

УДК 553.041

Машковцев Г. А., Хижняков Ю. А., Козловский Д. С.,
Самойлов В. Ю., Фатеева А. А. (ФГБУ «ВИМС»)**ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ БАЗ КРИТИЧЕСКИХ ТПИ**

*Рассмотрены состояние, перспективы освоения и развития ведущих, в том числе стратегических, видов твердых полезных ископаемых (ТПИ). На основе анализа уровня востребованности, интенсивности освоения и обеспеченности запасами на перспективу выделены три группы видов ТПИ — высоковостребованные, умеренновостребованные и невостребованные. **Ключевые слова:** минерально-сырьевая база, стратегические твердые полезные ископаемые, востребованность, обеспеченность, железные руды, угли, цветные металлы, титан, хром, уран, редкие металлы.*

Mashkovtsev G.A., Khizhnyakov Yu.A., Kozlovskiy D.S.,
Samoylov V.Yu., Fateeva A.A. (VIMS)**PROSPECTS OF DEVELOPMENT CRITICAL MINERAL
RAW MATERIALS**

*The present state and development prospects of mineral raw materials, including strategic types of them, are considered. The mineral raw materials are identified by three groups on the basis of the demand level, the intensity of the development and the future supply with reserves: high-demand, medium-demand and unclaimed. **Keywords:** mineral resources, strategic mineral raw materials, demand, provision, iron ore, coal, base metals, titanium, chromium, uranium, rare metals.*

По запасам твердых полезных ископаемых (ТПИ) Россия занимает лидирующие позиции. Их доля в мировом балансе часто превышает 15 %, в их числе: алмазы, платиноиды, никель, железо, вольфрам, титан, олово, калий и др. По уровню добычи те же виды имеют более низкую долю, что объясняется снижением в последние годы внутреннего потребления, конкуренцией на мировом рынке и невысоким качеством минерального сырья. И все-таки значительное место в добычных мощностях страны занимают экспортные виды полезных ископаемых — палладий, алмазы, платина, никель, медь, золото и серебро, обеспечивающие валютно-финансовую устойчивость экономики страны, а также железо, фосфор, уголь и др. В абсолютном выражении лидерами годовой добычи являются уголь — 373 млн. т, железные руды — 341 млн. т, цементное сырье — 107 млн. т, доломиты и известняки для металлургии — 43,2 млн. т, калийные соли (K₂O) — 8,5 млн. т, что определяет их важнейшее базовое значение для ведущих отраслей народного хозяйства страны.

В то же время многие виды полезных ископаемых (ПИ), в том числе стратегические, из-за невысокого качества руд разведанных запасов, низкой внутренней и экспортной востребованности и целого ряда других причин, импортируются в значительных объемах главным образом в концентратах и изделиях. При этом страна не только несет значительные затраты, но и теряет рабочие места в системе предприятий от добычи до глубокой переработки, стагнирует развитие и производство горно-добычных и геологоразведочных технических средств. В их числе: литий, бериллий, олово, плавиковый шпат, марганец, цирконий, титан, ниобий, хром, глинозем, молибден и др.

Режимы освоения и развития минерально-сырьевых баз (МСБ) ТПИ определяются внутренней и экспортной востребованностью, текущей добычей, состоянием запасов и импортом. На основе комплексного анализа этих факторов определены три группы видов минерального сырья (табл. 1): *высоковостребованные* с большим объемом внутреннего потребления и экспорта или значительным импортом — уголь, железо, цветные, благородные, легирующие металлы, алмазы и др.; *умеренновостребованные* с незначительными объемами добычи или импорта — молибден, олово, графит, сурьма и др.; *невостребованные* с близнулевой добычей — мышьяк, фосфориты и др. Наибольший проблемный интерес представляет первая группа, которая, в свою очередь, подразделяется на три подгруппы ТПИ, различающиеся при общей высокой востребованности объемами текущей добычи и состоянием запасов.

Первая подгруппа — уголь, железо, цементное сырье и другие характеризуется интенсивной добычей ТПИ при высокой обеспеченности запасами (рис. 1). Необходимо развитие и подготовка к освоению местных минерально-сырьевых баз региональных потребителей для снижения затрат на транспортировку продукции, а также МСБ в районах размещения железнодорожных или портовых терминалов, которые используются (или могут быть использованы в перспективе) для экспорта товарной продукции.

Так, например, два сибирских металлургических гиганта — ОАО «Западно-Сибирский Металлургический Комбинат» и ОАО «Новокузнецкий Металлургический Комбинат», которым требуется около 40 % товарных руд и концентратов поставляется из отдаленных добычных центров — месторождений Курской магнитной аномалии (КМА), Карелии и Урала. Огромные транспортные издержки в существенной мере повышают себестоимость производства металла и снижают его конкурентоспособность на внутреннем и мировом рынках. При этом в регионе имеется целый ряд как небольших по масштабам железорудных месторождений с высоким качеством руд (Байкальское, Тарбагское, Тереховское и др.), так и крупнейших объектов в

Таблица 1
Группировки видов ТПИ по уровню востребованности, активности освоения МСБ и обеспеченности запасами

Группа по востребованности	Характеристика	Виды полезных ископаемых
Высоко востребованные (59 видов полезных ископаемых)	Большой объем потребления на внутреннем рынке, экспорт продукции или значительный импорт	Уголь, железо, цементное сырье, апатитовые руды, стекольное сырье, соли калийные, доломиты и известняки для металлургии, гипс и др.
		Благородные металлы и алмазы, медь, свинец, цинк и др.
		Хром, марганец, титан, уран, редкоземельные металлы
Умеренно востребованные (93 вида полезных ископаемых)	Единичные разрабатываемые месторождения, незначительные объемы добычи или импорта	Молибден, олово, вольфрам, графит, сурьма, цирконий, литий, кобальт, рений, кадмий, барит и др.
Невостребованные (76 видов полезных ископаемых)	Отсутствие разрабатываемых месторождений	Цезий, мышьяк, фосфориты, отдельные виды нерудных полезных ископаемых, цветных камней, и др.

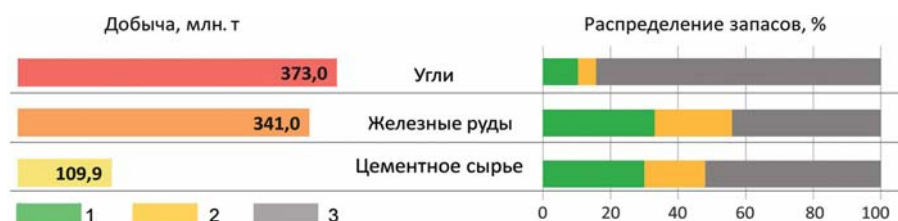


Рис. 1. Добыча и запасы угля, железа и цементного сырья. Здесь и далее месторождения: 1 — разрабатываемые; 2 — подготавливаемые и разведываемые; 3 — нераспределенного фонда

районах Верхнего, Среднего и Нижнего Приангарья. Вместе с тем, значительная часть запасов таких гигантов как Нерюндинское (более 1 млрд. т) и других месторождений представлена мартит-гематитовым труднообогатимым типом руд в связи с низкой долей магнетита, а значит и невозможностью напрямую использовать традиционную мокрую магнитную сепарацию (ММС). Однако существует и является базовой для аналогичного Лисаковского месторождения в Казахстане технология восстановления первичных руд с последующей переработкой ММС.

В настоящее время при колоссальном объеме добычи углей для внутренних и экспортных нужд эксплуатируется лишь менее 10 % сырьевой базы, при этом более 80 % находится в нераспределенном фонде. При таком потенциале нецелесообразно развивать широкие поисковые работы. Необходимо решение целого ряда задач по выявлению и оценке месторождений углей особо ценных и дефицитных марок. Также имеет смысл наращивать объемы их экспорта, особенно с использованием морского транспорта. В этой связи следует развивать сырьевой потенциал углей в районах арктического и дальневосточного побережья, где уже действуют (или планируется сооружение) грузовые портовые терминалы. В настоящее время уже готовятся к освоению угольные месторождения Таймыра, Чукотки, Магаданской обл., Камчатки и о. Сахалин, где осуществляется разработка и экспорт угля. Немаловажное значе-

ние имеет выявление и подготовка к освоению угольных объектов для эксплуатируемых и проектируемых электростанций, а также для местных нужд, особенно в районах активного социально-экономического развития Арктического, Дальневосточного и Восточносибирского регионов, удаленных от крупных источников электроэнергии.

В настоящее время Государственным балансом «Цементное сырье» учтено 219 месторождений с суммарными запасами кат. А+В+С₁, С₂ в количестве 28 млрд. т. Доля балансовых запасов распределенного фонда недр в количестве 13,6 млрд. т составляет 48 % от учтенных по РФ и обеспечивает потребности российской цементной промышленности на сотни лет. При такой обеспеченности в условиях стагнации строительной и, как следствие, цементной индустрии, масштабное ведение поисковых работ на цементное сырье за счет федерального финансирования нецелесообразно.

В то же время, российский рынок цемента (более 60 заводов) существенным образом зависит от географической составляющей как в части неравномерности распределения цементных мощностей (дефицит в ЦФО, СЗФО, СКФО, УФО, ДФО при избытке в ПФО и СФО), так и в контексте реализации крупных российских и региональных инфраструктурных проектов. В связи с этим, возможны постановка и проведение ГРП на цементное сырье под реализацию конкретных задач в таких округах, как ДФО (в рамках Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона до 2025 г., утв. 28.12.2009 г.), СЗФО и в других дефицитных районах.

Вторая подгруппа высоковостребованных ТПИ включает *медь, цинк, свинец, серебро, золото, платиноиды, алмазы* и др. Для них характерна активная добыча при низкой обеспеченности запасами нераспределенного фонда недр (рис. 2), особенно для алмазов, платиноидов, меди, серебра. Необходимо активное развитие поисковых работ и среднemasштабных прогнозноминерагенических исследований с целью расширения и улучшения МСБ этих дефицитных видов ТПИ. В связи с этим госбюджетное финансирование соответствующих направлений занимает наибольшую часть (около 60 %) лимита на ТПИ. Основные поисковые задачи по каждому виду минерального сырья определены Государственной программой «Воспроизводство и использование природных ресурсов» (ВИПР) и нацелены на существенное расширение запасов и прогнозного потенциала страны. Кроме того, благородные металлы и алмазы являются приоритетными в

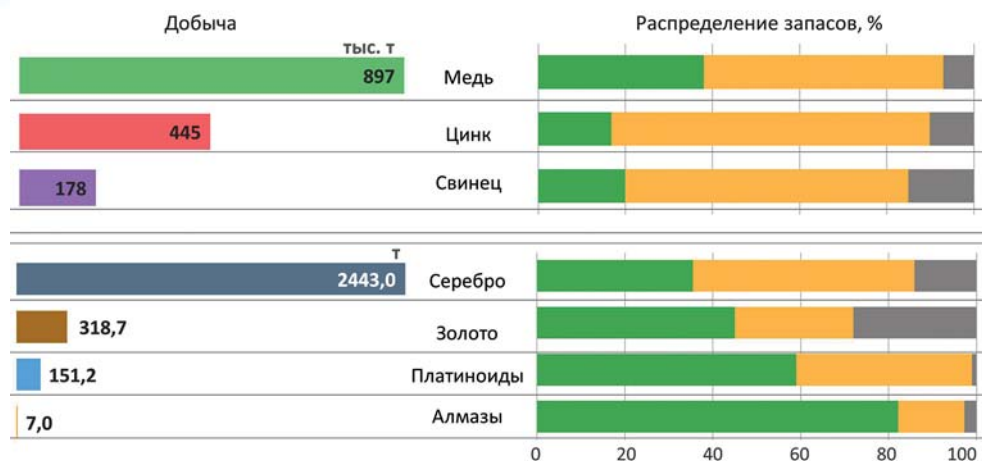


Рис. 2. Добыча и запасы алмазов, благородных и цветных металлов

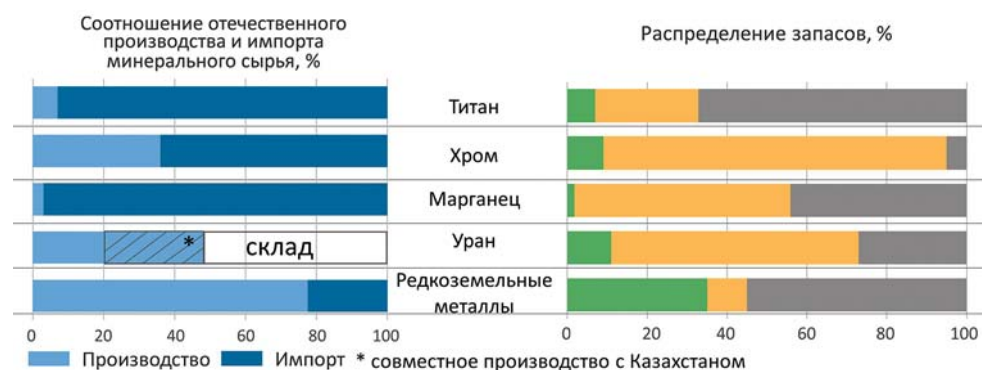


Рис. 3. Добыча, импорт и запасы титана, хрома, марганца, урана и редких земель

общем объеме лицензий, выдаваемых по приказу МПР России № 61 от 15.03.2005 г. На них же нацелены поиски, финансируемые крупными профильными компаниями — ОАО «Петропавловск», ОАО «Полиметалл», ОАО «Полус» и др. При этом основное внимание уделяется золоту и алмазам, наиболее дорогостоящим и важнейшим полезным ископаемым для финансово-экономической деятельности государства. Тем более что медь, полиметаллы и серебро обладают значительными, пока нетронутыми запасами распределенного фонда (рис. 2). В дальнейшем положительные результаты ГРП на эти виды ТПИ связываются с изучением и опосредованным определением перспективных районов Чукотского, Яно-Колымского, Приамурского, Рудноалтайского, Забайкальского, Магаданского и других регионов.

Третья подгруппа включает стратегические легирующие металлы — *титан, хром, марганец, уран и редкие земли*. При значительных запасах и высокой востребованности полезных ископаемых уровень их добычи из-за невысокого качества руд невелик, а дефицит покрывается импортом (рис. 3). Необходима разработка и внедрение в производство эффективных технологий переработки рядовых, бедных и упорных руд и активные поиски новых объектов с экономичным орудением. Учитывая проблемный характер этих стратегических полезных ископаемых [6, 1, 2, 4, 7], рассмотрим состояние МСБ для каждого из них в отдельности.

МСБ титана — стратегического металла двойного назначения, достаточно велика и составляет 600,4 млн. т запасов. Основная их часть связана с коренным промышленным типом месторождений (19 месторождений — 583,6 млн. т) и незначительная их часть — с объектами россыпного типа (16 объектов — 16,8 млн. т) [7, 10]. Основные месторождения этих двух типов приведены в табл. 2*.

К наиболее крупным объектам коренного типа относятся Хибинская группа, Чинейское и Большой Сейим в Приамурье, Кручининское в Южном Забайкалье, Медведевское на Урале и Юго-Восточная Гремяха на Кольском п-ове. Среди россыпных к крупным можно отнести Центральное в Центральной России и Туганское в Сибири. Месторождения имеют приемлемые количественные и качественные параметры руд, сравнимые с зарубежными аналогами.

Суммарная добыча титанового концентрата по итогам 2015 г. составляла 186,2 тыс. т на Куранахском, Ловозерском и Туганском объектах. Однако для нужд российской промышленности только на Ловозерском ме-

Таблица 2
Месторождения титана

Месторождения	Запасы A+B+C ₁ ,C ₂ , тыс. т.
коренные	
Ловозерское	8 270
Хибинская группа месторождений	67 043
Чинейское	59 894
Медведевское	30 209
Куранахское	2 524
Большой Сэйим	22 462
Юго-Восточная Гремяха	49 794
Кручининское	50 019
россыпные	
Туганское	2 501
Центральное	6 396
Бешпагирское	525

* Здесь и далее красным обозначены разрабатываемые объекты, синим — не разрабатываемые, желтым — подготавливаемые к освоению.

сторожении добывалось 7,3 тыс. т лопаритового концентрата с содержанием TiO_2 40 %, из которого на Соликамском магниевом заводе производилось 2,5 тыс. т титановой губки — основного материала для дальнейшего получения металла и сплавов. На Куранахском месторождении Олекминским ГОКом добывалось 178,4 тыс. т ильменитового концентрата с содержанием TiO_2 51,2 %, который вместе с параллельно производимым титаномагнетитовым реализовывался в Китае. В настоящее время деятельность ГОКа приостановлена в связи с резким спадом потребления со стороны получателя товарной продукции. На Туганском россыпном месторождении в настоящее время проводятся опытно-промышленные работы по добыче и первичной переработке руд с получением 0,5 тыс. т ильменит-рутил-лейкоксового концентрата с содержанием TiO_2 55 %.

В то же время потребление титановых концентратов весьма велико и составляет в настоящее время 390 тыс. т. Березняковский титано-магниевый комбинат (ВСМПО-АВИСМА) и Соликамский магниевый завод для производства титановой губки используют 120 и 10 тыс. т концентрата соответственно. Вновь приобретенный Россией Крымский завод диоксида титана при получении пигментов перерабатывает порядка 250 тыс. т, а продуценты сварочных электродов — около 10 тыс. т концентрата. Практически весь объем потребляемого титанового сырья, за исключением 7,3 тыс. т лопаритового концентрата, импортируется из Украины и стран дальнего зарубежья, что вряд ли приемлемо для минерально-сырьевого обеспечения отечественной металлургической, авиационной и оборонной промышленности.

Перспективы развития производства титановых концентратов на базе отечественной МСБ следует рассматривать по двум направлениям — получение титановой губки металла и сплавов, которые используют в основном россыпные руды и получение пигментного диоксида титана с переработкой коренных руд [10]. По первому направлению необходим вывод на проектную мощность с годовым производством 63 тыс. т ильменитового (58 % TiO_2) и 7 тыс. т рутилового (89,9 % TiO_2) концентратов Туганского месторождения, освоение Центрального месторождения — 56 тыс. т ильменитового (58 % TiO_2) и 19 тыс. т рутилового (94 % TiO_2) концентратов и Бешпагирского месторождения — 106 тыс. т ильменитового (62,2 %) и 39 тыс. т рутилового (94 % TiO_2) концентратов. По второму направлению следует возобновить эксплуатацию Куранахского месторождения, направив всю годовую продукцию — 180 тыс. т ильменитового концентрата, на Крымский завод пигментного диоксида титана. Необходимо начать также разработку одного из лучших по качеству руд и масштабам запасов коренного месторождения Юго-Восточная Гремяха с проектной годовой мощностью 400 тыс. т ильменитового концентрата (46,9 % TiO_2).

Для эффективной разработки вышеназванных месторождений потребуются решение ряда технико-экономических, технологических и маркетинговых проблем. При освоении россыпных объектов попутно произво-

Таблица 3
Месторождения марганца

Основные месторождения	Промышленный тип руд	Запасы A+B+C ₁ ,C ₂ , тыс. т.	Содержание марганца, %
Дурновское	окисленный	570	19,3
Усинское	карбонатный	100 438	20,6
	окисленный	6 011	28,4
Парнокское	карбонатный	1 007	30,5
	окисленный	1 003	31,6
Южно-Хинганское	оксидный	8 895	20,8
Порожинское	окисленный	29 463	18,9
Северо-Уральская группа	карбонатный	41 742	20,9
Николаевская группа	окисленный	3 411	18,1

дится в значительных объемах нерудная товарная продукция (кварцевые пески и полевошпатовый концентрат), которая потребует поиска конкретных потребителей, т.к. ее реализация может существенно улучшить технико-экономические показатели добычного предприятия. Для решения проблемы разработки коренных месторождений титана необходимо создание технологии промышленного передела титаномагнетитового концентрата, получаемого вместе с ильменитовым, который должен перерабатываться с получением реализуемых на рынке товарных продуктов. Ввод в действие рассмотренных объектов, с учетом решения указанных проблем, позволит полностью обеспечить промышленность страны ныне дефицитным титановым сырьем.

Марганец является одним из самых востребованных стратегических видов минерального сырья в металлургии, а также в сельском хозяйстве и в медицине [7, 9]. Балансовые запасы марганца кат. A+B+C₁,C₂ составляют 230 млн. т, основная часть которых связана с относительно значимыми (более 1 млн. т) месторождениями, приведенными в табл. 3. Общим недостатком минерально-сырьевой базы является доминирование в запасах труднообогатимого карбонатного промышленного типа руд с содержаниями около 20 % металла, при подчиненной роли оксидного. Наиболее крупными являются месторождения: Усинское (Кемеровская обл.) с запасами 127 млн. т преимущественно карбонатных руд, Порожинское (Красноярский край) — 29,5 млн. т окисленных и карбонатных руд, северо-Уральская группа — 41,7 млн. т карбонатных руд и Южно-Хинганское (Приморье) — 8,9 млн. т оксидных руд. Однако, несмотря на высокую востребованность марганца, из-за пониженного качества руд и других причин ни одно из месторождений в настоящее время не разрабатывается.

Наиболее подготовлено к освоению крупное Усинское месторождение, на котором разведано 6 млн. т окисленных и более 121 млн. т карбонатных руд родохрозитового состава. Порядка 35 млн. т запасов, расположенных гипсометрически выше уреза р. Усы, может обрабатываться карьером, остальная часть — под-

земным способом. Для родохрозитовых руд ВИМСом разработана технология радиометрического обогащения на месте добычи, которая была успешно апробирована в полупромышленном варианте. В последние годы по заказу недропользователя (ОАО «Чек-Су») создана превосходная технология получения металлургического марганца электролитическим способом. Однако освоению объекта препятствует жесткая экологическая позиция руководства Кемеровской области. Порожинское месторождение со значительными запасами оксидных руд располагается в трудных, экономически неосвоенных районах Енисейского края, и в ближайшие годы вряд ли будет введено в эксплуатацию.

Карбонатные руды Северо-Уральской группы месторождений в основной своей части располагаются на глубинах более 150 м в зоне развития болот и не пригодны для добычи горным способом. Возможность их разработки связывается с применением скважинного подземного выщелачивания, апробация которого была начата в 1980-е годы, но не получила завершения подготовки регламента. Подготавливается к разработке Южно-Хинганское месторождение в Приморье, сложенное оксидным, хорошо обогатимым типом руд. Однако по заключенному соглашению вся добытая руда или полученный на месте концентрат будут направляться в Китай.

Таким образом, вся потребность страны в марганцевом сырье, концентратах, сплавах и металла покрывается импортом из Украины, Казахстана, ЮАР, Китая и из других стран, в т.ч. товарные марганцевые руды и концентраты — 1020 тыс. т, марганцевые сплавы — 322 тыс. т, металлический, включая электролитический марганец — 43 тыс. т. Общий объем импорта в пересчете на сырые руды составляет 1500–1600 тыс. т, на металл — 655 тыс. т, общие затраты на импорт — 577 млн. долл. США.

Перспективы самообеспечения марганцем связываются с вводом в активную работу добычных мощностей на известных объектах и проведение геологоразведочных работ, направленных на выявление и оценку новых месторождений с экономичными рудами.

Ввод в освоение Усинского месторождения может обеспечить годовую производительность по товарной руде порядка 700 тыс. т, по концентрату — 400 тыс. т, по металлическому марганцу — 80 тыс. т. Вновь подготавливаемое к разработке Парнокское месторождение в Республике Коми может обеспечить получение товарных руд в объеме 150 тыс. т в год, разворот продукции с Южно-Хинганского объекта на отечественного потребителя — 40 тыс. т. Особняком стоит добычное направление, связанное с разработкой мелких приповерхностных месторождений способом кучного выщелачивания. Лабораторные опыты показывают, что даже из бедных руд, содержащих вредную для металлургии примесь фосфора, возможно получение различной марганецсодержащей продукции, в т.ч. электролитического металлического марганца, высококачественного марганцевого концентрата, химического диоксида и других с общим извлечением из руд около 80 %. Общие

запасы руд марганца в малых месторождениях юга Красноярского края и Урала составляют порядка 80 млн. т, что позволит обеспечить суммарное производство концентратов на уровне 50–70 тыс. т в год. Однако простое суммирование приведенных возможностей производства товарной продукции далеко не закрывает потребностей в марганцевом сырье, поэтому необходимо дальнейшее развитие поисков новых объектов с приемлемыми по экономическим показателям рудами в определившихся перспективных районах Республики Коми, юга Красноярского края и Дальнего Востока.

Балансовые запасы кат. А+В+С₁, С₂ хрома составляют 51 млн. т, основная часть которых (более 50 %) сосредоточены в Аганозерском месторождении (Республика Карелия) и в целом ряде более мелких объектов (табл. 4). Разрабатывается в настоящее время месторождение Главное Сарановское (Пермская обл.) и Центральное (ЯНАО), содержание в которых составляет более 35 % Cr₂O₃. Сходное качество руд свойственно подготавливаемым к разработке объектам — спателитам: Южно-Сарановскому и Западному в непосредственной близости от Главного Сарановского и Центрального соответственно. Аганозерское и Сопчезерское месторождения с более низким качеством руд (22–25 %) находятся в распределенном фонде, однако многие годы не разрабатываются [7].

В то же время при потребности хрома в металлургии порядка 1300 т концентрата, его производство на Главном Сарановском и Центральном месторождениях возможно лишь около 480 тыс. т в год, дефицит покрывается импортом из Казахстана и Турции. При этом обеспеченность богатыми рудами при нынешних добычных мощностях составляет 12–14 лет.

Перспективы развития производства товарных руд и концентратов хрома, способного заменить дорогостоящий импорт, связываются с вводом в эксплуатацию всех указанных месторождений: Южно-Сарановского с годовым производством товарных руд 200 тыс. т, Западного — 210 тыс. т, Аганозерского — 400 тыс. т и Сопчезерского — 250 тыс. т. Определенные технологические проблемы имеются в переработке относительно бедных и высокожелезистых руд двух карельских объектов. Однако известна промышленная технология обогащения аналогичных руд, которая успешно используется финнами на аналогичном месторождении

Таблица 4
Месторождения хрома

Месторождения	Геолого-промышленный тип руд	Содержание Cr ₂ O ₃ , %	Запасы А+В+С ₁ , С ₂ , млн. т
Сопчезерское	стратиформный	25,68	9,5
Аганозерское	стратиформный	22,65	26,6
Главное Сарановское	стратиформный	39	4,7
Южно-Сарановское	стратиформный	37,67	2,9
Центральное (Рай-Из)	альпинотипный	35,68	1,9
Западное	альпинотипный	39,07	2,9

Кеми. В этом отношении наибольший интерес представляет разработка Аганозерского месторождения, на котором наряду с крупными запасами хромитов надежно локализовано около 80 млн. т прогнозных ресурсов кат. P_1 и P_2 , которые станут надежной базой для долгосрочной деятельности предприятия.

Однако простой расчет показывает — ввод в эксплуатацию новых добычных мощностей при ожидаемом краткосрочном срабатывании запасов хромитов на действующих объектах не сможет в необходимом количестве обеспечить сырьем ферросплавное производство. Необходимо наращивать минерально-сырьевую базу хромитов путем активного опоискования перспективных районов Урала, юга Сибири и Якутии и Дальнего Востока.

Минерально-сырьевая база урана России достаточно велика — $A+B+C_1, C_2$ 723,5 тыс. т и занимает третье место в мире. Она представлена объектами двух геолого-промышленных типов — жильными (жильно-штокверковыми), разрабатываемыми традиционным горным способом, и стратиформными в песчаниках, на которых используется скважинное подземное выщелачивание [12, 13]. Недостатком МСБ являются низкое качество руд жильных месторождений и относительно небольшие запасы объектов песчаникового типа, составляющие менее 9 % от ее объема. Основная часть балансовых запасов урана сосредоточена в четырех районах — Стрельцовском (Забайкальский край), Витимском (Республика Бурятия), Эльконском (Республика Саха-Якутия) и Зауральском (Курганская обл.) (табл. 5). Из-за низких мировых цен на природный уран, не превышающих 50–55 долл. США/кг, громадные запасы Эльконского района, со средними содержаниями металла в рудах 0,148 % и с себестоимостью добычи более 130 долл./кг являются нерентабельными, в соответствии с чем начало его освоения отнесено к концу 1920-х годов, к периоду ожидаемого восстановления конъюнктуры металла. В связи с низким качеством остаточных запасов урана в разрабатываемом Стрельцовском районе его добыча составляет около 2 тыс. т в год, на Витимском и Зауральском районах, осваиваемых методом СПВ, — 700 и 500 т соответственно. Кроме того, около 4,5 тыс. т в год составляет доля РФ на совместных предприятиях Республики Казахстан, эксплуатирующих объекты песчаникового типа способом СПВ.

Таким образом, суммарное производство урана составляет порядка 7,5–7,7 тыс. т в год, что закрывает внутренние и экспортные потребности страны лишь частично, по оценкам экспертов их общий объем со-

Таблица 5
Урановорудные районы

Основные районы	Геолого-промышленный тип	Запасы $A+B+C_1, C_2$, тыс. т	Содержание урана, %
Стрельцовский	жильный	122,44	0,12
Витимский	песчаниковый	47,94	0,04
Зауральский	песчаниковый	24,4	0,023
Эльконский	жильный	382,75	0,148

ставляет около 17 тыс. т в год. Дефицит урана покрывается складскими запасами. В перспективе потребление урана будет только нарастать и к 2030 г. должно составить 25–27 тыс. т в год. Запланированное увеличение российского парка ядерных реакторов потребует 7–8 тыс. т, зарубежные АЭС советско-российских проектов — 5–6 тыс. т, планируемые и строящиеся станции в странах АТР — 6–7 тыс. т, экспорт ядерных материалов в США и страны ЕС — 7–8 тыс. т.

В ближайшие 15 лет отечественные добычные предприятия должны сохранить современный уровень производства. Несмотря на активное погашение осваиваемых запасов, их компенсация будет осуществлена за счет ввода в разработку Аргунского и Жерлового месторождений в Стрельцовском районе, Добровольного — в Зауральском и группы объектов Хиагдинского рудного поля — в Витимском. Предусматривается также продолжить разработку урановых месторождений в Казахстане и в других странах, обеспечив годовое производство сырья за рубежом на уровне 5–6 тыс. т. Реальным, пока неиспользуемым резервом необходимого увеличения производства урана, может явиться также разработка ранее выявленных, так называемых малых приповерхностных месторождений в Тыве, Забайкалье, Приморье и в других регионах, совокупная добыча сырья на которых по эффективной схеме «карьер-кучное выщелачивание» может составить 2,5–3,0 тыс. т в год.

Однако важнейшими источниками урана в ближней перспективе должны явиться вновь выявленные объекты с экономически приемлемыми для разработки рудами — гидрогенные месторождения пластового и палеоуслового типов и жильные (жильно-штокверковые) месторождения типа несогласий, а также месторождения стрельцовского типа в вулканотектонических структурах, с которыми обычно связано богатое оруденение. Для реализации первого направления обоснованы рудоперспективные районы на юге Западной Сибири, в Бурятии и Приморье [1], второго — районы Восточного Саяна и Енисейского Кряжа, Центрального и Южного Забайкалья, Северного Прибайкалья и др. Последовательное выявление и ввод в освоение новых урановых объектов позволит постепенно снижать расходование складских запасов, которые по существу являются стратегическим резервом государства.

Группа *редких металлов* (РМ), включающая и *редкие земли* (РЗМ), имеет обширный перечень элементов — тантал, ниобий, бериллий, германий, рений, цирконий, талий, стронций, литий, собственно редкие земли, разделяющиеся на тяжелые, средние и легкие, и целый ряд других. Они используются практически во всех отраслях промышленности — в металлургии, станкостроении, в производстве самолетов, автомобилей, электронной техники [2, 3, 4, 5]. Разносторонность и объем применения РМ и РЗМ — свидетельство высокого научно-технического уровня производственных отраслей и страны в целом, именно поэтому основными потребителями этих элементов являются США, Япония, страны Европейского союза, Ю. Корея, а в последние

Таблица 6
Редкометалльные месторождения

Основные месторождения	Запасы, доля в МСБ РФ (%)
Ловозерское	Ta ₂ O ₅ — 31, Nb ₂ O ₅ — 15, TR ₂ O ₃ — 15 — крупное
Хибинская группа месторождений	TR ₂ O ₃ — 54 — крупное
Томторское	Nb ₂ O ₅ — 2, TR ₂ O ₃ — 1 — крупное
Белозиминское	Nb ₂ O ₅ — 34, Ta ₂ O ₅ — 14, TR ₂ O ₃ — среднее
Чуктуконское	Nb ₂ O ₅ — малое, TR ₂ O ₃ — среднее
Катугинское	Nb ₂ O ₅ — 12, Ta ₂ O ₅ — 9, TR ₂ O ₃ — среднее
Улуг-Танзек	Ta ₂ O ₅ — 29, Nb ₂ O ₅ — 18, TR ₂ O ₃ — 2
Селигдарское	TR ₂ O ₃ — 25
Зашихинское	Ta ₂ O ₅ — 2, Nb ₂ O ₅ < 1
Вишняковское	Ta ₂ O ₅ — 2, Nb ₂ O ₅ < 1

годы и бурно развивающийся Китай, который в последние годы использует 54 % мирового производства РЗМ.

Рамки статьи не позволяют рассмотреть минерально-сырьевые ресурсы РФ всей совокупности РМ и РЗМ. Ограничимся краткой характеристикой МСБ и перспективой ее освоения наиболее востребованных ниобия, тантала и редких земель, часто образующих комплексные месторождения [8]. По запасам этих полезных ископаемых РФ занимает лидирующие позиции в мире. Основная часть запасов РМ и РЗМ сосредоточена в десятке объектов, многие из которых являются крупными и средними по масштабам (табл. 6), в т.ч. Ловозерское месторождение в Хибинах, где РЗМ и РМ сосредоточены в получаемом лопаритовом концентрате, Хибинская группа с редкими землями в апатитовом добываемом сырье, Томторское (Якутия), Белозиминское (Иркутская обл.), Чуктуконское (Красноярский край), на которых окислы ниобия и редких земель локализованы в коре выветривания карбонатитов, и целый ряд других объектов. При этом на отдельных месторождениях концентрации полезных редкометалльных компонентов достигают очень высокого уровня, сопоставимого с мировыми лидерами. Так, например, на разведываемом участке Буранный Томторского месторождения содержания Nb₂O₅ в рудах составляют 6,71 %, TR₂O₃ — 9,53 %, на Чуктуконском: Nb₂O₅ — 0,6 %, TR₂O₃ — 7,32 %. Приведенные содержания пентоксида ниобия вдвое превышают по этому показателю мирового лидера — бразильское месторождение Араша, на 85–87 % покрывающего мировые потребности в феррониобии.

По данным Л.З. Быховского и др. [3, 4] только Ловозерское, Хибинские, Зашихинское, Томторское (участок Буранный) и Чуктуконское месторождения могут при освоении обеспечить суммарное годовое производство Nb₂O₅ на уровне 12,7 тыс. т, Ta₂O₅ — 252 т, TR₂O₃ — 43,460 тыс. т. Этих объемов производства вполне достаточно не только для удовлетворения внутренних потребностей страны, но и для экспорта концентратов и других материалов, содержащих редкометалльные элементы. Однако производство концентратов тантала, ниобия и редких земель практически отсутствует и по-

давливающее большинство этих и других редкометалльных и редкоземельных элементов импортируется в концентратах и изделиях [13], в частности ниобий — из Бразилии и Канады, РЗМ — из Китая. Подобная зависимость от сырьевых источников других стран явно недопустима в связи со стратегическим значением рассматриваемых элементов и их использованием не только в гражданской, но и в оборонной промышленности.

Единственным отечественным источником РМ и РЗМ в настоящее время является Ловозерское месторождение [5], на котором одноименный ГОК добывает порядка 370 тыс. т лопаритового концентрата, из которого Соликамский магниевый завод получает Nb₂O₅ порядка 500 т в год, Ta₂O₅ — 40 т, TR — 1,5–2 тыс. т, TiO₂ — 3 тыс. т. На объектах Хибинской группы попутно с добычей и переработкой апатитового сырья ежегодно извлекается порядка 80 тыс. т суммы редких земель — более половины мировой потребности, однако одна их часть остается в нарабатываемом апатитовом концентрате, а другая связана с фосфогипсом — отходом сернокислотного его производства.

Основными проблемами, тормозящими развитие добычного и перерабатывающего производств, являются: низкий уровень потребления ниобия, тантала, редких земель и других редких металлов внутри страны и острая конкуренция в этом виде сырья на мировом рынке, ограниченность существенного роста производства лопаритового концентрата на Ловозерском месторождении, отсутствие промышленной технологии и соответствующего производственного комплекса по получению РЗМ, в том числе их индивидуальных окислов, и целый ряд других. Учитывая сложившуюся негативную ситуацию Минпромторг сформировал и реализует Правительственную подпрограмму 15 по воссозданию редкометалльной промышленности, включающую также направления по развитию и освоению МСБ, в том числе, завершающуюся в 2016 г. оценку месторождений — Чуктуконское, Томторское (Северный и Южный участки) и др.

Горнотехнические условия разработки редкометалльных объектов не вызывают проблем. В настоящее время уже сделаны первые шаги по разработке современных технологий получения РМ-концентратов из руд месторождений различных промышленных типов. Так, например, создана опытная установка по получению РЗМ при переработке апатит-нефелиновых руд Хибинских месторождений мощностью 12 т и опытно-промышленная технология производства редкоземельного концентрата из тех же руд мощностью до 200 т в год. В недалеком будущем ожидается сооружение крупных перерабатывающих предприятий.

Основной задачей по развитию производства РМ и РЗМ, которая должна решаться на правительственном уровне, является обеспечение импортозамещающего внутреннего потребления этих компонентов действующими и планируемыми промышленными предприятиями — с одной стороны, а с другой — содействие путем межгосударственных соглашений экспорту РЗМ-концентратов и материалов.

Завершая рассмотрение состояния, освоения и развития МСБ ТПИ различной востребованности можно сделать следующие **выводы**.

1. По уровню востребованности, интенсивности освоения и обеспеченности запасами выделяются три группы твердых полезных ископаемых:

высоковостребованные — уголь, железо, цементное сырье, благородные, цветные и легирующие металлы, радиоактивное и редкоземельное сырье и др.;

умеренновостребованные — молибден, олово, графит и др.;

невостребованные — цезий, мышьяк, отдельные виды нерудных ТПИ.

2. Группа высоковостребованных ТПИ, имеющих важнейшее значение при планировании ГРП и освоения МСБ, включает три подгруппы:

первая — уголь, железо, цементное сырье и другие., характеризуется большим объемом добычи и крупными запасами МС в нераспределенном фонде недр; *необходимы геологоразведочные работы по совершенствованию МСБ региональных потребителей для снижения затрат на дорогостоящую транспортировку исходного МС, а также МСБ вблизи грузовых железнодорожных и портовых терминалов, способных обеспечить экспорт товарных руд и концентратов;*

вторая — благородные, цветные металлы, алмазы и другие, при интенсивном освоении располагает незначительными запасами нераспределенного фонда недр; *необходимо активное развитие ГРП по расширению и подготовке к освоению МСБ в первую очередь в рудоперспективных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока;*

третья — хром, марганец, титан, уран, редкие и редкоземельные металлы и другие, из-за невысоких качественных показателей значительной по масштабам МСБ и сложившимся значительным объемом импорта характеризуется низким уровнем добычи; *требуется разработка и внедрение в производство эффективных технологий переработки МС и развитие прогнозно-минералогических работ и поисков объектов с экономически приемлемыми рудами урана, хрома, марганца и др.*

3. При планировании и реализации ГРП в рамках общегосударственных отраслевых и региональных программ необходимо использовать нетрадиционное положение, диктующее 100 % воспроизводство погашаемых запасов для всех видов ТПИ, а *базироваться — на дифференцированном подходе, учитывающим уровень потребности МС, интенсивность освоения МСБ и состояние запасов ТПИ.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин, О.В. Перспективы выявления гидrogenных урановых месторождений в Сибири и на Дальнем Востоке / О.В. Алтунин, С.Д. Расулова, Е.С. Никитина, Д.А. Прохоров, Е.А. Митрофанов, С.А. Дзядок, А.А. Коковкин // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 10. — С. 34–44.
2. Быховский, Л.З. Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России / Л.З. Быховский // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 4. — С. 2–8.
3. Быховский, Л.З. Стратегическое минеральное сырье: пути решения проблемы дефицита / Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2015. — № 5. — С. 43–49.

4. Быховский, Л.З. Перспективы обеспечения потребностей высокотехнологичных производств России редкометалльным минеральным сырьем / Л.З. Быховский, Е.Н. Левченко, Т.Д. Онтоева, В.С. Пикалова, А.А. Рогожин // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 106–115.
5. Быховский, Л.З. Минерально-сырьевая база редких металлов северо-запада России — основа создания центра редкометалльной промышленности страны / Л.З. Быховский, В.С. Пикалова // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 1. — С. 3–7.
6. Герасимов, Н.Н. Мониторинг минерально-сырьевой базы — необходимое направление работ в современных экономических условиях / Н.Н. Герасимов, И.Г. Печенкин, Е.В. Матвеева, Л.А. Антоненко, Е.В. Ершова, И.В. Егорова, И.Г. Луговская // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 7. — С. 3–7.
7. Ершова, Е.В. Минерально-сырьевая база черных и легирующих металлов России / Е.В. Ершова, Е.В. Зублюк, О.А. Криштопа, А.М. Лаптева, Л.И. Ремизова, А.В. Руднев // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 88–95.
8. Кременецкий, А.А. Комплексные редкометалльные месторождения России и основные направления повышения их инвестиционной привлекательности / А.А. Кременецкий, Е.А. Калиш // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 3–11.
9. Колоскова, И.С. Структура производства и рынок марганцевого сырья в России / И.С. Колоскова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 1. — С. 74–77.
10. Машковцев, Г.А. Об обеспечении промышленности России титановым сырьем / Г.А. Машковцев, Л.З. Быховский, Л.И. Ремизова, О.С. Чеботарева // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2016. — № 5. — С. 9–15.
11. Машковцев, Г.А. Проблемы и перспективы обеспечения атомной отрасли России природным ураном / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, И.Н. Солодов, С.В. Полонянкина, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 80–87.
12. Машковцев, Г.А. Формирование и освоение минерально-сырьевой базы урана / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, В.С. Святецкий, С.В. Полонянкина, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 10. — С. 17–24.
13. Петров, И.М. Российский рынок редких металлов: пути развития / И.М. Петров // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2015. — № 1. — С. 78–81.

© Коллектив авторов, 2017

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@df.ru
Хижняков Юрий Александрович // khizhnyakov@vims-geo.ru
Козловский Дмитрий Сергеевич // kozlovskiy@vims-geo.ru
Самойлов Владислав Юрьевич // samoylov11@mail.ru
Фатеева Анна Александровна // fateeva@vims-geo.ru

УДК: 553.068.56

Лаломов А.В.¹, Левченко Е.Н.², Бочнева А.А.¹
(1 — Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ),
2 — ФГУП «ИМГРЭ»)

ГЕОЛОГО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-ТИТАНОВОЙ РОССЫПИ ЗАУРАЛЬСКОГО РОССЫПНОГО РАЙОНА

Единственная на сегодняшний день разведанная россыпь участка Правобережный подтвердила промышленный потенциал Зауральского редкометалльно-титанового района Западно-Сибирской россыпной провинции. Геолого-статистическая обработка данных технологического картирования дала возможность описать минералогическую структуру россыпи и дать прогнозную оценку ее флангов. В пределах россыпного поля установлен устойчивый и выдержанный характер минеральных ассо-