

УДК: 553.04, 553.493.5
DOI: 10.31343/1029–7812–2024–18–2–28–41

А.В. Волков, Н.С. Бортников

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук (ИГЕМ РАН)
E–mail: tma2105@mail.ru

ОБ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСАХ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО–СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РОССИИ

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены актуальные вопросы развития отечественной минерально–сырьевой базы (МСБ). Отмечено, что проблема обеспеченности промышленности России стратегическим минеральным сырьем с каждым годом становится все более острой в связи с неуклонным сокращением богатых и относительно доступных в техническом и экономическом отношении месторождений и неустойчивостью его импорта из стран–производителей вследствие политической нестабильности в мире. Доля российского производства большинства стратегических металлов в мировой структуре их выпуска невелика, несмотря на имеющиеся запасы. Многие отечественные крупные месторождения, содержащие стратегические металлы, не разрабатываются. В то же время 17 стратегических видов минерального сырья, необходимых для российской промышленности высокотехнологичных металлов (ВТМ), импортируется. Большая часть производимого в РФ минерального сырья и получаемой из него продукции экспортируется, причем экспорт значительно превышает внутренний спрос. Для прогноза развития МСБ необходимо знать потребности страны на перспективу, а получить такую информацию при рыночной экономике очень сложно. Основная проблема, сдерживающая развитие МСБ ВТМ в России – отсутствие большого внутреннего спроса. В связи с тем, что большинство ВТМ добывается попутно, рост их производства зависит от увеличения производства основных металлов. Выполненный анализ, результаты которого обсуждаются в статье, показал, что Россия может полностью заместить импорт минерального сырья за счет собственной МСБ. Предложен и обсуждается инновационный сценарий развития МСБ.

Ключевые слова: Россия, стратегическое сырье, минерально–сырьевая база, высокотехнологичные металлы, инновационный сценарий.

ABSTRACT

The article deals with topical issues of the development of the domestic mineral resource base (MRB). It is noted that the problem of providing Russia's industry with strategic mineral raw materials is becoming more acute every year due to the steady decline in rich and relatively technically and economically accessible deposits and the instability of its imports from producing countries due to political instability in the world. The share of Russian production of most strategic metals in the global structure of their output is small, despite the available reserves. Many large domestic deposits containing strategic metals are not being developed. At the same time, 17 strategic types of mineral raw materials necessary for the Russian high–tech industry are imported. Most of the mineral raw materials and products produced in the Russian Federation are exported, and exports significantly exceed domestic demand. To forecast the development of MRB, it is necessary to know the country's needs for the future, and it is very difficult to obtain such information in a market economy. The main problem hindering the development of high–tech metals (HTM) MRB in Russia is the lack of large domestic demand. Due to the fact that most of the HTM is mined along the way, the growth of their production depends on an increase in the production of base metals. The analysis performed, the results of which are discussed in the article, showed that Russia can completely replace the import of mineral raw materials at the expense of its own MRB. An innovative scenario for the development of MRB is proposed and discussed.

Keywords: Russia, strategic raw materials, mineral resource base, high–tech metals, innovative scenario.

Настоящая статья подготовлена на основе доклада, представленного 23 мая 2024 года на шестых чтениях серии «Легенды геологии», посвященных 95–летию Е.А. Козловского – последнего министра геологии СССР (1975–1989). В статье обсуждаются результаты анализа материалов, подготовленных ОНЗ РАН и Межведомственным научным советом РАН по развитию минерально–сырьевой базы и ее рациональному использованию. Кроме того, в статье приведены выводы, полученные при выполнении Проекта Министерства науки и высшего образования РФ № 13.1902.21.0018 «Фундаментальные проблемы развития минерально–сырьевой базы высокотехнологичной промышленности и энергетики России» (научный руководитель академик Н.С. Бортников), а также по темам Госзадания ИГЕМ РАН, проектам РФФИ и РФФИ (научный руководитель, член–корреспондент РАН А.В. Волков).

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ГЛОБАЛЬНОГО И РОССИЙСКОГО МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

Проведенный анализ развития глобального минерально-сырьевого комплекса (МСК) в последнее десятилетие показывает, что главнейшей стратегической тенденцией в мире остается продолжающийся рост производства, потребления, и доказанных запасов практически всех важнейших полезных ископаемых развитыми странами, что характеризует, прежде всего, высокий уровень индустриализации их экономики, научно-технического прогресса, крупные масштабы развития высокотехнологичного производства, а также значительное увеличение финансирования геологоразведки (ГРП).

Глобальный прогноз, представленный в отчете Организации по экономическому сотрудничеству и развитию (ОЭСР), показывает, что в результате "зеленого перехода" мировой спрос на минеральное сырье, как ожидается, повысится быстрее, чем на любое другое сырье: с 8 до 20 гигатонн в год к 2060 г. (Coulomb et al., 2015) (рис. 1).

По данным ООН, суммарная доля развитых стран с численностью населения около 16% от населения

планеты («золотой миллиард»), в общемировом потреблении различных видов минерального сырья составляет от 50% до 80–90%. При этом особо следует отметить стремительное увеличение, в отличие от предшествующего периода XX века, масштабов потребления минерально-сырьевых ресурсов и первичной продукции из них в группе развивающихся стран Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), возглавляемых Китаем и Индией. Среди развивающихся стран огромная роль ускоренного наращивания собственного потребления минеральных ресурсов особенно наглядно проявляется в Китае, что привело к индустриализации его экономики наиболее высокими темпами в мире.

Отличительной тенденцией современного глобального МСК стало широкое использование высокотехнологичных металлов (ВТМ) (Бортников и др., 2016; 2022). Для каждой отрасли имеется свой перечень ключевых элементов. Для автопрома это Ro, Pd, Pt, Li, V, Nd и La . Для волоконной оптики и электроники – Ge, Ga, In и Eu . Для специальных сталей и сверхтвердых сплавов – Nb, Mo, W, Ta, Ti, Sc и Re . В настоящее время ВТМ играют относительно небольшую роль в суммарной стоимости глобально производимого минерального сырья, но, как элементы наиболее передовых технологий, они

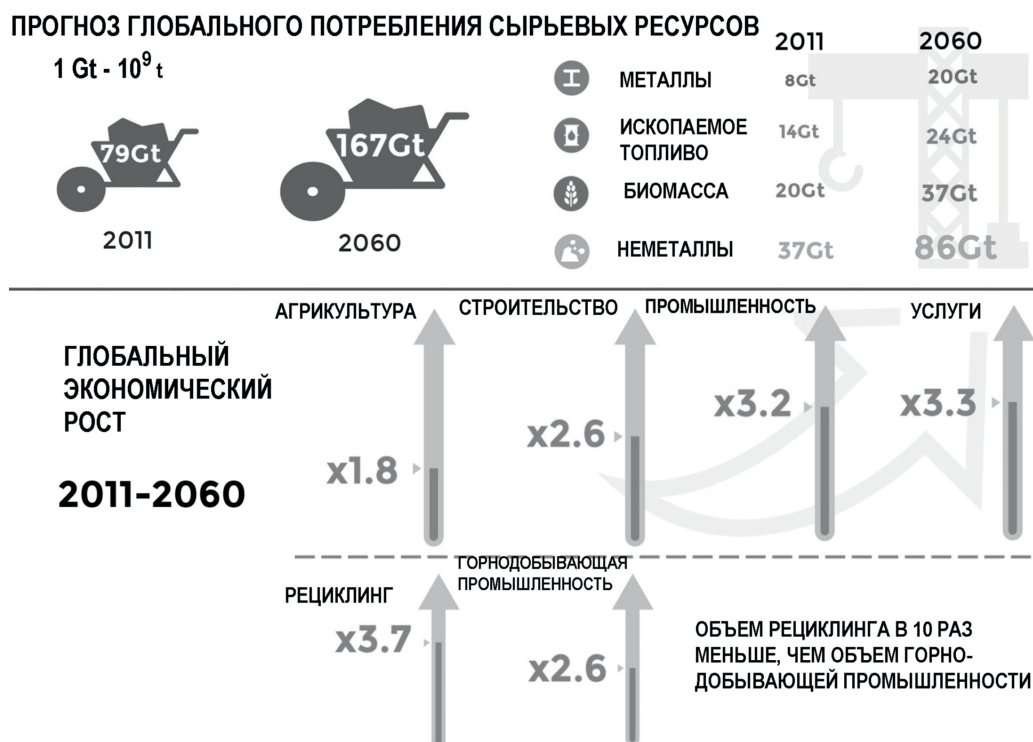


Рис. 1. Прогноз глобального потребления сырьевых ресурсов, по данным OECD по (Coulomb et al., 2015).

по темпам роста производства и потребления в странах с развитой рыночной экономикой опережают многие традиционные виды полезных ископаемых.

После распада СССР Россия оказалась в ряду стран с дефицитным балансом по ряду стратегических видов полезных ископаемых (Козловский, 2002). Особо дефицитен на современном этапе – 21 вид полезных ископаемых. В этих условиях внутренний дефицит ряда минеральных ресурсов компенсируется импортом сырья из стран ближнего и дальнего зарубежья.

На протяжении последнего десятилетия остро ощущается недостаток объектов, подготовленных для разведки, о чём свидетельствуют, по данным Счетной палаты РФ, негативные результаты лицензирования в области недропользования. Сказывается отсутствие крупных открытий и как следствие – отставание по отдельным видам полезных ископаемых от уровней добычи.

В ближайшей перспективе до 2035 года в мире прогнозируется кратное – в 2–6 раз увеличение потребления для подавляющего числа видов ВТМ (Стратегия..., 2018). Потребности Российской Федерации в ВТМ к 2035 году, исходя из стратегических и программных документов, также должны резко возрасти – от 1.5 до 20 раз в зависимости от вида ВТМ. Россия может извлечь значительную выгоду из растущего мирового спроса.

Выделяются две основные группы ВТМ, наиболее востребованных в мире для «зеленых» технологий: 1) так называемые «батарейные» металлы (Ni, Co, Li, Pt, Pd, Ro, P3Э); 2) компоненты для «фотовольтаики» (Cd, Se, Te, Ge, Ga, In), так называемая «шестерка». Без батарейных металлов не поедут электромобили, а без фотовольтаиков не заработают панели солнечных электростанций. Большая часть из этих ВТМ относятся к попутным химическим элементам, которые производятся в качестве побочных продуктов на поздних стадиях металлургического процесса. Во многих случаях в комплексных рудах характер распределения, формы нахождения и извлечение этих металлов плохо или совсем не изучены. В результате этого они характеризуются весьма неопределенными оценками ресурсной базы, как в России, так и за рубежом. Благоприятное экономическое и геополитическое регулирование развития МСБ высокотехнологических металлов потенциально может увеличить глобальные их поставки, хотя такие проекты столкнутся с длительными сроками разработки. Приоритет государственной политики развития

перспективной МСБ твердых полезных ископаемых (ТПИ) – обеспечение внутреннего спроса на ВТМ продукцию.

ПЕРЕЧЕНЬ СТРАТЕГИЧЕСКОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Сравнительно недавно, распоряжением от 30 августа 2022 года, Правительство Российской Федерации утвердило обновленный впервые за 26 лет «Перечень основных видов стратегического минерального сырья». Предыдущий Перечень действовал с 16 августа 1996 года и содержал 29 позиций, новый – расширен до 61 позиции, включая 51 элемент периодической системы Д.И. Менделеева (рис. 2).

К основным видам стратегического минерального сырья (СМС) в России отнесены: нефть, природный газ, гелий, уран, марганец, хром, титан, бокситы, медь, свинец, сурьма, олово, цинк, никель, молибден, вольфрам, кобальт, золото, серебро, алмазы, графит, платиноиды (рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина), литий, рубидий, цезий, бериллий, скандий, иттрий, лантан, церий, празеодим, неодим, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий, иттербий, лютеций, индий, галлий, германий, цирконий, гафний, ванадий, ниобий, тантал, рений, апатитовые руды, калийные соли, плавиковый шпат, особо чистое кварцевое сырье и подземные воды.

Распоряжение предусматривает актуализацию перечня основных видов стратегического минерального сырья не реже, чем раз в три года. В соответствии с утвержденным Перечнем планируется приоритетное финансирование работ по воспроизводству МСБ дефицитных видов стратегического минерального сырья за счет средств федерального бюджета.

В последние годы потребление металлов в России растет, что вызвано ростом промышленного производства, особенно тяжелого машиностроения и, естественно, строительным бумом. В целом специфика российского потребления металлов достаточно парадоксальна: в то время как огромное количество металлопродукции уходит на экспорт, в стране велика доля потребления импортного металла. Сегодня на рынке металла в РФ прочно обосновались китайские производители.

Сравнительный анализ Перечня и статистических данных (Государственный доклад..., 2022) показывает, что самообеспечение РФ, кроме углеводородов, достигнуто по следующим видам стратегиче-

ского минерального сырья: меди, никелю, свинцу, цинку, молибдену, вольфраму, олову, цирконию, кобальту, платиноидам, золоту, серебру, алмазам, фосфатам, калийным солям и особо чистому кварцевому сырью. Под самообеспечением понимается способность страны удовлетворить текущий и прогнозируемый в среднесрочной перспективе внутренний спрос за счет собственного производства и на собственной ресурсной базе.

Тяжелое положение сложилось с черными легирующими металлами: марганцем и хромом. Марганцевые, как и хромовые руды, относятся к особо дефицитной группе полезных ископаемых. Однако дефицит их относителен, т.к. в стране разведаны значительные запасы, которые, к сожалению, в современных условиях малорентабельны.

Основная проблема с дефицитом хромовых, марганцевых, титановых, циркониевых и др. руд, как и с бокситами и их заменителями, состоит не только в низком качестве руд, стоящих на балансе российских месторождений, но и в необходимости внедрения рациональных технологических схем обогащения и технологического передела. Потенциально объем спроса на алюминий на российском рынке может быть в 3–4 раза больше, т.к. в пересчете на подушевое потребление отечествен-

ные показатели в 4 раза меньше западных стран и 2–3 – китайских.

Иттрий, лантан, церий, самарий, гадолиний, скандий, рений, европий и другие – всего 15 элементов, которые относятся к редкоземельным металлам (РЗМ), приобрели в последнее время мировое значение. В СССР производилось до 8000 т РЗМ, сейчас их получение в России реанимируется с большим трудом. На Кольском полуострове и в Сибири разведаны и не востребованы огромные запасы РЗМ (Государственный доклад..., 2022).

В XXI в. прогресс отечественной экономики неизбежно будет связан с увеличением темпов производства атомной энергии и, следовательно, ростом потребления урана. Это следует не только из сложившихся во второй половине XX века тенденций в развитии структуры энергетики, но и связано с разработкой новых экологических технологий. К 2030 г. в России планируется увеличение мощностей АЭС в 2,5 раза. В то же время правительством РФ поставлена задача обеспечить топливом не только собственную атомную энергетику, но и занять 20 % мирового ядерного топливного рынка. С проблемой дефицита урана Россия может столкнуться лет через 20–30 лет (Стратегия..., 2018).

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																																							
<p>ВЫДЕЛЕН 51 ХИМИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ИЗ НОВОГО ПЕРЕЧНЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ</p>																	VIII A 18 4.00260 2 He гелий																						
I A 1 1 H водород		II A 2 3 Li литий 4 Be бериллий												III A 13 5 B бор		IV A 14 6 C углерод	V A 15 7 N азот	VI A 16 8 O кислород	VII A 17 9 F фтор	VIII A 18 10 Ne неон																			
22.9898 11 Na натрий		24.3050 12 Mg магний		39.0983 19 K калий	40.078 20 Ca кальций	85.4678 37 Rb рубидий	87.62 38 Sr стронций	132.905 55 Cs цезий	137.327 56 Ba барий	[223] 87 Fr франций	[225] 88 Ra радий	[226] 103 Lr лоуренсий	[262] 104 Rf реферфордий	[267] 105 Db дубний	[270] 106 Sg сигоргий	[271] 107 Bh борхий	[274] 108 Hs хассий	[277] 109 Mt мейтнерий	[278] 110 Ds дармштадтий	[281] 111 Rg рентгений	[285] 112 Cn коперниций	113 Uut	[286] 114 Fl флеровий	[289] 115 Uup висмут	[293] 116 Lv полоний	[294] 117 Uus астат	[294] 118 Uuo радон												
		III B 3	IV B 4	V B 5	VI B 6	VII B 7	VIII B 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																						
		44.9559 21 Sc скандий	47.867 22 Ti титан	50.9415 23 V ванадий	51.9961 24 Cr хром	54.9380 25 Mn марганец	55.845 26 Fe железо	58.9332 27 Co кобальт	58.9332 28 Ni никель	63.546 29 Cu медь	65.38 30 Zn цинк	69.723 31 Ga галлий	72.63 32 Ge германий	74.9216 33 As мышьяк	78.96 34 Se селен	79.904 35 Br бром	83.798 36 Kr криптон	85.4678 37 Rb рубидий	87.62 38 Sr стронций	132.905 55 Cs цезий	137.327 56 Ba барий	[223] 87 Fr франций	[225] 88 Ra радий	[226] 103 Lr лоуренсий	[262] 104 Rf реферфордий	[267] 105 Db дубний	[270] 106 Sg сигоргий	[271] 107 Bh борхий	[274] 108 Hs хассий	[277] 109 Mt мейтнерий	[278] 110 Ds дармштадтий	[281] 111 Rg рентгений	[285] 112 Cn коперниций	113 Uut	[286] 114 Fl флеровий	[289] 115 Uup висмут	[293] 116 Lv полоний	[294] 117 Uus астат	[294] 118 Uuo радон
		138.905 57 La лантан	140.116 58 Ce церий	140.908 59 Pr празеодим	144.242 60 Nd неодим	[145] 61 Pm прометий	150.36 62 Sm самарий	151.964 63 Eu европий	157.25 64 Gd гадолиний	158.925 65 Tb тербий	162.50 66 Dy диспрозий	164.930 67 Ho гольмий	167.259 68 Er эрбий	168.934 69 Tm тульмий	173.054 70 Yb ytterbium																								
		[227] 89 Ac актиний	232.038 90 Th торий	231.036 91 Pa протактиний	238.029 92 U уран	[237] 93 Np нептуний	[241] 94 Pu плутоний	[243] 95 Am амерций	[247] 96 Cm куриум	[251] 97 Bk берклий	[252] 98 Cf калфорний	[257] 99 Es эйзенштейний	[261] 100 Fm фермий	[265] 101 Md менделевий	[269] 102 No нобелий																								

Рис. 2. В периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева выделен серым 51 химический элемент из обновленного Перечня стратегических видов минерального сырья.

В России отсутствует понимание реального уровня потребления ВТМ, многие данные существенно завышены, соответственно предлагаемые прогнозы, заложенные в стратегических и программных документах на такой базе, некорректны. В стране остаются нерешенными проблемы, препятствующие развитию добычи и производства ВТМ, а также росту их потребления. Существующая зависимость российской экономики и промышленности от импорта ВТМ – серьезная угроза национальной безопасности. Наиболее важные высокотехнологичные виды минерального сырья для экономики России приведены в рейтинговом порядке: Re, Be, Nb, Ta, HREE¹, Y, Sc, LREE², Ge, Ga, In, Bi, Cd, Hf, Sr, Co, Ti, Te, Se. Большинство из перечисленных выше критических металлов могут испытывать очень большой рост спроса к 2050 г. В настоящее время в России добывается ниобий, тантал, цирконий (в виде бадделеитового и циркониевого концентрата), германий, кадмий, индий, скандий, теллур, селен, кобальт и РЗМ (в небольших объемах), полностью отсутствует добыча лития и бериллия. По другим элементам нет достоверных статистических данных.

Доля российского производства ВТМ в мировой структуре их выпуска – незначительная. Только германий и скандий имеют в мировом производстве уровень выше 10%. Кроме этих элементов, заметно на глобальном фоне производство Co, Se, Te, Cd и Ga. Большая часть произведенной продукции экспортируется в связи с низким внутренним потреблением.

Самостоятельная товарная продукция производится только из двух собственных месторождений ВТМ: Ловозерское (Мурманской области) – Nb, Ta, РЗМ, и Павловское (уголь, Приморский край) – Ge. В качестве попутных компонентов ВТМ частично извлекаются из 24 комплексных месторождений. В целом эффективность использования добытых, учитываемых государственным балансом, запасов полезных ископаемых ВТМ крайне низкая (Бортников и др., 2022; 2023).

Несмотря на имеющиеся качественные запасы, многие месторождения ВТМ не разрабатываются в связи с отсутствием заинтересованных инвесторов. По этой причине большая часть необходимых для российской промышленности ВТМ (Be, Nb, Ta, Li, Zr, Re, РЗМ) импортируется. По Nb, Ta и РЗМ сложилась парадоксальная ситуация: Соликамский

магниевого завода выпускает их в продуктах (оксид ниобия, оксид тантала, карбонаты РЗМ), которые в основном экспортируются. Вместе с тем импортируется другая продукция, из этих металлов – феррониобий, металлический тантал, изделия из него, разделенные РЗМ.

Перспективы наращивания экспорта на внешние рынки перечисленных видов минерального сырья в рамках подобного анализа экспертами обычно не рассматриваются, хотя такая задача вполне может быть поставлена в связи с государственной необходимостью.

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ ОТ ИМПОРТА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

В современных геополитических условиях зависимость высокотехнологичной промышленности Российской Федерации от импортных поставок стратегических видов минерального сырья – серьезная угроза национальной безопасности страны. Поэтому важнейший приоритет государственной политики России – импортозамещение и создание производств полного цикла на основе отечественной МСБ стратегических видов минерального сырья.

По данным Счетной палаты РФ (Кульбас, 2021), за 2018–2020 гг. Россия импортировала более трети стратегических видов минерального сырья и свыше 60% дефицитных видов полезных ископаемых (с учетом импорта «переделов»). По ряду наименований, в частности, по марганцу, хрому, титану и литию российские потребности полностью покрываются исключительно импортом, а по цирконию этот показатель составляет 87,2%.

Счетная палата также отметила высокую долю импорта по некоторым видам минерального сырья, которые не являются стратегическими, но имеют важное значение для развития промышленности: йод – 100%, плавиковый шпат – 95%, бентониты для литейного производства – 89,6%, каолин – 68,3%. Они имеют широкую область применения и используются в металлургической, химической, атомной, медицинской и прочих отраслях. Также российские предприятия частично обеспечиваются по таким стратегическим видам минеральных ресурсов, как бокситы (доля импорта за 3 года – 68,6%), медь (49,6%), молибден (40,2%). Россия

¹ Тяжелые редкоземельные элементы

² Легкие редкоземельные элементы

также импортирует (100%): соединения бериллия, оксиды разделенных РЗМ или индивидуальные металлы и их смеси (Кульбас, 2021).

За прошедшие 3 года, ситуация с обеспеченностью страны собственным сырьем практически не изменилась, а импортозависимость по ряду видов стратегического минерального сырья, например, по марганцу, литию и титану, стала еще более острой. Основными поставщиками стратегических и дефицитных видов минерального сырья в Россию

выступают Казахстан, Чили, Китай, Монголия, ЮАР, Гвинея, Украина и другие страны (Государственный доклад..., 2022).

Аналитики Минэкономразвития и Минпромторга полагают, что большинство из этих импортозависимых видов стратегического минерального сырья могут испытывать очень большой рост спроса к 2030 г. и в дальнейшем. Этот вывод полностью согласуется с общемировой тенденцией (Стратегия..., 2022).

ИМПОРТОЗАВИСИМЫЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ВИДЫ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ



Рис. 3. Импортозависимые стратегические виды минерального сырья, по данным Минприроды РФ.

На территории России насчитывается более 1400 месторождений с промышленными содержаниями дефицитных в стране полезных ископаемых. По количеству месторождений дефицитного минерального сырья в России лидируют регионы южной Сибири (Бортников и др., 2023). В целом, в десяти сибирских субъектах РФ почти 800 месторождений содержат длинный список дефицитных компонентов – Be, Ta, Mo, Zr, U, V, W, CaF, Cr, Al₂O₃, Re, а также импортозависимых – Li, Mn, REE, Ti, Nb.

В последнее время сотрудники Минприроды (МПР) РФ из утвержденного перечня (см. выше) выделяют 17 видов стратегического минерального сырья, наиболее зависимых от импорта (рис. 3). Причем 12 видов стратегического минерального сырья из этого списка (синяя группа, см. рис. 3) частично добываются на территории России или имеют надежные каналы импортных поставок из

дружественных стран. В то же время большое количество продуктов металлургического передела из импортируемого СМС не находят потребителя внутри страны (Бортников и др., 2016; 2022; 2023).

В красную группу критически зависимых от импорта видов минерального сырья (рис. 3) были объединены всего пять видов (Mn, Ti, Nb, Li, REE). По данным МПР РФ, эта группа имеет наиболее высокие риски остановки поставок. Именно на финансирование геологоразведки месторождений этой группы минерального сырья, по-видимому, планируется направлять в приоритетном порядке выделенные бюджетные средства.

В качестве примера рассмотрим критическую зависимость РФ от импорта РЗМ из КНР и возможность импортозамещения. Россия располагает одной из крупнейших сырьевых баз РЗМ, которая включает в себя также титан, ниобий и тантал.

Наибольший интерес вызывают Ловозерское, Томторское и Хибинские месторождения, существенно различающиеся по содержанию РЗМ в рудах. Электронная промышленность России испытывает дефицит РЗМ, особенно на уровне продукции первого и второго переделов, что и обуславливает критичный уровень зависимости от импорта. В первую очередь из Китая, Тайваня, Малайзии и других стран АТР.

Единственный промышленный источник редкоземельной продукции в стране – лопаритовый концентрат, производимый из руд Ловозерского месторождения в Мурманской области. Вклад России в мировое производство сырья РЗМ

составляет порядка 1%. МСБ РЗМ базируется, в основном, на месторождениях апатит–нефелиновых и лопаритовых руд в недрах Мурманской области. Здесь, в девяти апатит–нефелиновых месторождениях Хибинской группы учтено 10.7 млн т РЗМ или почти 40% российских запасов. Применяемое для производства РЗМ лопаритовое и апатитовое сырье богато РЗМ легкой группы (80–95%), но бедно РЗМ средней (0.1–5%) и тяжелой (0.01–0.1%) групп. Месторождения разрабатываются на фосфатное сырье, при этом РЗМ, как попутный продукт, не извлекаются, при низком среднем содержании в рудах (0.24–0.42% ΣTR_2O_3) и складировается в виде отвалов, в том числе фосфогипса (рис. 4).



Рис.4. Белая гора фосфогипса поблизости от г. Вознесенск, Московская обл.³

Актуальным выглядит увеличение в несколько раз производства Ловозерским ГОКом за счет вовлечения в переработку новых видов сырья (россыпного и техногенного) (Бортников и др., 2023). Уникальные по своему составу и генезису, достаточно крупные по масштабу россыпи лопарита – главного источника Nb, Ta, РЗМ и Ti, расположенные по периферии Ловозерского массива, а также хвосты обогащения фабрики Карнасурт могут служить дополнительным источником сырья для объема производимой продукции Ловозерским ГОКом.

ГК «Скайград» активно занимается развитием отечественной отрасли редкоземельных металлов

(РЗМ). ООО «ЛИТ» была разработана уникальная технология экстракционного разделения группового редкоземельного концентрата на индивидуальные оксиды РЗМ на базе использования абсолютно нового высокоэффективного оборудования собственного производства. В 2018 г. запущено опытно–промышленное производство в г. Королев Московской обл. Комбинат на основе этой технологии по переработке фосфогипса сможет производить 4 тыс. т редкоземельных металлов в год. Кроме того, в структуре его доходов: примерно 30% придется на гипсовую продукцию, еще 20% — на удобрения. Запасы фосфогипса в РФ оцениваются в 300 млн т и содержат 1 млн т РЗЭ⁴.

³ https://yandex.ru/maps/org/belaya_gora_poligon_vtorichnykh_materialnykh

⁴ <http://rzm.sky-grad.ru/fosfogips>

Таким образом, проблема с исходным обеспечением российских потребностей в редкоземельных элементах (РЗЭ) может быть решена полностью, но потребуются достаточно масштабное развитие внутреннего спроса за счет расширения производства электронной элементной базы и создания новых предприятий, выпускающих высокотехнологичную продукцию, использующую РЗЭ.

ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МСБ

В настоящее время в развитии и использовании российской минерально-сырьевой базы, как и всего мира, отмечаются следующие проблемы: исчерпание фонда легко открываемых месторождений; снижение качества запасов полезных ископаемых в недрах на вводимых в эксплуатацию месторождениях; увеличение глубин поисков, разведки и разработки месторождений; усиление внимания к новым для промышленности типам месторождений; перемещение геологоразведочных работ (ГРП) в удаленные районы со сложными горно-геологическими и климатическими условиями, слабо развитой инфраструктурой; дефицит кадров.

В последние годы определяющее значение в мире приобрела тенденция разведки и освоения крупных и суперкрупных месторождений (рис. 5). Высокие биржевые цены на металлы не только позволяют вовлекать в освоение крупные и супер-

крупные месторождения с бедными рудами, но и косвенным образом определяют направление ГРП и мощно влияют на *инновационное развитие геологической отрасли и горнодобывающей промышленности*.

Вовлечение в эксплуатацию крупнотоннажных месторождений способствовало созданию и постоянной модернизации новых технологий добычи и обогащения руд: создание технологии блочного обрушения, кучного выщелачивания (в последние годы кучно-бактериального выщелачивания), автоклавного кислородного обжига под давлением и бактериального выщелачивания. Конвейерная подача руды на поверхность позволила разрабатывать бедные руды карьерами на глубинах более 500 м и значительно удешевила подземную добычу. Применение спиралевидных выездов в шахтах сделало возможным обрабатывать крупнотоннажные месторождения с помощью подземных горных выработок. Применение новой системы (получившей название «карьер наоборот»), управляемой на основе цифровых технологий, позволило эффективно разрабатывать крупнотоннажные залежи на больших глубинах. Кроме того, крупнотоннажные месторождения стимулировали новую глобальную тенденцию развития МСБ последнего десятилетия – распространение «умных» технологий освоения месторождений, широкое применение промышленных роботов и автоматизированных практически «безлюдных» систем управления рудниками.

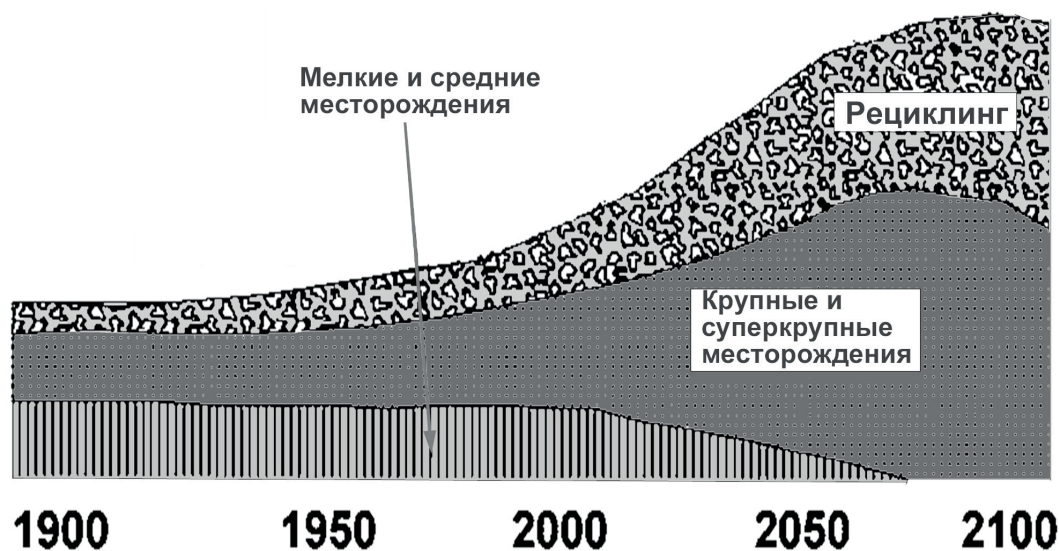


Рис. 5. Источники металлов в прошлом, настоящем и будущем (по Laznicka, 2006).

Растущий дефицит и критическая важность ВТМ для новых технологий делает их рециклинг (повторное использование после извлечения из уже использованного оборудования) одним из важнейших требуемых научно–технологических прорывов в XXI веке (рис. 5). Поэтому одна из приоритетных тенденций в мире и в РФ – оценка и освоение МСБ техногенного минерального сырья. Реализация этого предложения, кроме заметного увеличения добычи ВТМ, позволит уменьшить загрязнение природной среды ядовитыми соединениями попутных металлов вокруг металлургических производств. Разработка законодательства, регулирующего и регламентирующего статус отходов производства различных отраслей в качестве источников сырья для извлечения полезных компонентов и порядок взаимодействия различных контрагентов в процессе переработки.

СЦЕНАРИИ ВОСПРОИЗВОДСТВА МСБ

Недра России содержат значительные ресурсы стратегических и высокотехнологических металлов, в том числе, и необходимых для «зеленых» технологий, позволяющие создать новые или значительно увеличить объемы производства на действующих предприятиях. Препятствуют реализации этого потенциала: отсутствие достоверной информации о количестве в рудах и концентратах известных месторождений попутных критических металлов; технологические вопросы извлечения и низкая рентабельность производства.

Следует признать, что в СССР был разработан наиболее эффективный механизм воспроизводства МСБ, т.к. решение о финансировании ГРП принимали наиболее квалифицированные ученые и специалисты, которые в то время работали в Госплане и Мингео СССР, Академии наук СССР и отраслевых институтах. Этот механизм обеспечил России и большинству стран СНГ крупные МСБ ничем не уступающие МСБ ведущих мировых держав (Козловский, 2002). Отметим, что этот механизм по–прежнему эффективен в соседнем Китае, который уверенно лидирует в мире по добыче и воспроизводству различных видов минерального сырья. В настоящее время в РФ по сравнению с СССР резко сокращено бюджетное финансирование ГРП. Геологоразведочные работы характеризуются высокой наукоемкостью. Эффективность ГРП обеспечивается, в том числе внедрением прогрессивных научно–технических решений и технологий в области поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Вместе с тем отмечается отчетливое отставание в развитии отече–

ственных технических средств и технологий для ГРП от уровня, достигнутого зарубежными странами. По ряду направлений происходит замещение отечественного оборудования и технологий импортными. За последние 30 лет численность геологов–съемщиков, буровиков, горняков, обогатителей, поисковиков, специалистов отраслевой науки сократилась в 10 и более раз.

На рисунке 6 приведены ведущие факторы, оказывающие большое влияние на развитие ГРП, расположенные по значимости (снизу–вверх).

Оценка воспроизводства МСБ на основе показателей «условных запасов» некорректна, поскольку «условные запасы» не могут быть потреблены, а потому не компенсируют потребление, и соответственно не могут быть результатом процесса воспроизводства. Методы, основанные на установлении стоимостных показателей с помощью биржевых цен, подвержены значительному влиянию ценовых колебаний, в т. ч. используемый в настоящее время метод оценки эффективности ГРП на основе показателей «прирост ценности недр, полученный за счет локализации прогнозных ресурсов». Расширенное воспроизводство, достигнутое по этому показателю за последние годы, получено в основном за счет положительной ценовой динамики на минеральное сырье. Действующая методика оценки воспроизводства МСБ лишь частично учитывает вероятностный характер наступления событий.

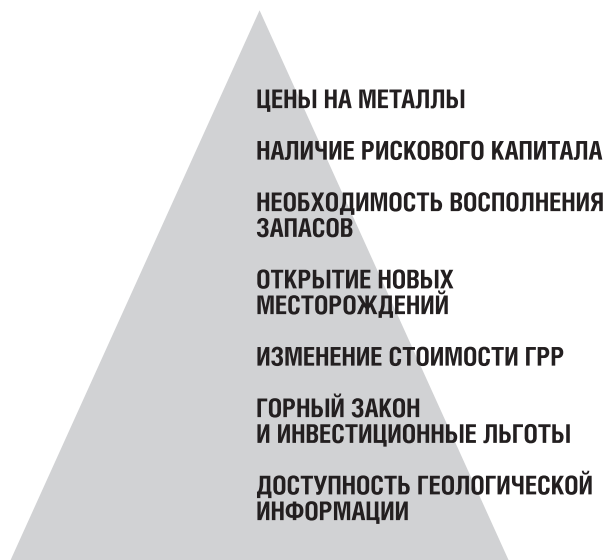


Рис. 6. Факторы, определяющие финансирование ГРП.

В среднесрочной перспективе (20–летний период) МСК страны будет развиваться по инерционному сценарию (рис. 7), в соответствии с утвержденными Правительством РФ программными документами. Время для инновационного сценария, судя по принятым стратегическим программным документам РФ, наступит нескоро. На рисунке 7 сопоставлены инерционный и инновационный сценарии развития МСБ России в зависимости от интенсивности воспроизводства и освоения МСБ.

Инновационный сценарий базируется на отечественном (СССР) и мировом опыте, который показывает, что простое восполнение минерально–сырьевой базы недостаточно для нормального функционирования и тем более развития экономики, и должно осуществляться темпами, опережающими расход запасов полезных ископаемых в 1,5–2 раза. Поэтому текущие расходы на ГРП при таком подходе к поддержанию МСБ твердых полезных ископаемых должны быть увеличены до требуемого уровня.

Важнейший приоритет развития МСБ – комплексное изучение месторождений. МСБ России сосредоточена главным образом в

уникальных и крупных месторождениях, открытых 30–50 и более лет назад, для которых определены запасы и разработаны технологии извлечения главных промышленных металлов. При этом достоверные сведения о запасах, закономерностях размещения и формах нахождения таких попутных ВТМ, как индий, теллур, рений, гафний, скандий, селен, кадмий, галлий, германий, кобальт, висмут, редкоземельные металлы и др., отсутствует. Рынок попутных металлов, в сравнении с главными металлами, незначителен. Это приводит к потерям ВТМ при переработке комплексных руд в настоящем, и, если не изменить требования к эксплуатации месторождений, такая тенденция сохранится в будущем. Поэтому предлагается дальнейшее изучение вещественного состава и условий образования комплексных месторождений, с особым вниманием к информации о содержаниях и распределении попутных высокотехнологических элементов в рудах. Синтез полученных материалов по вещественному составу, источникам металлов, агентам их транспортировки и областям осаждения или накопления руд даст возможность районирования наиболее перспективных территорий на выявление новых крупных месторождений, содержащих ВТМ.

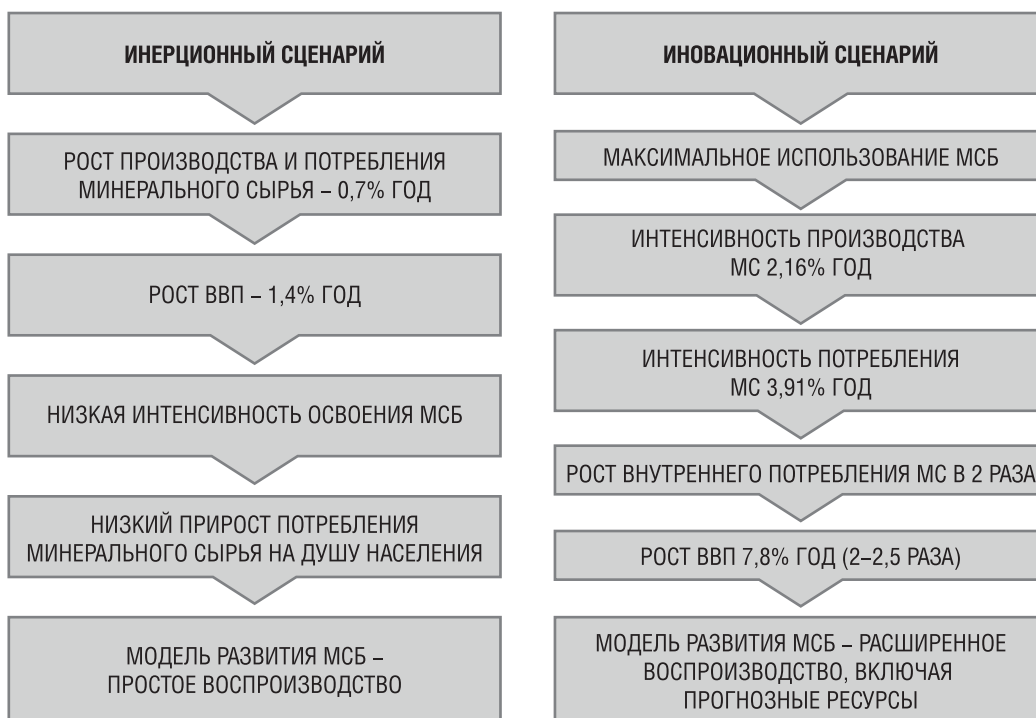


Рис. 7. Сценарии развития МСБ России в зависимости от ее интенсивности воспроизводства и освоения.

Создание и использование прогрессивных технологий добычи, обогащения и глубокой комплексной переработки минерального сырья, обеспечивающих рентабельную отработку не эксплуатируемых на данный момент месторождений по металлам, испытывающим дефицит сырьевой базы; разработка и внедрение технологий тонкого разделения полезных компонентов, в том числе выделения и производства отдельных оксидов редких и редкоземельных элементов; ориентация на вертикально–интегрированные структуры производства продукции с высокой добавленной стоимостью и содействие консолидации производств последующих переделов цепочки создания стоимости; построение замкнутого технологического цикла переработки, в целях обеспечения наиболее полного использования всех компонентов и преимуществ рудного сырья, а также утилизации отходов, в том числе в смежных отраслях, при минимальном воздействии на состояние окружающей природной среды; поддержка отраслей горно–металлургического машиностроения и создания новых производств машин и техники, обеспечивающих переход от опытно–промышленных установок по извлечению полезных компонентов к производству линий отечественного высокотехнологичного оборудования. Систематизация отечественных научных разработок в области комплексного использования сырья, проведение актуальной оценки их экономической эффективности и создание перечня приоритетных доступных технологий для внедрения в производство.

Также инновационный сценарий предусматривает стимулирование российского горного бизнеса для глобализации МСБ путем ее транснациональной диверсификации. Это положение, прежде всего, относится к инвестициям металлургических и горнодобывающих компаний в покупку минерально–сырьевых активов в странах ближнего и дальнего зарубежья, что обеспечивает не только выход на внутренние рынки этих стран и на глобальный рынок, минуя многочисленных посредников, но и высокую окупаемость инвестиций. В итоге фактор глобализации позволит надежно обеспечить потребности России в дефицитном минеральном сырье. Проблемы отечественной МСБ урана, глинозема, хрома, марганца, высококачественных железных руд, цветных металлов, энергетического угля и др. могут быть эффективно решены путем заключения картельных соглашений со странами СНГ, БРИКС и др.

МСБ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Потенциальная экономическая мощь России связана с богатством недр Дальнего Востока и Арктической зоны России. В пространственной структуре минерально–сырьевого комплекса лидирующие позиции занимают Республика Саха (Якутия), Сахалинская, Иркутская, Магаданская и Амурская области, Забайкальский край. Существенную роль играют Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область, Приморский и Камчатский края. На Дальнем Востоке и в Байкальском регионе по запасам и добыче сосредоточено около 81 и 100% алмазов соответственно, 90 и 100% урана, 92 и 100% олова, 70 и более 50% золота, 30 и более 60% серебра, около 90 и почти 100% производства вольфрамового концентрата, 50 и 100% сурьмы, а также 30% добычи свинца (при запасах всего 9% от общероссийских), 100% добычи бора. Кроме того, добываются (в % от общероссийской добычи): 10% цинка, 8% платины, весь плавленый шпат, а также различные виды строительных материалов.

Перспективное промышленное развитие Дальнего Востока и Арктической зоны России, определяется уникальностью минерально–сырьевых инвестиционных проектов (ТОР «Беринговский» и др.) или доминирующим участием государства в их реализации (топливно–энергетические комплексы, трубопроводная система «Восточная Сибирь–Тихий океан”).

На этих территориях по геолого–экономическим критериям отчетливо выделяются два географо–экономических пояса – северный и южный, характеризующиеся разной инвестиционной привлекательностью минерально–сырьевых проектов, среди которых наиболее успешными являются проекты, территориально связанные с морским побережьем, автомобильными и железнодорожными магистралями, энергетической инфраструктурой.

Система федеральных и региональных льгот может нивелировать низкую привлекательность большинства отечественных инвестиционных минерально–сырьевых проектов. Так, по данным официальной статистики, сегодня на востоке страны на выпуск единицы товарной продукции расходуется в 1.5 раза больше энергии, чем в среднем по России, в 3 раза больше, чем в США, в 4.5 раза больше, чем в Европе. Поэтому дефицит инвестиций в минерально–сырьевой комплекс региона наблюдается даже в период высоких цен на сырьё.

выбора объекта зависит успешная работа любой геологоразведочной компании. Введение этой стадии, несомненно, повысит инновационную (научную) составляющую ГРР. Кроме того, эта стадия позволит в полной мере реанимировать действовавший при Е.А. Козловском в Мингео СССР механизм, когда решение о направлении ГРР принимали наиболее квалифицированные ученые и специалисты, работавшие в то время в Госплане и Мингео СССР, Академии наук СССР и отраслевых институтах. Следует отметить, что в большинстве юниорских компаний, на которые делают ставку ГК Росгеология, ФА Роснедра и крупные горнодобывающие компании (Полюс, Полиметалл, Норникель и др.) отсутствуют «штабы» геологов и руководителей такого профессионального уровня.

Как альтернативу юниорским компаниям, для оптимального расходования бюджетных средств на стадии «выбор объекта», предлагается рассмотреть возможность вернуться к созданию научно–производственных групп, опираясь на имеющийся опыт Мингео СССР и современную практику КНР.

В рамках Российского научного фонда необходимо предложить инновационную тематику конкурсных проектов, направленных на развитие МСБ стратегических видов минерального сырья и обеспечить их приоритетное финансирование. Особое внимание уделить междисциплинарным проектам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммируя изложенное выше, отметим, что по большинству позиций, из всего утвержденного в 2022 году Правительством РФ обновленного Перечня СМС, проблемы зависимости от импорта не наблюдается. В то же время 17 необходимых для российской промышленности полезных ископаемых импортируется, причем 5 из них (Mn, Ti, Nb, Li, REE) критически зависят от импорта. Несмотря на это, многие отечественные комплексные месторождения импортозависимых видов СМС, не разрабатываются. Как показывает многолетний опыт СССР по вводу в строй и эксплуатации россыпных месторождений золота и олова, быстрыми темпами самообеспечение по ряду импортозависимых видов СМС (Zr, Ti, Nb, Ta, REE, Li и др.) может быть достигнуто за счет освоения россыпных месторождений, кор выветривания и техногенного сырья.

Выполненный анализ (в плане импортозамещения) для первоочередного освоения позволяет рекомендовать следующие объекты: Nb, Ta, Ti, REE

– лопаритовые россыпи Ревдинской группы и техногенные отложения в хвостохранилищах Ловозерского ГОКа (Кольская полуостров) и фосфогипса (Московская область и др.); Ti, Zr – Итмановский участок Лукояновского россыпного месторождения и Бешпагирское месторождение.

Следует отметить, что по ряду позиций Перечня, например, марганцу, хром, литию и бокситам, существуют объективные причины импортозависимости. В настоящее время Россия не в состоянии обеспечить полное самообеспечение по этим видам СМС. По ним самообеспечение может быть достигнуто в среднесрочной и долгосрочной перспективе только при разработке новых технологий, повышающих степень технологического передела минерального сырья низкорентабельных отечественных месторождений.

Учитывая, что отечественное производство критически зависит от использования готовых концентратов или полуфабрикатов, чаще всего производимых в недружественных России странах, оказавшихся под мощным политическим и экономическим давлением коллективного Запада, для исключения угрозы перекрытия каналов поставок СМС из этих стран в ближайшей перспективе необходим поиск новых поставщиков из дружественных стран БРИКС, Юго–Восточной Азии и Африки.

Исследования РАН показывают высокую эффективность освоения практически неисчерпаемой МСБ техногенного минерального сырья. По аналогии с развитыми странами предлагается разработать целевую программу «Техногенные месторождения России». В этой Программе предусмотреть индикаторные показатели использования МСБ техногенных отходов, содержащих различные виды стратегического минерального сырья. Реализация программы позволит в среднесрочной перспективе получать из техногенных месторождений в среднем – 25–40% от годового потребления стратегических видов минерального сырья и практически все ВТМ в стране, что также приведет к заметному улучшению экологии горнодобывающих регионов.

Анализ современных мировых тенденций развития ГРР позволяет выделить три крупных и контрастных направления бюджетного финансирования: (1) обучение следующего поколения высококвалифицированных кадров для геологоразведки и горной промышленности, (2) изучение новых неосвоенных территорий и (3) выявление не

выходящих на поверхность (слепых) рудных месторождений в старых горнодобывающих районах. Каждое из этих направлений предлагается оформить в виде самостоятельных долговременных

федеральных целевых программ, имеющих статус федеральных законов.

Работа выполнена при финансовой поддержке темы Госзадания ИГЕМ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л., Викентьев И.В., Лаломов А.В., Аристов В.В., Мурашов К.Ю. Минеральные ресурсы высокотехнологичных металлов России: состояние и перспективы развития // Геология рудн. месторождений. 2016. Т. 58. № 2. С. 97–119.

Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л., Викентьев И.В., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю. Фундаментальные проблемы развития минерально–сырьевой базы высокотехнологичной промышленности и энергетики России // Геология рудн. месторождений. 2022. Т. 64. № 6. С. 617–633.

Бортников Н.С., Волков А.В., Галямов А.Л., Викентьев И.В., Лаломов А.В., Мурашов К.Ю. Проблемы развития минерально–сырьевой базы высокотехнологичной промышленности России // Геология рудн. месторождений. 2023. Т. 65. № 5. С. 371–386.

Государственный доклад «О состоянии и использовании Минерально–сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году». М.: ВИМС, 2022. 622 с.

Кульбас А.А. Отчет о результатах контрольного мероприятия «Оценка эффективности управления государственным фондом недр в 2018–2019 годах и истекшем периоде 2020 года в целях устойчивого обеспечения базовых отраслей экономики страны видами минерального сырья, ресурсы которых недостаточны и обеспечиваются в том числе за счет импорта» М.: Счетная палата Российской Федерации, 2021. 52 с.

Козловский Е.А. Россия: минерально–сырьевая политика и национальная безопасность. М.: Изд–во МГГУ, 2002. 848 с.

Стратегия развития минерально–сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года, утверждена Правительством Российской Федерации от 22 декабря 2018 г. № 2914–р. 2018. 30 с. <http://static.government.ru>

Стратегия развития металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2022 N 4260–р. 2022. 55 с. www.consultant.ru

Coulomb, R., Dietz, S., Godunova, M., Nielsen, Th. B. Critical minerals today and in 2030: an analysis of OECD countries // OECD Environment working papers. 2015. № 91. P. 1–49, at www.oecd.org/environment/workingpapers.htm

Laznicka P. Giant Metallic Deposits–Future Sources of Industrial Metals. Berlin: Springer. 2006. 732 p.