НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ РОССИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ: СОСТОЯНИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ОСВОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

*А. Г. РОМАНОВ, ведущий инженер отдела мониторинга МСБ ТПИ и недропользования;
В. С. ПИКАЛОВА, ведущий специалист отдела методики геолого-экономической оценки и разведки
месторождений, pikalova@vims-geo.ru; Л. З. БЫХОВСКИЙ, д-р геол.-минерал. наук, главный научный
сотрудник отдела мониторинга МСБ ТПИ и недропользования;
Л. П. ТИГУНОВ, член-корреспондент РАЕН, главный специалист отдела методики
геолого-экономической оценки и разведки месторождений
(Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского,
Россия, г. Москва)*

Аннотация. Рассмотрены состояние, использование и перспективы развития российской минерально-сырьевой базы флюсового минерального сырья [плавикового шпата (флюорита) и флюсовых известняков], огнеупорных материалов (бокситов, доломита, магнезита, брусита, бишофита и циркония) и формовочных песков.

Дана оценка уровня обеспеченности российской металлургической промышленности неметаллическим сырьем. Показано, что недра России содержат практически все виды неметаллических полезных ископаемых, используемых в металлургии чугуна, стали и сплавов. Не используется в металлургии высокоглиноземистое минеральное сырье, хотя выявленные его запасы и ресурсы вполне достаточны для удовлетворения потребности предприятий металлургической промышленности страны. Ощущается дефицит флюорита и циркония, объективные причины которого отсутствуют.

Кратко описана конъюнктура рынков рассмотренных полезных ископаемых.

Ключевые слова: неметаллические полезные ископаемые; флюсовое минеральное сырье; огнеупорные материалы; формовочные пески.

Ссылка для цитирования. Романов А.Г., Пикалова В.С., Быховский Л.З., Тигунов Л.П. Неметаллические полезные ископаемые России в металлургическом производстве: состояние минерально-сырьевой базы и перспективы ее освоения и развития // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2018. № 8. С. 7–16.

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-8-7-16

Металлургический процесс немыслим без использования неметаллических полезных ископаемых в качестве флюсов, огнеупоров, формовочных материалов. Их роль трудно переоценить при выплавке чугуна, сталей и ферросплавов [1].

По выплавке чугуна Россия занимает 4-е место в мире (после Китая, Японии и Индии), по выплавке стали — 6-е место (после Китая, Индии, Японии, США и Южной Кореи). Выплавка стали в России составляет 440 кг/чел. в год, однако потребление — только 154 кг/чел. в год (в Японии, странах ЕС и США — 350–550 кг/чел.).

Технический прогресс в металлургии черных металлов привел к изменению сортамента в первую очередь полезных ископаемых, используемых в производстве огнеупорных материалов: привлекаются нетрадиционные (для России и некоторых стран СНГ и дальнего зарубежья) источники неметаллического минерального сырья. Глобализация в области минерального сырья и повышение конкуренции требуют внедрения ресурсосберегающих технологий, позволяющих снизить себестоимость товарных ликвидных продуктов металлургии.

1. Флюсовое минеральное сырье

В качестве флюсов используются флюорит (CaF_2), известняки и доломиты (с высоким содержанием MgO и CaO). Значительный экономический эффект можно получить при использова-

нии флюсовых известняков, природно-легированных марганцем (Улутелякское и другие месторождения на Урале и в других районах России).

Плавиковый шпат (флюорит)

Теоретический состав флюорита: Са — 51,33 %; F — 48,67 %. Выделяются следующие сорта флюорита — металлургический, керамический и кислотный.

Металлургический сорт должен содержать не менее 60 % CaF_2 ; керамический сорт (80–96 % CaF_2) используется при производстве стекла и эмалей, при выплавке цинка и в других процессах; кислотный сорт (не менее 97 % CaF_2) применяется в производстве алюминия (криолит), в процессе переработки урановых руд, для производства плавиковой кислоты и др. Для получения такого качества плавиковошпатовых продуктов природные руды, содержащие флюорит, подвергают обогащению. Этот минерал входит в состав редкометалльных и полиметаллических руд многих месторождений России (при содержании CaF_2 от 1–3 % и больше, особенно в месторождениях свинцово-цинковых руд) [2].

Структура потребления флюорита в России отличается от мировой, где большая его часть используется в химической промышленности. В России основное его количество применяется в черной и цветной металлургии (51 и 31 % соответственно). На долю химической и атомной промышленности и других производств приходится около 18 %.

В недрах России разведано 28,9 млн т флюорита (всех категорий запасов), которые учтены в 48 месторождениях, в том числе 36 месторождений с собственно флюоритовыми рудами (около 85 % запасов) и 6 месторождений с комплексными (флюоритсодержащими) рудами.

При дефиците флюорита в России минерал из руд комплексного состава (6–12 % CaF_2) не извлекается. В США руды с содержанием CaF_2 8–12 % считаются промышленными и интенсивно используются. С другой стороны, из редкометалльных руд флюорит в мире не извлекается, хотя в ряде месторождений его содержание превышает 20 % (достигает 40–42 %). В России бериллиевые руды содержат 24–26 % CaF_2 , но они не осваиваются многие десятилетия. Основные запасы плавикового шпата сосредоточены в Сибирском федеральном округе (ФО) — 56 % всех учтенных запасов России. Содержание в них CaF_2 составляет от 28,8 до 58,3 %: руды, содержащие 37–40 % CaF_2 , считаются бедными [3]. Однако пример США показывает, что главная проблема заключается не столько в содержании минерала в рудах, сколько в наличии прогрессивных технологий их обогащения.

В Республике Тыва выявлено крупное карбонатитовое рудопоявление Карасуг с рудами

комплексного состава: железо, стронций, барит, флюорит, РЗО (бастнезит). Ресурсы флюорита при его содержании в руде 12 % оцениваются в 38 млн т. Технология обогащения всех типов руд месторождения разработана сотрудниками ВИМС.

Флюсовые известняки

В качестве флюсов используются высококачественные карбонатные породы — известняки, доломитизированные известняки, карбонатиты. Единых кондиций (требований) к качеству и запасам флюсовых известняков нет: действуют технические условия (ТУ) предприятий. Основными показателями являются: химический состав (ограничения по содержанию СаО), механическая прочность, кусковатость.

ОСТ 1464–80 распространяется на известняки, применяемые в качестве флюса в сталеплавильном и ферросплавном производствах, в кусковом виде — в шихте мартеновского (М-1–2), конвертерного, электросталеплавильного (С-1–2) и ферросплавного (Ф-1–2) производств. Доломитизированные известняки (КДУ-1–2) — для конвертерного производства.

В СССР 88,5 % флюсовых известняков было сосредоточено в РСФСР и на Украине, 8,9 % — в Казахстане. На долю этих трех республик приходилось более 97 % добычи флюсового сырья.

В России государственным балансом по состоянию на 01.01.2017 г. учтены 75 месторождений флюсовых известняков с суммарными запасами руд категорий А+В+С₁ 7,3 млрд т, категории С₂ — 1,7 млрд т. Около 28 % балансовых запасов сосредоточено в Сибирском ФО, около 26 % в Уральском ФО.

В 2016 г. добыто 38,69 млн т флюсовых известняков (на 223 тыс. т меньше, чем в 2015 г.). Прогнозируется рост добычи в 2018–2019 гг. на 2 % в год. Ежегодная потребность в известняках предприятий России (2,0–2,5 млн т) полностью обеспечена разведанными балансовыми запасами.

Промышленный интерес представляют флюсовые известняки, природнолегированные марганцем (5–8 % MnO — Улутелякское месторождение), стронцием (Верхне-Упьевское в Тульской области), флюоритом (Западное Прибайкалье, Иркутская область). При обогащении карбонатных руд марганца получают высококачественные кальцитовые породы (51 % СаО), легированные марганцем (5 %), например кальцититы из руд Усинского месторождения (Кемеровская область), полученные по технологии ВИМС.

2. Огнеупорные материалы

В связи с увеличением объемов выплавки сталей в конвертерах и электропечах уменьшается потребление традиционных минеральных огнеупорных материалов и растет потребность в нетрадиционных материалах высокого качества.

В России требуется переход на ресурсосберегающие технологии с использованием огнеупорных материалов нового поколения — замена хромосодержащих огнеупоров (система $\text{MgO-Cr}_2\text{O}_3$) известьсодержащими (система MgO-CaO), шпинельсодержащими (система $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$), форстеритсодержащими (система MgO-SiO_2) и цирконийсодержащими (система MgO-ZrO_2).

Новые для предприятий России минеральные виды для производства огнеупоров — силлиманит, андалузит, циркон (бадделеит, эвдиалит), бокситы (маложелезистые).

Основные производители андалузита — ЮАР и Франция, цирконового сырья — Австралия, ЮАР, США. Объемы использования нетрадиционных минеральных видов огнеупорного сырья существенным образом зависят от уровня цен — их увеличение приводит к снижению объемов использования минерального сырья, и наоборот.

В России примером является бадделеит, получаемый из руд Ковдорского месторождения: Ковдорский ГОК является монополистом по этому виду сырья, и необоснованное завышение цен на бадделеит практически привело к отказу от его использования металлургическими предприятиями страны.

Огромные перспективы производства ZrO_2 связаны с рудами эвдиалита (Аллуайв) в Мурманской области, с получением ZrSiO_4 из титанциркониевых россыпей (в России детально разведаны 11 россыпных месторождений, которые многие десятилетия не осваиваются).

Огнеупорное сырье классифицируется по минеральному составу, огнеупорному типу оксидов (как огнеупорной основы) и подразделяется на кислые (SiO_2), нейтральные (Al_2O_3) и основные (MgO , CaO). Лишь небольшое количество огнеупорных материалов используется в природном состоянии (после обогащения), а огнеупорные материалы, используемые в металлургии сталей и сплавов, являются искусственными.

Кремнистое огнеупорное минеральное сырье представлено кварцсодержащими породами (SiO_2 не менее 93 %); требование для кварцитов — не менее 97 % SiO_2 , не более 1,6 % Al_2O_3 и не более 0,7 % Fe_2O_3 .

Алюмосиликатное огнеупорное минеральное сырье классифицируется по содержанию Al_2O_3 и SiO_2 . К высокоглиноземистому сырью относятся породы, содержащие более 45 % Al_2O_3 . Это корунд, диаспор, бокситы, андалузит, силлиманит,

кианит, технический глинозем (из которого изготавливаются корундовые огнеупоры).

Магнезиальное огнеупорное минеральное сырье — доломиты, магнезиты, брусит, бишофит, хромит (в том числе хромовая шпинель); шпинельные огнеупоры получают спеканием глинозема и магнезита (при $t = 1750^\circ\text{C}$).

Циркониевое огнеупорное минеральное сырье представлено цирконом (ZrSiO_4) и бадделеитом (ZrO_2). Эти огнеупоры характеризуются весьма высокой температурой плавления (2950°C), высокой шлакоустойчивостью и термостойкостью. Для России цирконное и бадделеитовое огнеупорное минеральное сырье является нетрадиционным. Нетрадиционным видом минерального сырья также являются высокоглиноземистые породы (концентраты из них). В США и Европе используются маложелезистые бокситы (дефицитные в России).

Месторождения высокоглиноземистых пород выявлены в Северо-Западном, Уральском и Сибирском районах России [4].

В Мурманской области учтено 23 месторождения кианитов Кейвской группы, балансовые запасы категорий $A+B+C_1$ составляют 0,464 млрд т, категории C_2 — 1,23 млрд т. Наиболее крупным по запасам является месторождение Новая Шуурурта (категория C_1 — 58,6 млн т кианитсодержащего сланца, содержащего 24,9 млн т кианита; категория C_2 — 234,3 млн т сланца, содержащего 99,4 млн т кианита). Расстояние до г. Апатиты — 150 км, пос. Ловозеро — 100 км, до морского порта Гремяха — 80 км.

Месторождение Хизо-Вара расположено в 30 км к западу от ж/д станции Лоухи. Содержание кианита в сланцах колеблется от 3 до 13 %, выделяются линзы мощностью 30–90 м с содержанием кианита 47 %.

На Среднем и Южном Урале выделяются три группы месторождений и рудопроявлений кианита:

- Абрамовская группа (с одноименным месторождением), содержание кианита в кварцитах 31 %, ресурсы минерала оцениваются в 2 млн т;

- Карабашская группа, в рудах одноименного месторождения содержание кианита составляет 17,4 %;

- Борисовская группа (в одноименном месторождении содержится 25,6 % кианита). В пределах площади этой группы широко развиты россыпи кианита с содержанием минерала 7,1–8,7 %, с ресурсами от 100 до 500 тыс. т минерала в россыпи.

Наиболее благоприятны для освоения золотоносные россыпи Челябинской области, где кианит является попутным компонентом. Содержание кианита оценивается в 2–5 %. В США (шт. Флорида) отрабатываются россыпи с содержа-

нием кианита 1–2 %. Кианитовые концентраты из руд уральских месторождений содержат 47–62 % Al_2O_3 ; 0,42–1,10 % Fe_2O_3 ; 34–44 % SiO_2 . Технологические испытания проведены в большом объеме (ЦНИИОлово, Новосибирск): кианитовые концентраты пригодны для изготовления различных огнеупорных материалов с огнеупорностью 1800 °С.

Месторождения и рудопроявления высокоглиноземистого сырья Восточной Сибири выявлены в Енисейской, Алтае-Саянской и Забайкальской провинциях. Месторождения Енисейской провинции представлены силлиманитовыми и андалузитовыми гнейсами. Содержание минералов колеблется от 13 до 24 %. Андалузитовый концентрат содержит 54,5–57,1 % Al_2O_3 ; 1,77–2,22 % Fe_2O_3 . Огнеупорность изделий из таких концентратов составляет 1430–1830 °С.

В пределах Енисейского кряжа выявлено 7 месторождений с содержанием минерала 10–21 %, с ресурсами руды от 97 до 600 млн т (глинозема — от 14,5 до 125 млн т).

В Иркутской области проявления андалузит-силлиманитовых и гранат-силлиманитовых сланцев и гнейсов выявлены в бассейнах рек Китой, Ока, Иркут, Олот, Огнит, Гутара, Казыр и Кизир. Наиболее интересны Китойское и Базыбайское месторождения.

Силлиманитовые сланцы Китойского месторождения содержат 26–40 % силлиманита, 1,3 % андалузита, 4–6 % граната, 0,6–1,0 % рутила, топаз, монацит, шпинель. Руды характеризуются следующим составом: 17–34 % Al_2O_3 ; 0,2–2,0 % Fe_2O_3 ; 54–67 % SiO_2 ; в концентратах: 54–55 % Al_2O_3 ; 2,2–2,5 % Fe_2O_3 ; 39–40 % SiO_2 .

Базыбайское месторождение расположено в среднем течении р. Казыр. Силлиманитовые породы содержат андалузит, дистен, гранат, корунд, шпинель, топаз, магнетит, сфен. Содержание силлиманита колеблется от 16 до 35 %. Химический состав руд: 10,9–22,2 % Al_2O_3 ; 0,64–5,10 % Fe_2O_3 ; 49–83 % SiO_2 . На заводе “Сибэлектросталь” получен концентрат с содержанием 52,7 % Al_2O_3 и 0,59 % Fe_2O_3 .

В Забайкалье выявлено Кяхтинское месторождение кварц-силлиманитовых руд, содержащих 22,15 % Al_2O_3 ; 5,39 % Fe_2O_3 ; 53,3 % SiO_2 ; 1,2 % TiO_2 . Содержание силлиманита колеблется от 5 до 70 % (в среднем 22,3 %).

В Северо-Байкальском районе привлекают внимание диаспориты, крупное по ресурсам проявление выявлено в породах докембрийского возраста вблизи Байкальского туннеля (БАМ), а также Витимская группа (150 м от берега р. Витим) пород силлиманит-кварцевого и кианит-кварцевого, хлоритоид-кварцевого состава, некоторые содержат 20–25 % кианита, до 10 % хлоритоида, гранат, кордиерит, ставролит.

Бокситы

Бокситы используются для получения глинозема, из которого производят алюминий и корунд. Китайские металлурги используют глинозем в качестве флюса при доменной плавке високотитанистых (6–12 % TiO_2) титаномагнетитовых концентратов.

Россия обладает значительными запасами бокситов, месторождения которых разведаны (и осваиваются) в Республике Коми, Архангельской области, на Северном и Южном Урале, в Белгородской области, в Красноярском крае, Иркутской области и других районах [5].

В Белгородской области в результате разведки месторождений железных руд, кроме бокситов Висловского месторождения, выявлены огромные ресурсы железо-алюминиевого сырья (ЖАС), в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке — месторождения алунитов, диаспоритов [6].

Бокситы в месторождениях североонежского типа (Североонежский, Тихвинский районы) состоят из бокситов, аллитов и сиаллитов: кондиционные бокситы залегают в центральных частях рудных залежей.

На Среднем Тимане разведаны Вежаю-Ворыквинское, Верхне-Ворыквинское и другие месторождения. По качеству бокситы относятся к байеровскому и спекательному типам; состав — бемитовый с примесью шамозита, каолинита, гематита. Химический состав бокситов: 48–53 % Al_2O_3 ; 26–28 % Fe_2O_3 ; 6–9 % SiO_2 .

Бокситы Тихвинского района (Ленинградская область) могут использоваться для производства огнеупоров (ввиду низкого содержания железа).

В Архангельской области наиболее изучено Иксинское месторождение бокситов. Руды содержат гиббсит и каолинит, кварц, гематит, анатаз, рутил. Маложелезистые бокситы (МЖБ) могут добываться попутно с железистыми (металлургическими) бокситами. Запасы МЖБ (до 12 % от общих запасов месторождения) позволяют обеспечивать производство огнеупорных материалов на много лет: объем поставок — до 60 тыс. т/год (для производства муллитокремнеземистых изделий с содержанием 69 % Al_2O_3). Рудник расположен в 200 км (по железной дороге) от морского порта Архангельск. При использовании магнитной сепарации из дробленых бокситов извлекаются “вредные” примеси — Fe_2O_3 (снижение с 4 до 1,5 %) и TiO_2 (с 3 до 1,3 %). В отходах магнитной сепарации отмечено высокое содержание скандия (300–400 г/т Sc_2O_7) и 20 % Fe_2O_3 с 5 % TiO_2 . При производстве глинозема в шлаках обнаружен хром (26–29 % Cr_2O_3).

В Среднем Тимане расположена Ворыквинская группа бокситовых месторождений (Вежаю-Ворыквинское, Верхне-Щугорское и Восточное). МЖБ (огнеупорные) разведаны во второй Северной залежи Верхне-Щугорского месторождения и на трех участках Вежаю-Ворыквинского месторождения. Запасы МЖБ Верхне-Щугорского месторождения составляют 911,5 тыс. т с содержанием 86,98 % Al_2O_3 и 1,98 % Fe_2O_3 . Запасы МЖБ Вежаю-Ворыквинского месторождения составляют 3,821 млн т с содержанием 74,14 % Al_2O_3 и 2,21 % Fe_2O_3 . В заводских условиях был получен концентрат, огнеупорность которого превысила 1770 °С, содержание Al_2O_3 — 95–98 %, т. е. огнеупорный материал пригоден для материалов ответственного назначения. При потреблении около 100 тыс. т/год огнеупорное производство будет обеспечено сырьем на 35–40 лет.

Белгородская группа бокситовых месторождений включает Висловское, Мелихово-Шебекинское, Гостищевское, Беленихинское и другие месторождения бокситов и ЖАС. Основные запасы заключены в Висловском месторождении (ни одно из них не осваивается по причине «глубокого залегания» бокситов — 600 м, при этом глубина добычи бокситов на Североуральском бокситовом руднике превышает 1200 м). Бокситы (маложелезистые) Висловского месторождения содержат 49,4–50,6 % Al_2O_3 ; 6,5–8,1 % Fe_2O_3 ; 7,1–11,2 % SiO_2 ; 2,6 % TiO_2 .

Доломиты

В сыром виде доломиты используются в черной металлургии в качестве флюсов, в производстве огнеупоров, для изготовления агломератов и окатышей. Требования к сырому металлургическому доломиту определяются содержанием MgO — не менее 12 %, SiO_2 — не более 5 % и суммой $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO}$ — не более 6 %.

В обожженном виде доломиты используются для получения металлургических порошков, трамбовочных масс, кирпича и изделий специального назначения.

Предприятия черной металлургии используют около 65 % добытых доломитов.

В России Государственным балансом учитываются 29 месторождений доломита для металлургии с запасами промышленных категорий 1,65 млрд т и категории C_2 292,7 млн т. В месторождениях Центрального района сосредоточено 44,57 % запасов доломита, в Сибирском ФО — 25,10 %, в Уральском ФО — 10,85 %, в Северо-Западном ФО — 12,29 %. Наиболее крупные месторождения — Данковское в Липецкой области, Плесецкое (Емецкое) в Архангельской области, Большая Гора в Кемеровской области.

Смолодоломиты используются в качестве огнеупорного сырья в доменных печах, в производстве кирпича, блоков и огнеупорных изделий специального назначения.

Магнезит

Минерально-сырьевая база России по количеству разведанных запасов магнезита (MgCO_3) является одной из крупнейших в мире и полностью обеспечивает потребности металлургических предприятий страны.

Крупнейшим в мире является Савинское месторождение в Иркутской области с запасами руд промышленных категорий 241,1 млн т (содержание MgO — 45,98 %), категории C_2 — 1,67 млрд т. Саткинское месторождение на Урале также характеризуется крупными запасами категорий A+B+C_1 — 116,1 млн т, категории C_2 — 12,8 млн т с содержанием MgO 43–46 % (добыча достигает 437 тыс. т/год магнезитов). Не эксплуатируются месторождения Тальское (с общими запасами 93,9 млн т, MgO — 46,4 %) и Верхотуровское (121,6 млн т, MgO — 46,6 %).

Добыча магнезитов ведется на трех месторождениях России — Саткинском, Березовском (729 тыс. т/год) и Киргитейском. В Красноярском крае перспективным для освоения является Верхотуровское месторождение, в котором кроме балансовых учтены забалансовые запасы магнезитов в количестве 48,8 млн т.

Экспорт магнезитов составляет 0,9–1,4 тыс. т/год, импорт (представляющий собой руду) — 0,5–52,9 тыс. т.

Брусит

Минерал представляет собой гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$, который содержит 69,1 % MgO и 30,9 % H_2O . Брусит является лучшим высокомагнезиальным минеральным сырьем (высокое содержание MgO и низкое вредных примесей).

Месторождения брусита промышленного масштаба очень редки: в России учтено всего одно — Кульдурское в Еврейской автономной области (по разведанным запасам занимает 2-е место в мире).

Бруситы с содержанием MgO 60–55 % (4 и 5 сорт) отнесены к забалансовым. Содержание вредных примесей не должно превышать (для 1–3 сортов) CaO — 1,5 %; SiO_2 — 3 %; Fe_2O_3 — 0,35 %.

Запасы промышленных категорий в Кульдурском месторождении составляют 6,09 млн т, забалансовые — 1,6 млн т (в спецотвалах находится 2 млн т брусита). В 2016 г. погашено

120 тыс. т балансовых запасов брусита (из забалансовых запасов — 34 тыс. т).

Импорт брусита колеблется от 50 до 550 т, экспорт — от 1500 до 1750 т.

Бентониты

Бентониты — глинистые породы, состоящие из монтмориллонита, бейделита, сапонита и др. Выделяются щелочные и щелочноземельные бентониты.

Самые крупные месторождения выявлены в США, Канаде, Великобритании, Азербайджане, Армении, Украине. В России выявлено Зырянское месторождение в Курганской области и “10-й Хутор” в Усть-Абаканском районе Республики Хакасия.

Качественные бентониты используются для приготовления формовочных смесей литейных форм (23 %), для окомкования железорудных концентратов (30 %), для буровых растворов (21 %). В США использование бентонитов иное: в литейном производстве — 16,1 %, для окомкования железорудных концентратов — 8,6 %. Запасы бентонитов в мире превышают 4 млрд т, в том числе в Китае — 2,4 млрд т, в США — 800 тыс. т, в Турции — 400 тыс. т.

В России Государственным балансом учтено 22 месторождения бентонитов с балансовыми запасами категорий A+B+C₁ — 10,24 млн т, категории C₂ — 58,5 млн т. 50 % балансовых запасов разведано в Приволжском ФО (Республика Татарстан — 43,7 %; Оренбургская область — 6,3 %), в Сибирском ФО — 29,5 % (Омская область — 19,9 %), в Северо-Кавказском ФО — 6,5 % (Республика Кабардино-Балкария). Добыча бентонитов в 2016 г. составила 603 тыс. т (67 % — в Республике Хакасия, 16,6 % — в Курганской области, 16,4 % — в Республике Татарстан).

Щелочные бентониты разведаны только на Герпегешском месторождении в Кабардино-Балкарии с запасами категорий B+C₁ — 83,2 млн т.

Бишофит

Бишофит — ценное минеральное сырье для получения магнезия и его соединений.

В мономинеральных месторождениях содержание бишофита достигает 93–96 %: три месторождения в России (Волгоградская область), два в Украине (в Полтавской и Черниговской областях). Глубина залегания промышленных пластов превышает 2000 м.

Балансовые запасы бишофита России составляют 110,48 млн т (категорий A+B+C₁) и 131,56 млн т (категория C₂). Волгоградское месторождение имеет запасы категорий A+B+C₁ — 44,75 млн т, категории C₂ — 75,48 млн т. На уча-

стке Городищенский опытная добыча бишофита составила 2,22 тыс. т сырых солей. Подготовительные работы ООО “МагМайн” проводились на двух месторождениях бишофита — Наримановском (запасы категорий A+B+C₁ — 44,0 млн т, категории C₂ — 29,29 млн т) и Светлоярском (21,7 и 26,79 млн т соответственно). В 2017 г. опытная добыча составила 5 тыс. т на Наримановском месторождении и 48 тыс. т на Светлоярском.

В Волгоградской области сосредоточены запасы бишофита, пласты которого залегают на глубине 900–2000 м, содержание минерала колеблется от 88 до 99 %. Способ добычи — подземный скважинный — растворением водой. Руды содержат бром. По существу, в области выявлены уникальные запасы бишофита (сотни миллиардов тонн) и брома (более миллиарда тонн).

Цирконий

В металлургической отрасли цирконий используется в производстве огнеупоров, литейных смесей, для точного литья (в сумме 27–30 %), в производстве жаропрочных и нержавеющих сталей (4–5 %), специальных сплавов.

Запасы ZrO₂ в мире оцениваются в 38 млн т, прогнозные ресурсы — 34 млн т. Основным промышленным минералом является циркон, содержащий 60–65 % ZrO₂ (совместно с 1–2 % HfO₂). Бадделеит содержит 90–98,7 % ZrO₂; месторождения его редки — в Гренландии (Илимассакское) и ЮАР (ураново-медное Палабора).

В России бадделеит получают из железных руд комплексного состава Ковдорского месторождения (в которых содержание ZrO₂ составляет всего 0,15 %), при этом основная часть продукции экспортируется в Японию, Германию, Норвегию.

Основными источниками циркония в странах дальнего зарубежья служат прибрежно-морские титаноциркониевые россыпи, содержание циркония (ZrO₂) в которых колеблется от сотых долей процентов до 10 % (100 кг/м³ песков). В россыпях сосредоточено 95 % запасов циркония в мире, и лишь 5 % — в рудах коренных месторождений [7].

Запасы диоксида циркония в зарубежных странах оцениваются в 65 млн т, в том числе подтвержденные — 36 млн т. Ресурсы ZrO₂ в мире оцениваются в 40 млн т. Значительные ресурсы ZrO₂ связаны с эвдиалитовыми рудами. Эвдиалит содержит 10–15 % ZrO₂, HfO₂, Nb₂O₅, Ta₂O₅ и ThO₂ (до 3 %).

Мировое производство цирконовых концентратов (ZrSiO₄) превышает 1 млн т/год (основное его количество использовалось в США, Японии, странах ЕС). Около 85 % используется в производстве огнеупоров, легированных сталей, в литейном производстве. Производство металличе-

ского циркония, применяемого в выплавке жаропрочных и нержавеющих сталей, составляет 6–7 тыс. т/год.

В СССР потребность в циркониевом сырье для огнеупоров составляла 840 тыс. т/год. Современный опрос предприятий-потребителей России показал, что потребность в цирконийсодержащем минеральном сырье может оцениваться в 50 тыс. т/год. При этом ни одно из разведанных 11 россыпных титаноциркониевых месторождений, являющихся в странах дальнего зарубежья основными источниками получения циркона, промышленностью не осваивается. Многие из них расположены в экономически освоенных районах страны.

В Ставропольском крае — Бешпагирское и Камбулатское месторождения с содержанием в рудных песках циркона от 4,81 кг/м³ (Камбулат) до 9,3 кг/м³; в последние годы рядом с Бешпагирской россыпью предварительно оценены рудные пески Константиновского участка, содержащие 3,62 кг/м³ циркона. Также в крае выявлен еще ряд участков, перспективных на открытие рудных песков с цирконом. Освоение россыпных месторождений Ставропольского края может удовлетворить потребность предприятий России в цирконе более чем на 50 %.

Центральное месторождение титаноциркониевых песков расположено в Тамбовской области, вблизи железной дороги и газопровода высокого давления, в 60 км (по шоссе) от г. Тамбов. Россыпь является одной из крупнейших в мире по запасам рудных песков (3-е место) и рудных минералов (6-е место); содержание циркона в песках — 5–7 кг/м³.

Лукояновское месторождение находится в Нижегородской области, в 18 км от г. Нижний Новгород. Рудные пески месторождения содержат 23 кг/м³ циркона — это самые богатые пески в России. Циркон находится в сложной ассоциации с ильменитом и хромитом; разработана рациональная технология его извлечения (ИМГРЭ, НИФХТ). Добыча песков утверждена ГКЗ РФ для открытого и подземного (СГД) способов.

В Томской области разведано Туганское россыпное титаноциркониевое месторождение: на Южно-Александровском участке (11 кг/м³ песков циркона) много лет проводятся опытные работы по добыче и обогащению песков. На основном по запасам минералов Кусково-Ширяевском участке содержится 14 кг/м³ песков циркона. Железная дорога проходит по месторождению.

В Туганском россыпном районе предварительно оценено крупное по запасам песков и минералов Георгиевское месторождение, расположенное в 12 км севернее Туганского. Содержание циркона в песках достигает 27 кг/м³ (среднее — 13 кг/м³). Глубина залегания песков превышает 100 м, опробован способ СГД.

Центральная Россия также может заинтересовать недропользователей:

- в Белгородской области — Истобнинская россыпь с содержанием циркона 11,8 кг/м³ песков;

- в Рязанской области — Дубасовская россыпь (Скопинский район) содержит 10 кг/м³ песков циркона; Корневская россыпь расположена в 25 км от Дубасовской (песок содержит 7,5 кг/м³ циркона);

- Школьная россыпь характеризуется более крупными запасами песков и 9–11 кг/м³ циркона [8].

Тарская россыпь в Омской области расположена на берегах р. Иртыш, вблизи пос. Тара. На месторождении были проведены опытно-промышленные работы способом СГД: за счет реализации ильменитового концентрата обеспечивалась рентабельная работа предприятия; рутит-цирконовые продукты складировались. Содержание циркона в песках колебалось от 3 до 20 кг/м³. На Левобережном участке содержание циркона — 8,2 кг/м³.

В Новосибирской области расположена Ордынская россыпь — в 12 км от речного порта Кирза, на краю пос. Ордынка. Содержание циркона — 6,2 кг/м³. Запасы рудных песков утверждены ГКЗ РФ. Россыпь привлекла внимание администрации области высоким содержанием кварца в песках. Способ добычи — СГД.

В России в текущий период циркониевое минеральное сырье (бадделеит) добывается из руд Ковдорского месторождения в Мурманской области. В 2015 г. извлечено 25,2 тыс. т минерала, получено 7,334 тыс. т бадделеитового концентрата, но для предприятий России оставлено (по спросу) всего 160 т, а 7,174 тыс. т экспортировано в страны Западной Европы (в то же время импортировано 6,404 тыс. т цирконового концентрата).

В Мурманской области выявлено и предварительно оценено месторождение эвдиалитовых руд комплексного состава — Аллуйв, приуроченное к Ловозерского массиву. К этому массиву также приурочены Ловозерское месторождение лопаритовых руд, Умбозерское — лопарит-эвдиалитовых руд, Чинглусуай — эвдиалит-лопаритовых руд. Освоено Ловозерское месторождение, где добыча лопаритовых руд ведется в небольшом объеме. Лопарит ZrO₂ не содержит. Содержание лопарит-титан-ниобийсодержащего перовскита в рудах составляет всего 2,21 % (до 6,84 %), тогда как в месторождении Африканда содержание перовскита колеблется от 10 до 30 % и более, в среднем — 20 %, т. е. в 9 раз больше. Руды Умбозерского месторождения локализованы в нефелиновых сиенитах Ловозерского массива. Эвдиалитовые руды (с лопаритом) образуют крупные залежи на верхних (хреб-

товых) горизонтах массива и обогащены Zr, Hf, Nb, Ta, Y.

Месторождение Аллуайв расположено в 3 км западнее Умбозерского и в 5 км от лопаритового рудника Карнасурт. В его руде содержится 6,5–7,1 % эвдиалита. Эвдиалит, в свою очередь, содержит 13,7 % ZrO_2 (в руде среднее содержание ZrO_2 — 1,83 %). Горнотехнические условия позволяют ежегодно производить 450 тыс. т ZrO_2 .

Месторождение Чинглусуай расположено в 5 км западнее рудника Карнасурт. Эвдиалитовые руды характеризуются крупными запасами категорий C_1+C_2 с содержанием ZrO_2 — 2,48 %, в проектном контуре карьера руда содержит 3,20 % ZrO_2 .

Месторождение Сахар-Йок расположено в самом центре Кольского полуострова и приурочено к массиву нефелиновых сиенитов. Рудный минерал — циркон (содержит 64,3 % ZrO_2+HfO_2), руда содержит 0,65 % ZrO_2 . Ниобий связан с пироксеном. Руды нерадиоактивны, содержат флюорит.

В Белгородской области (КМА) подготовлено к освоению детально разведанное месторождение железных руд комплексного состава — Чернянское. Богатые железные руды и магнетитовые кварциты содержат титан, золото, циркон (средние содержания в рудах минерала — 1,5 %, или 1 % ZrO_2). В Челябинской области выявлено Западно-Ереминское месторождение в 10 км от Вишневогорского рудника. Руды циркон-пироксеновые, содержат 0,5 % циркона (0,31 % ZrO_2). В Республике Тыва разведано месторождение Улуг-Танзек с крупными запасами редкометалльных руд комплексного состава. Содержание циркона в руде составляет 0,4–0,7 % (0,24–0,49 % ZrO_2). Эгирин-рибекитовые богатые руды Арысканского месторождения, расположенного на северо-востоке Республики Тыва,

содержат до 13 % циркона (7 % ZrO_2), ниобий, тантал, РЗО. Долговременная задержка со строительством железной дороги “Курагино – Кызыл” негативно сказывается на освоении минеральных ресурсов республики.

В Иркутской области в пределах Зиминского рудного района подготавливается к освоению Зашихинское месторождение редкометалльных руд комплексного состава. Расстояние от Восточно-Сибирской железной дороги — 160 км. Руда Зашихинского месторождения содержит 0,66 % ZrO_2 , ниобий, тантал. На севере Читинской области в пределах Кодаро-Удоканского рудного района разведано Катугинское месторождение редкометалльных руд комплексного состава. Расстояние от БАМ — 80 км. Руды содержат циркон, криолит, пироксен, иттриофлюорит. Среднее содержание ZrO_2 в рудах — 1,58 %. Разработана технология обогащения руд с получением селективного цирконового концентрата, содержащего 60 % ZrO_2 .

На северо-востоке Алданского щита (Хабаровский край) выявлено месторождение Алгама, руды которого содержат циркон и шеелит. Содержание в руде ZrO_2 колеблется от 5 до 7 %, встречаются более богатые рудные линзы. Рядовые руды содержат 3,36 % ZrO_2 и 0,013 % WO_3 . Месторождение находится в труднодоступном районе.

Таким образом, наиболее перспективны для освоения месторождения цирконийсодержащих руд Мурманской области, в настоящее время эксплуатируется (многие годы) только Ковдорское месторождение. В Иркутской области подготавливается к освоению Зашихинское месторождение. Завершение строительства железной дороги “Курагино – Кызыл” (Республика Тыва) позволит поставить вопрос об освоении цирконийсодержащих руд региона.

3. Формовочные пески

К формовочным материалам относятся горные породы, минералы, а также техногенные продукты, из которых изготавливают литейные формы и стержни. Главную роль в изготовлении смесей играют кварцевые пески, составляющие 85–96 % массы формы; глину добавляют для прочности, нередко заменяя ее жидким стеклом. В небольшом количестве для улучшения качества литейных форм добавляют высокоогнеупорные горные породы (дуниты, оливиниты, магнезиты и др.).

Пески классифицируются на строительные и формовочные, для последних ГОСТом установлено содержание SiO_2 (не менее 90 %), Fe_2O_3 (не более 1,0 %), CaO и MgO , K_2O и Na_2O (не более 0,4–2,0 %).

Государственным балансом запасов России учитывается 88 месторождений формовочных песков с балансовыми запасами категорий $A+B+C_1$ — 2,08 млрд т, категории C_2 — 1,9 млрд т. Добыча песков в 2016 г. велась на 24 месторождениях и составила 6,2 млн т. Основные запасы формовочных песков сосредоточены в Центральном (30,9 % от общих запасов России), Сибирском (24,8 %), Приволжском (17,9 %) и Уральском (10,8 %) ФО. Основная добыча формовочных песков сосредоточена в Центральном (62,5 %), Приволжском (19,5 %) и Уральском (7,5 %) ФО. Подготавливаются к освоению 10 месторождений формовочных песков (в основном в Центральном и Уральском ФО).

Несмотря на то что Россия располагает огромными запасами формовочных песков, осуще-

ствляется их импорт в количестве от 50 до 264 тыс. т/год (в 2017 г. — 73 тыс. т). Однако существует и экспорт в большем объеме, который постепенно снижается: в 2010 г. — 578 тыс. т, в 2015 г. — 435 тыс. т, в 2017 г. — 281 тыс. т.

По запасам и качеству выделяется Игирминское месторождение в Иркутской области, рядом с ж/д станцией Игирма в Нижнеилимском районе. Балансовые запасы песков категорий $A+B+C_1$ составляют 217,9 млн т, категории C_2 — 1,2 млрд т. На базе запасов месторождения построены карьер и обогатительная фабрика производительностью 1,2 млн т/год песков. Основная масса песков относится ко 2-му сорту: после простого обогащения на ДОФ получают концентраты 1-го сорта. Химический состав песков в недрах, %: 97,19 SiO_2 ; 0,27 Fe_2O_3 ; 1,57 Al_2O_3 ;

другие примеси (в сумме) — 0,77. Массовая доля глинистой составляющей — не более 0,5 %. Электромагнитной сепарацией удаляются магнитные минералы — содержание железа в концентрате не превышает 0,05 %. Из 1,06 млн т песка на ДОФ получают 600 тыс. т формовочных и около 450 тыс. т стекольного песков. Потребители формовочных песков: Иркутский завод тяжелого машиностроения, в Черемховском районе Иркутской области металлургический завод производительностью 2 млн т/год стали, в г. Шелехов (Иркутская область) крупный алюминиевый завод, в г. Братске крупный ферросплавный завод (производство $FeSi$), в Читинской области Петровск-Забайкальский металлургический завод производительностью 320 тыс. т/год стали (планируется увеличение до 640 тыс. т/год).

Заключение

Таким образом, недра России содержат практически все виды неметаллических полезных ископаемых, используемых в металлургии чугуна, стали и сплавов. Не используется в металлургии высокоглиноземистое минеральное сырье, хотя выявленные его запасы и ресурсы вполне достаточны для удовлетворения потребности предприятий металлургической промышленности

страны. Ощущается дефицит флюорита и циркония, объективные причины которого отсутствуют. Программа по импортозамещению не работает. Продолжается экспорт дефицитного минерального сырья, подтверждая существующую парадоксальную систему в области освоения и использования минерального сырья России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенов Е.М., Васильев Н.Г., Лыгина Т.З., Садыков Р.К. Сырьевая база неметаллических полезных ископаемых России — состояние и перспективы развития // Разведка и охрана недр. 2008. № 9. С. 108–113.
2. Коплус А.В. Плавиковый шпат // Минерально-сырьевая база мира и России: состояние, освоение и перспективы развития. № 5. — М.: ВИМС, 2000. — 86 с.
3. Тигунов Л.П., Егоров И.И., Другов Г.М. Промышленно-генетические типы месторождений флюорита и некоторые особенности их размещения в Иркутской области // Сб. Полезные ископаемые Восточной Сибири. Флюорит. — М.: Наука, 1976. С. 10–19.
4. Одокий Б.Н., Остроумова Т.С., Меньшин А.Ю. Минерально-сырьевая база алюминиевой промышленности мира // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. № 11. — М.: ВИМС, 2001. — 106 с.
5. Кирпаль Г.Р. Промышленные типы месторождений бокситов и их геолого-экономическая оценка. — М.: Недра, 1977. — 263 с.
6. Железорудная база России / Под ред. В.П. Орлова. — М.: Геоинформарк, 1998. — 848 с.
7. Цирконий и гафний России: современное состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов, Л.Б. Зубков и др. // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. № 23. — М.: ВИМС, 2007. — 127 с.
8. Гурвич С.И., Болотов А.М. Титаноциркониевые россыпи Русской платформы и вопросы их поисков. — М., 1968. — 185 с.

NONMETALLIC MINERALS OF RUSSIA IN METALLURGICAL PRODUCTION: STATUS OF MINERAL RAW MATERIALS BASE AND PERSPECTIVES OF ITS RECLAMATION AND DEVELOPMENT

A. G. ROMANOV, leading engineer of monitoring department of MSB TPI and bowels utilization;
V. S. PIKALEVA, leading specialist of department of geology and economy
estimation methodic and deposits exploration, pikalova@vims-geo.ru;
L. Z. BYKHOVSKY, HD (Geo and Mineral), chief research assistant
of monitoring department of MSB TPI and bowels utilization;

L. P. TIGUNOV, correspondent member of RAEN, chief specialist of monitoring department of MSB TPI and bowels utilization
(All-Russia Research and Development Institute of Mineral Raw materials after N.M. Fedorovsky, Russia, Moscow)

Abstract. Status, utilization and perspectives of development of Russian mineral raw materials base of flux minerals (fluorite and flux limestone) considered, as well as refractory materials (bauxite, dolomite, magnesite, brucite, bischofite and zirconium) and moulding sands.

An estimation of the level of provision with nonmetallic raw materials of Russian steel industry done. It was shown, that bowels of Russia have practically all kinds of nonmetallic minerals, used in the metallurgy of hot metal, steel and alloys. High alumina minerals are not used in metallurgy, despite discovered resources of them are big enough to meet demands of metallurgical plants of the country. There is some deficit of fluorite and zirconium, with no objective reasons for that.

State of the markets of minerals considered briefly described.

Key words: nonmetallic minerals; flux mineral raw materials; refractory materials; moulding sands.

For citation: Romanov A.G., Pikalova V.S., Bykhovsky L.Z., Tigunov L.P. Nonmetallic minerals of Russia in metallurgical production: status of mineral raw materials base and perspectives of its reclamation and development. *Chernaya metallurgiya. Byulleten nauchno-tehnicheskoy i ekonomicheskoy informacii* = *Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2018, no. 8, pp. 7–16. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2018-8-7-16

REFERENCES

1. Aksenov E.M., Vasil'ev N.G., Ly'gina T.Z., Sady'kov R.K. Raw materials base of nonmetallic minerals of Russia – status and development perspectives. *Razvedka i ohrana nedr*, 2008, no. 9, pp. 108–113. (In Russ.).
2. Koplus A.V. *Plavikovy'j shpat* [Fluorite]. *Mineral'no-sy'r'evaya baza mira i Rossii: sostoyanie, osvoenie i perspektivy' razvitiya*, no. 5. [Mineral and raw materials base of the world and Russia: state, development and prospects of development, no. 5]. Moscow: VIMS, 2000, 86 p. (In Russ.).
3. Tigunov L.P., Egorov I.I., Drugov G.M. *Promy'shlenno-geneticheskie tipy' mestorozhdenij flyurita i nekotory'e osobennosti ix razmeshheniya v Irkutskoj oblasti* [Industrial and genetic types of fluorite deposits and some peculiarities of their location in Irkutsk region]. *Sb. Polezny'e iskopaemy'e Vostochnoj Sibiri. Flyurit* [Collection. Minerals of Eastern Siberia. Fluorite]. Moscow: Nauka, 1976, pp. 10–19. (In Russ.).
4. Odoky B.N., Ostroumova T.S., Men'shin A.Yu. *Mineral'no-sy'r'evaya baza alyuminievoj promy'shlennosti mira* [Minerals raw materials base of aluminum industry of the world]. *Mineral'noe sy'r'e. Seriya geologo-e'konomicheskaya*, no. 11 [Mineral raw materials. Series geological and economic no. 11]. Moscow: VIMS, 2001, 106 p. (In Russ.).
5. Kirpal' G.R. *Promy'shlennyy'e tipy' mestorozhdenij boksitov i ix geologo-e'konomicheskaya ocenka* [Industrial types of bauxite deposits and their geological and economic estimation]. Moscow: Nedra, 1977, 263 p. (In Russ.).
6. *Zhelezorudnaya baza Rossii* [Iron raw materials base of Russia]. Orlov V.P. ed. Moscow: Geoinformark, 1998, 848 p. (In Russ.).
7. By'xovskij L.Z., Tigunov L.P., Zubkov L.B. etc. *Cirkonij i gafnij Rossii: sovremennoe sostoyanie, perspektivy' osvoeniya i razvitiya mineral'no-sy'r'evoy bazy'* [Zirconium and hafnium of Russia: up-to-date status, perspectives of reclamation and development of minerals raw materials base]. *Mineral'noe sy'r'e. Seriya geologo-e'konomicheskaya*, no. 23 [Mineral raw materials. Series geological and economic no. 23]. Moscow: VIMS, 2001, 127 p. (In Russ.).
8. Gurvich S.I., Bolotov A.M. *Titanocirkonievyy'e rossy'pi Russkoj platformy' i voprosy' ix poisk* [Titanium-zirconium deposits of Russian platform and items of their exploration]. Moscow, 1968, 185 p. (In Russ.).