 10–16.
14. Зеликман А. Н. Молибден. М.: Металлургия, 1970. 420 с.
15. ЗАО «Камышинский литейно-ферросплавный завод». URL: <https://www.zaoklfz.ru/docs/index.html> (дата обращения 27.02.19).

Поступила в редакцию 6 июня 2019 года

Сведения об авторах:

Алешин Дмитрий Сергеевич – младший научный сотрудник, аспирант Института металлургии УрО РАН. E-mail: dmitry.aleshin1@yandex.ru

Халезов Борис Дмитриевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник Института металлургии УрО РАН. E-mail: bd-chalezov@yandex.ru
Крашенинин Алексей Геннадиевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института металлургии УрО РАН. E-mail: agkrash@mail.ru

DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-113-121

Molybdenum mineral base

Dmitrii S. Aleshin¹, Boris D. Khalezov¹, Aleksei G. Krasheninina¹

¹ Institute of Metallurgy UB RAS, Ekaterinburg, Russia.

Abstract

Introduction. Molybdenum production is important for Russia's economic development. About 80% of the produced metal is used in special steel manufacture.

Research aim. Based on the data about reserves, extraction and production of molybdenum, the researches aim is to identify world leaders in the market, show and describe basic molybdenum deposits at the territory and the Russian Federation, analyse production dynamics of molybdenum concentrates and ferromolybdenum within recent years, specifying main manufacturing enterprises in Russia.

Methodology basically included theoretical research methods, particularly review and analysis of various sources of information.

Results. The present article displays brief analytical review of molybdenum world market and indicates main manufacturers of consumers of the concentrate. World leaders in molybdenum reserves are determined. The dynamics of molybdenum concentrates global production is presented for the period from 2012 to 2018. Mineral raw material base is described and main deposits of molybdenum at the territory of Russia are shown. The dynamics of molybdenum concentrate production in 2012–2017 is reflected with the list of manufacturing enterprises. Ferromolybdenum production dynamics is given. Change in molybdenum concentrates and ferromolybdenum import-export is shown.

Key words: molybdenum; molybdenum ores; production; export-import.

REFERENCES

1. USGS. *Molybdenum Statistics and Information*. Available from: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/molybdenum> [Accessed 10th January 2019].
2. UN. UN database. Available from: <http://www.un.org/ru> [Accessed 10th January 2019]. (In Russ.)
3. Tigonov L. P., Pikalov V. S., Bykhovskii L. Z. The alloying metals in Russia. The mineral and raw materials base in Russia: the status, utilization, prospects for the development. *Chernaya metallurgiya = Ferrous Metallurgy*. 2017; 12: 3–10. (In Russ.)
4. *State report of the state and use of mineral resources in the Russian Federation in 2016 and 2017*. Moscow: Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation Publishing; 2018. (In Russ.)
5. Kozlovskii E. A. Mineral and raw complex and the national security of Russia. *Prostranstvo i vremia = Space and Time*. 2011; 7: 115–119. (In Russ.)
6. Nevolko A. I., Ernst V. A. Status and employment mineral-raw base of Siberian Federal District. *Razvedka i ohrana nedr = Prospect and Protection of Mineral Resources*. 2012; 9: 33–39. (In Russ.)
7. Sporykhina L. V., Akimova A. V., Danilin M. V. Current state of the mineral resource base of nonferrous metals (tin, tungsten, molybdenum, antimony and aluminum raw materials). *Mineralnye resursy Rossii = Mineral Resources of Russia*. 2017; 4: 19–24. (In Russ.)
8. Avdeev P. B., Ovshnikov Iu. M. Transbaikal region mineral resources base and its development in modern conditions. *Izvestiia Sibirskogo otdeleniia Sektzii nauk o Zemle RAEN = Bulletin of the Siberian Branch of the Section on the Earth's Sciences RANS*. 2014; 5: 50–57. (In Russ.)
9. Lapteva A. M. *Mineral raw material from subsoil to the market: ferrous alloying metals and some nonmetals*. Moscow: Nauchnyi mir Publishing; 2011. (In Russ.)
10. Elskova M. A. Molybdenum markets in the world and Russia. *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics and Management*. 2014; 4: 78–81. (In Russ.)
11. Bobrakova A. A. Rationale reagent equipment regime of sulfide flotation of molybdenum ores aluminosilicate composition. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tehnicheskii zhurnal) = Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*. 2013; 12: 298–301. (In Russ.)
12. Kostromina I. V., Khramov A. N. Mathematical modeling as a method of justifying the use of modified collector for oxygenated molybdenum flotation. *Vestnik Zabaikalskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Transbaikal State University*. 2017; 8: 41–53. (In Russ.)
13. Lapteva A. M., Mitrofanov N. P., Tigonov L. P. Mineral base of alloying metals: state, problems and prospects of exploitation. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2017; 7: 10–16. (In Russ.)
14. Zelikman A. N. *Molybdenum*. Moscow: Metallurgiya Publishing; 1970. (In Russ.)
15. Kamyshe ferroalloy plant and foundry ZAO. Available from: <https://www.zaoklfz.ru/docs/index.html> [Accessed 27th February 2019].

Information about authors:

Dmitrii S. Aleshin – junior researcher, PhD student, Institute of Metallurgy UB RAS.
E-mail: dmitriy.aleshin1@yandex.ru

Boris D. Khalezov – DSc (Engineering), senior researcher, Institute of Metallurgy UB RAS.
E-mail: bd-chalezov@yandex.ru

Aleksei G. Krashenin – PhD (Engineering), leading researcher, Institute of Metallurgy UB RAS.
E-mail: agkrash@mail.ru

Для цитирования: Алешин Д. С., Халезов Б. Д., Крашенинин А. Г. Сырьевая база молибдена // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 7. С. 113–121. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-113-121

For citation: Aleshin D. S., Khalezov B. D., Krashenin A. G. Molybdenum mineral base. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2019; 7: 113–121 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2019-7-113-121