

### МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА ЧЕРНЫХ И ЛЕГИРУЮЩИХ МЕТАЛЛОВ РОССИИ

*Современное состояние минерально-сырьевой базы (МСБ) черной металлургии Российской Федерации проанализировано на примере важнейших черных и легирующих металлов — железа, марганца, хрома, титана и вольфрама. Показаны проблемы освоения месторождений и предложены пути их решения, определены основные направления ее устойчивого развития. **Ключевые слова:** железо, хром, марганец, титан, вольфрам, минерально-сырьевая база.*

Ershova E.V., Zublyuk E.V., Krishtopa O.A., Lapteva A.M., Remizova L.I., Rudnev A.V. (VIMS)

#### RUSSIAN RAW MATERIALS BASE OF FERROUS METALLURGY

*The current state of Russian mineral resource base of ferrous metallurgy is analyzed on the example of the most important ferrous and alloying metals — iron, manganese, chromium, titanium and tungsten. The basic problems and the ways of their solution are determined, the main directions of its sustainable development are identified. **Keywords:** iron, chrome, manganese, titanium, tungsten, mineral resources.*

Российская Федерация обладает мощным минерально-сырьевым потенциалом, являющимся основой промышленности и обеспечивающим ее устойчивое развитие и стратегическую безопасность. Реализация экономических и геополитических интересов России в долгосрочной перспективе существенно зависит от состояния ее минерально-сырьевой базы (МСБ), воспроизводство которой на современном уровне является центральной задачей геологической отрасли. В статье дан обзор современного состояния МСБ черной металлургии и показаны перспективы ее развития и освоения, в том числе по железу, хрому, марганцу и вольфраму — наиболее важным твердым полезным ископаемым отрасли. Размещение основных месторождений, горнодобывающих и перерабатывающих производств показано на рисунке.

**Железные руды.** Запасы железных руд России по кат. А+В+С<sub>1</sub> составляют на 01.01.2015 г. 58,8 млрд. т, по кат. С<sub>2</sub> — 50,6 млрд. т [4], что позволяет стране уверенно занимать первое место в мире по объему сырьевой базы. Однако большая ее часть представлена бедными и средними по качеству рудами с содержанием железа от 16 до 40%. По этому показателю российская сырьевая база железа существенно уступает австралийской и бразильской. Запасы богатых руд кат. А+В+С<sub>1</sub> составляют не более 12% всех запасов России, причем более половины из них заключены в объектах со сложными горно-геологическими условиями.

В России разведаны 214 коренных месторождений железных руд, 15 из которых относятся к уникальным с запасами более 1 млрд. т в каждом [5]. В распределенном фонде недр находится 96 наиболее перспективных российских месторождений с совокупными запасами кат. А+В+С<sub>1</sub> в количестве 41,1 млрд. т; в то же время в недрах разрабатываемых и осваиваемых объектов заключены только

26,5 млрд. т запасов этих категорий. Среди объектов нераспределенного фонда недр имеются крупные месторождения с богатыми рудами, такие как Висловское, Погромное и Чернянское, расположенные в Курской магнитной аномалии; их освоение сдерживается сложными горно-техническими условиями обработки рудных тел.

Балансовые запасы железных руд размещены неравномерно по территории России: около 60% расположены в центральной части России, значительная часть — на Урале и в Сибири. Такое расположение запасов приводит к значительным затратам на использование железнодорожного транспорта для перевозок руды на металлургические предприятия. Основными геолого-промышленными типами осваиваемых железорудных месторождений являются железистые кварциты (около 65,5% балансовых запасов) и титаномагнетитовые руды (16%) с содержанием железа 35,1 и 17,7% соответственно. Запасы богатых гематит-маргитовых руд составляют незначительную долю.

Железородный минерально-сырьевой комплекс (МСК) России в настоящее время включает 25 предприятий по добыче и обогащению руд. Практически все они входят в вертикально-интегрированные горно-металлургические холдинги и группы — «Металлоинвест», «Евразхолдинг», «Северсталь», «Промышленно-металлургический холдинг», «Мечел», группу ОАО «НЛМК», группу ОАО «ММК», которые добывают 93% сырой руды и производят 95% железорудных концентратов.

Основным регионом по запасам и добыче железных руд является **Центральный ФО**, на долю которого приходится 56,7% всех запасов и 52,9% добычи. В его пределах находится крупнейший железорудный бассейн мира — Курская магнитная аномалия (КМА), к которому относятся все известные железорудные месторождения и рудопроявления региона. Привлекательность объектов КМА определяется значительными объемами легкообогащаемых руд под открытую обработку с возможностью получения высоколиквидных продуктов (горячеприкатированное железо), развитой инфраструктурой с действующими ГОКами, а также близостью к потребителю (Новолипецкий комбинат). Металлургические предприятия Центра России полностью обеспечены собственным железорудным сырьем на долгосрочную перспективу. Общий объем добычи в регионе составляет 177,08 млн. т руды на 5 месторождений, из которых открытым способом добывается 96,8%. Основной объем добычи (52%) приходится на Михайловское месторождение. Практически все производство железорудного сырья в Центральной России принадлежит трем компаниям, которые производят более 50% товарных железных руд страны, а также поставляют сырье на металлургические комбинаты в другие регионы [8].

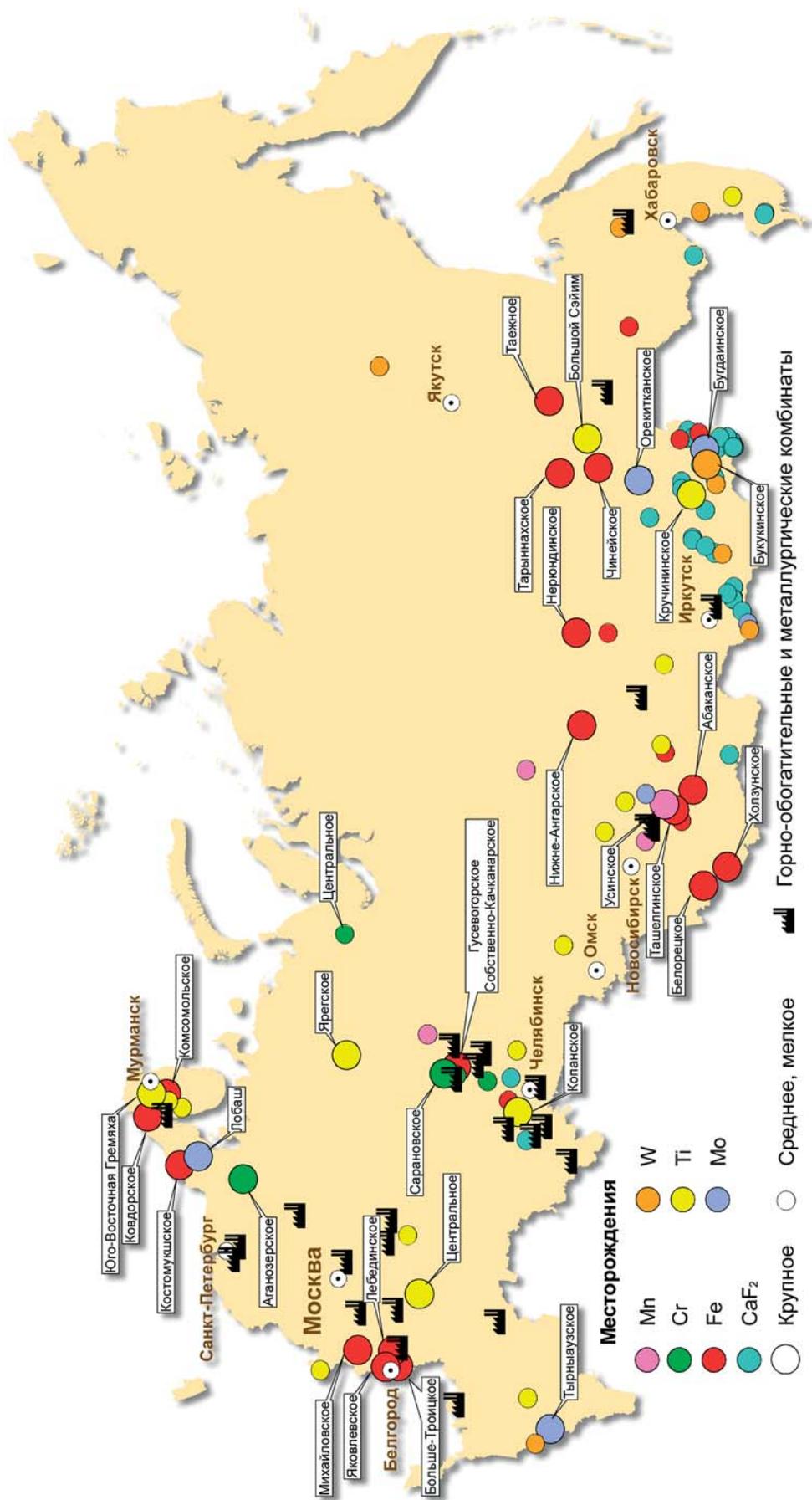
До 2030 г. по-прежнему сохраняется дефицит железорудного сырья для существующих металлургических комбинатов Северо-Западного, Уральского и Сибирского федеральных округов, который предусмотрено компенсировать поставками из горно-обогатительных предприятий КМА и импортом из Республики Казахстан.

**В Северо-Западном ФО** основное производство железных руд сосредоточено на предприятиях Мурманской области и Республики Карелия; производство чугуна и стали осуществляется на Череповецком МК, для чего ежегодно требуется около 14 млн. т железорудной продукции, из которых 74% поставляют собственные горнодобывающие предприятия (Оленегорский ГОК и ОАО «Карельский

окатыш»), а 26 % потребности комбината закрывает продукция ОАО «Ковдорский ГОК».

Запасы руды под открытую разработку на основных месторождениях Северо-Западного ФО (Оленегорском, Комсомольском, Корпангском, Костомукшском, Ковдорском) обеспечивают потребности Череповецкого МК при текущем уровне добычи не более чем на 30 лет, что со временем потребует перехода на подземную отработку, которая может обеспечить потребность производства еще на 29 лет. Наиболее сложная ситуация связана с Оленегорским ГОКом, который ведет добычу на 5 месторождениях открытым способом и производит высококачественный железорудный концентрат. При текущей динамике добычи срок деятельности предприятия оценивается в 16 лет. Необходимость наращивания сырьевой базы железистых кварцитов под открытую отработку возникла уже в настоящее время, а после 2020 г. она становится критической. Длительная перспектива развития Северо-Западного региона может быть связана с переходом на альтернативные геолого-промышленные типы руд (титаномагнетитовые), запасы которых в регионе значительны.

В Уральском ФО производство железных руд сосредоточено на горно-обогатительных предприятиях Свердловской и Челябинской областей. Основной проблемой этого региона является выбывание запасов месторождений магнетитовых руд — традиционного сырья для основных металлургических заводов Урала. При создавшейся ситуации в более выгодном положении окажется Нижнетагильский металлургический комбинат, рядом с которым расположен Качканарский ГОК. В то же время металлургические комбинаты Южного Урала будут в большей степени работать на дальнепривозном сырье. На остальных металлургических



комбинатах (ОАО «ММК», ОАО «Уральская сталь» и ОАО «Мечел») доля местного сырья в чугунолитейном производстве составляет всего 8,5; 8,7 и 29,1 % соответственно. Удовлетворение потребности указанных производителей металлопродукции в железорудном сырье (концентратах и окатышах) осуществляется за счет поставки его из других регионов России (в основном из КМА, а также Северо-Западного и Сибирского округов) и Республики Казахстан. Магнитогорский комбинат большую часть товарной руды и концентратов (80–90 %) завозит из КМА и Казахстана, что существенно увеличивает издержки в связи с ростом железнодорожных тарифов.

Частично потребности в привозном сырье можно уменьшить в результате создания собственной сырьевой базы (железистые кварциты Тараташского блока, где в настоящее время проводятся поисковые работы). Наиболее реальным и эффективным направлением развития железорудной базы Урала с целью сокращения дефицита в местном железорудном сырье является разведка и последующая разработка месторождений титаномагнетитовых руд, прежде всего, Погорельского месторождения. В качестве резерва расширения сырьевой базы ММК и ЧМК в перспективе до 2030 г. следует рассматривать Серовское месторождение комплексных железо-хром-никелевых руд с запасами около 400 млн. т. Эффективное использование этих руд возможно при осуществлении в промышленных масштабах технологии электрометаллургического передела с получением ферроникеля, хромистых шлаков, рядовых и легированных сталей и глиноземистых продуктов для цементной промышленности.

Черная металлургия *Западной Сибири* представлена ОАО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» полного цикла, включающий Кемеровский (КМК) и Западно-Сибирский (ЗСМК) комбинаты. В общем количестве товарных железных руд, поступающих на металлургическую переработку, на долю местного сырья приходится 56,6 %, привозного — 43,4 %. Дефицит сырья перекрывается поставками из Центральной России (Михайловский ГОК), Северо-Западного региона (ОАО «Карельский окатыш»), а также Урала (Высокогорский и Качканарский ГОКи) и Соколовско-Сарбайского ГОКа (Казахстан). Дефицит сырья для ЗСМК покрывается также магнетитовыми рудами Восточной Сибири (Коршунское, Рудногорское).

Основные крупные месторождения нераспределенного фонда в районе деятельности металлургических предприятий Западной Сибири пригодны для подземного способа отработки. Значительное количество объектов имеют небольшие запасы или находятся на значительном удалении от промышленных районов. Наиболее перспективными являются 6 месторождений для открытой разработки с запасами около 40 млн. т, что при существующем годовом уровне добычи может хватить на 7–8 лет.

Дополнительным резервом минерального сырья для Западно-Сибирских металлургических комбинатов могут быть месторождения Ангаро-Питского рудного района, представленные труднообогатимыми рудами, которые обладают значительными запасами для отработки открытым способом — каждое может обеспечить производительность рудника 12–20 млн. т руды в год. Однако для реализации проекта потребуется разработка и внедрение промышленной технологии переработки маргит-гематитовых руд.

На территории *Восточной Сибири* наиболее перспективными являются объекты с легкообогатимыми железистыми кварцитами Байкальской группы месторождений (Байкальское, Китойское, Орингольское), расположенные в южной части Иркутской области, а также Витимский рудный район, где перспективы выявления новых объектов могут быть связаны с Тонодской площадью, где в результате поисковых работ выявлены значительные железорудные объекты, представленные железистыми кварцитами магнетит-гематитового состава. Прогнозный потенциал составляет около 10 млрд. т железных руд для открытой отработки с хорошими показателями обогащения.

На *Дальнем Востоке* основой сырьевой базы для запланированных металлургических производств могут быть месторождения железных руд Южной Якутии (Таежная и Тарыннахская группы), а также железистые кварциты Малло-Хинганского рудного района и Гаринского месторождения с общими запасами более 4000 млн. т. Для расширения долгосрочных перспектив развития МСБ Дальнего Востока необходим комплекс мероприятий, направленных на выявление и подготовку объектов с легкообогатимыми рудами вдоль зоны БАМ (Южно-Алданский РР), а также вблизи проектируемых железнодорожных магистралей в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Перспективы выявления новых объектов на территории Дальнего Востока могут быть связаны с Сутамским и Зее-Селемджинским рудными районами с прогнозируемым потенциалом каждого около 2500 млн. т. В Магаданской области основные перспективы связаны с Верхне-Омолонским рудным районом, в пределах которого выявлены железорудные объекты (Верхне-Омолонское и др.) со значительным ресурсным потенциалом (около 500 млн. т). До 2020 г. на этих объектах предполагается провести разведку с оценкой запасов и лицензирование [1].

Перспективы наращивания и совершенствования МСБ железных руд значительны — прогнозные ресурсы наиболее достоверной кат. Р<sub>1</sub> оцениваются в 95 млрд. т, что сопоставимо по объему с общими запасами страны. В течение длительного времени компании, ведущие добычу железных руд в России и обладающие крупными запасами, практически не вели геологоразведочных работ. Тем не менее, в 2012–2014 гг. получен существенный прирост запасов давно эксплуатируемых месторождений КМА — Коробковского и Стойленского.

**Хромовые руды.** Российская сырьевая база хрома невелика, по ее масштабу страна уступает не только мировым лидерам, ЮАР и Казахстану, но и некоторым ведущим продуцентам. Государственным балансом запасов по состоянию на 01.01.2015 г. учитываются 25 месторождений хромовых руд с запасами кат. В+С<sub>1</sub> в количестве 17,795 млн. т, кат. С<sub>2</sub> — 32,968 млн. т. Забалансовые запасы насчитывают 3,49 млн. т.

Из разведанных запасов хромовых руд 98 % сосредоточены на 6 крупных и средних месторождениях: Аганозерском (Республика Карелия) — суммарные запасы А+В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> — 26,6 млн. т со средним содержанием Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 25,7 %; Сопчеозерском (Мурманская обл.) — 9,6 млн. т, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 25,6 %; Сарановской группы (Пермский край) — 7,7 млн. т, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 38,3 %, территориально сближенным Центральным и Западным (Ямало-Ненецкий АО) — 5 млн. т, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 34,7 %. Кроме того, в мелких месторождениях Среднего и Южного Урала сосредоточено еще около 2 % запасов хромитов.

Прогнозные ресурсы хромовых руд кат.  $P_1$  превышают 137 млн. т. Основная их часть сосредоточена в Карело-Кольском и Уральском регионах. Подавляющее количество запасов и прогнозных ресурсов хромовых руд России относится к бедным рудам стратиформного геолого-промышленного типа (ГПТ), преимущественно локализованным в Карело-Кольском регионе. Тот же ГПТ, но с более высоким качеством хромита (35–37 %  $Cr_2O_3$ ), формирует месторождения Пермского края. Объекты хромовых руд Полярного Урала связаны с альпинотипным ГПТ.

Добыча хромовых руд в 2014 г. составила 476 тыс. т, основной ее объем обеспечили месторождения Центральное (306 тыс. т) и Главное Сарановское (116 тыс. т). Хромовые концентраты получают на обогатительных мощностях добывающих предприятий. Произведенные в России в 2014 г. хромовые концентраты составили чуть более 1 % мирового производства товарных хромовых руд. Главными потребителями товарных хромовых руд являются Челябинский электрометаллургический комбинат, Тихвинский, Ключевской и Серовский заводы ферросплавов, Троицкий завод химических соединений. Суммарный объем потребляемых этими предприятиями хромовых руд оценивается в 1,4 млн. т, дефицит в количестве около 1 млн. т компенсируется импортом в основном из Казахстана.

Учитывая стратегическое значение хромитов, являющихся основой ферросплавного производства и, соответственно, машиностроения, базироваться на импортном сырье, составляющем около 70 % объема потребления, с точки зрения национальной безопасности недопустимо. В соответствии с этим необходима реализация комплекса мероприятий по кардинальному увеличению добычных мощностей и развитию отечественной МСБ хрома.

Важнейшее значение для расширения добычи имеют крупные и средние месторождения Карело-Кольского региона, суммарные запасы которых составляют 74 % МСБ РФ: Аганозерское, Сопчеозерское, Большая Варака и др.

Однако, несмотря на выгодное географо-экономическое положение региона, развитую транспортную и энергосистему, наличие промышленных и людских резервов, месторождения не вводятся в эксплуатацию. Главной проблемой является отсутствие современной экономически эффективной технологии переработки бедных руд с повышенной железистостью. Разработка подобной промышленной технологии возможна путем адаптации финского опыта передела аналогичного сырья на месторождении Кеми. С этими же целями необходим активный ввод в разработку месторождений Западное (ЯНАО) и Южное Сарановское (Пермский край). Следует сказать, что объем ожидаемых добычных мощностей на перечисленных разведанных объектах явно недостаточен для покрытия потребностей в хромитах, т.к. запасы месторождений Урала невелики, а крупный ресурсный потенциал в недрах Карело-Кольского региона при пересчете на товарные руды составляет всего 19 млн. т. Общих запасов при поисковом освоении хватит не более чем на 20 лет. Отсюда очевидна необходимость существенного расширения МСБ хромитов в первую очередь на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке.

В Полярноуральском регионе на рудоперспективных ультраосновных массивах необходимо продолжить поисковые работы на альпинотипный ГПТ, в т.ч. выявление скрытых месторождений, для эффективных поисков которых потребуются разработка соответствующих геолого-геофизических технологий. В Сибирском и Дальневосточ-

ном регионах также имеется целый ряд перспективных районов. В Алтае-Саянской и Чукотской провинциях определены поисковые площади с оцененными прогнозными ресурсами. В пределах Алдано-Станового щита по региональным данным выделены районы с ожидаемыми средними и крупными объектами стратиформного типа.

**Марганцевые руды.** Балансовые запасы марганцевых руд Российской Федерации составляют по кат.  $A+B+C_1$  — 137,8 млн. т,  $C_2$  — 92,4 млн. т, забалансовые — 16,4 млн. т [4]. Марганцевые руды учитываются в 29 месторождениях, основными из них являются Усинское (Кемеровская область) с балансовыми запасами кат.  $A+B+C_1+C_2$  — 127,7 млн. т (50,9 % от запасов России) и Порожинское (Красноярский край) с балансовыми запасами кат.  $A+B+C_1+C_2$  — 29,5 млн. т (11,4 % от запасов России). Остальные месторождения мелкие с запасами от менее 1 до 10 млн. т.

К разрабатываемым месторождениям относятся 4 мелких месторождения (Парнокское, Дурновское, Громовское и Мазульское) с суммарными запасами по кат.  $A+B+C_1+C_2$  — 4 млн. т (1,4 % промышленно разведанных запасов РФ), к подготавливаемым к освоению — 5 месторождений, включая крупное Усинское и Хинганское (Еврейская АО) с запасами кат.  $A+B+C_1+C_2$  — 8,9 млн. т, к разведываемым — 3 мелких месторождения с запасами кат.  $C_1+C_2$  — 5,2 млн. т. В нераспределенный фонд недр входят 16 месторождений с суммарными запасами кат.  $A+B+C_1+C_2$  — 72,5 млн. т, включая Порожинское месторождение.

В балансовых запасах кат.  $A+B+C_1$  преобладают карбонатные (77,1 %) и окисленные (17,1 %) руды; руды смешанного состава составляют 5,2 %, окисленные — 0,5 % и железомарганцевые конкреции (ЖМК) — 0,1 %. Среднее содержание марганца в рудах карбонатного типа изменяется от 19,72 (Усинское месторождение) до 30,47 % (Парнокское месторождение), в окисленных составляет 21,09 % (Южно-Хинганское) и в окисленных — от 18,85 (Порожинское) до 31,62 % (Парнокское). Среднее содержание марганца в железомарганцевых конкрециях — 13,15 %.

Прогнозные ресурсы РФ оцениваются по кат.  $P_1$  — 232 млн. т (23,6 %),  $P_2$  — 138 млн. т (14 %),  $P_3$  — 607 млн. т (62,4 %). Прогнозные ресурсы кат.  $P_1$  и  $P_2$  локализованы преимущественно в Сибири и на Среднем Урале в известных рудных районах, кат.  $P_3$  — на Полярном Урале и Дальнем Востоке. Ресурсная сырьевая база марганцевых руд по составу и качеству сопоставима с запасами. С 2015 г. ОАО «Росгеология» начала поисковые работы м-ба 1:50 000 на перспективных рудных узлах Кара-Силовской площади Пай-Хоя (Ненецкий АО) с ожидаемыми результатами прироста ресурсов марганцевых руд кат.  $P_2$  — 25 млн. т. Степень промышленного использования сырьевой базы марганца низка. Добыча марганцевых руд ведется дискретно в очень небольших объемах — десятки тыс. т. На трех разрабатываемых месторождениях (Парнокском в Республике Коми, Дурновском в Кемеровской области, Громовском в Забайкальском крае) карьеры законсервированы. Добыча осуществлялась в опытно-промышленном режиме на подготавливаемых к освоению Селезеньском (Кемеровская обл., Шалынская ГРЭ) и Южно-Хинганском месторождениях (Еврейской АО, ООО «Хэмэн Дальний Восток» (Китай)). На Селезеньском месторождении, запасы которого представлены окисленными забалансовыми рудами со средним содержанием марганца 14,8 % и повышенными содержаниями кремнезема

(54,9 %) и железа (8,4 %), добыча составила 128 тыс. т, произведено 10,8 тыс. т марганцевого концентрата. Кроме того, при горнопроходческих работах на Южно-Хинганском месторождении из недр было извлечено 20 тыс. т марганцевых руд. При промышленной разработке объекта вся рудная добыча будет экспортироваться в Китай.

Основной причиной данной ситуации является низкое качество руд российских месторождений, чем у большинства основных стран-производителей. В российских запасах преобладают руды с относительно низким содержанием марганца — среднее — 20 % (высококачественные руды зарубежных месторождений Mn — 40–45 %). При этом руды содержат повышенные количества вредных или нежелательных примесей — фосфора, железа, кремнезема. Руды являются труднообогатимыми по существующим традиционным технологиям.

В настоящее время потребности промышленности в марганцевых концентратах практически полностью удовлетворяются за счет импорта. Основными поставщиками марганцевого сырья в Россию являются Казахстан и ЮАР. В 2014 г. их поставки составили 569 (56 % российского импорта) и 377 тыс. т (37 %) соответственно. Марганцевые ферросплавы, выпускаемые отечественными производителями, позволяют также удовлетворить не более половины потребностей российской металлургии в силико- и ферромарганце. При этом в РФ практически полностью отсутствует производство химических соединений марганца (ЭДМ, ХДМ, перманганата калия, электролитического металлического марганца).

Решение проблемы импортозависимости, прежде всего, связано с введением в эксплуатацию самого крупного подготавливаемого к освоению Усинского месторождения, владельцем лицензии на добычу и переработку марганцевых руд которого является ЗАО «ЧЕК-СУ.ВК». По данным проектной документации разработку планируется осуществлять двумя карьерами с производительностью по добыче 700 тыс. т марганцевых руд в год с получением концентратов карбонатных и окисленных руд в соотношении 5:1 с суммарной мощностью обогатительной фабрики по производству концентратов в 400 тыс. т. Проект включает также дальнейшую переработку полученных концентратов в электролитический металлический марганец с учетом отечественных технологических разработок и мирового опыта применения гидрометаллургического выщелачивания с предварительным обжигом. Реализация проекта позволит снизить на 40 % дефицит потребности страны в марганцевой продукции для металлургического комплекса. Для дальнейшего снижения дефицита необходима активизация разработки и других объектов.

Для вовлечения в освоение труднообогатимых (железо-марганцевых, фосфористых) марганцевых руд большинства российских месторождений необходимы новые, преимущественно химико-металлургические, геотехнологические методы их переработки, которые созданы в лабораториях ведущих отраслевых НИИ, в т.ч. применительно к кучному выщелачиванию (КВ). На этой основе необходимо проведение натуральных опытно-методических испытаний КВ на одном-двух объектах бедных марганцевых руд с целью определения технологических регламентов промышленного производства и геолого-экономической оценки его эффективности. При положительных результатах этих работ в эксплуатацию могут быть вовлечены запасы месторождений как резервных, так и находящихся в распределенном

фонде недр, но не вовлекаемых в освоение — Порожинское месторождение, ряд мелких объектов Южного Урала и Южной Сибири (Трехгранное, Николаевское, Красное, Каменское, Шунгулежское, Сейбинское и др.).

Разработка месторождений юга Сибири и Южного Урала может обеспечить годовое производство марганцевой продукции на уровне 500–700 тыс. т в пересчете на металл, что вместе с освоением Усинского месторождения сведет к минимуму необходимый импорт сырья и концентратов.

Дополнительный источник сырья связан с решением проблем освоения Северо-Уральской группы месторождений. Из-за сложных горнотехнических условий лишь 4 млн. т руды пригодны для открытой отработки (запасы Тынинского и Марсятского и около 10 % запасов Лозьвинского, Южно-Березовского, Ивдельского и Глухаринского месторождений) [7]. Расчеты показывают, что рациональная схема отработки Северо-Уральской группы месторождений должна включать добычу руды открытым способом и ее переработку по комбинированной обогатительно-металлургической технологии, а также скважинное подземное выщелачивание (СПВ) карбонатных руд ниже контура карьеров. Технология СПВ позволяет снизить капитальные и текущие затраты, ускорить сроки ввода рудников в работу и расширить минерально-сырьевую базу предприятия за счет выщелачивания убогих руд.

Наряду с наращиванием добычных мощностей на основе освоения отечественной МСБ марганца, необходимо продолжить поиски месторождений качественных руд, особенно в районах деятельности предприятий черной металлургии.

**Титановые руды.** Запасы диоксида титана кат. А+В+С<sub>1</sub> по состоянию на 01.01.2015 г. составляли 254, 2 млн. т, кат. С<sub>2</sub> — 338 млн. т [4]. Большая часть запасов кат. А+В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> (97 %) заключена в коренных объектах (в том числе 47 % — в Ярегском нефтетитановом месторождении), на долю россыпей приходится только 3 % суммарных запасов диоксида титана. Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации учитываются 32 месторождения титановых руд, в том числе 18 коренных и 14 россыпных. В распределенном фонде недр находятся 18 объектов, в которых заключено 43,4 % запасов страны. Среди них как коренные, так и россыпные месторождения. Группа объектов распределенного фонда включает следующие коренные месторождения: Ловозерское с суммарными запасами А+В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> диоксида титана 8,27 млн. т и средним содержанием 1,29 %, Хибинскую группу (77,04 млн. т, 1,5 %) — оба Мурманская обл., Медведевское (30,2 млн. т, 7,03 %) в Челябинской обл., Чинейское (60 млн. т, 6,53 %) — Забайкалье, Большой Сейим (22,46 млн. т, 7,7 %), Куранахское (2,54 млн. т, 9,3 %) — оба Амурская обл. Россыпные месторождения: Туганское (2,5 млн. т, 19,7 кг/м<sup>3</sup>) — Томская обл. и Центральное (6,4 млн. т, 24,06 кг/м<sup>3</sup>) в Тамбовской обл.

В нераспределенном фонде недр числятся крупные коренные месторождения — Юго-Восточная Гремяха (49,8 млн. т, 8,4 %) — Мурманская область и Кручининское (50,02 млн. т, 8,4 %) — Забайкальский край, а также рядом расположенные россыпные — Бешпагирское и Камбулатский участок в Ставропольском крае (0,53 млн. т, 24,7 кг/м<sup>3</sup> и 1,4 млн. т, 22,05 кг/м<sup>3</sup> — соответственно). К нераспределенному фонду недр относится также основная часть гигантского Ярегского месторождения титана в литифицированных нефтеносных россыпях (Республика

Коми). Хотя руды месторождения (нефтеносные кварцевые песчаники с лейкоксеном) одни из самых богатых в России, но титановый минерал — лейкоксен — импрегнирован включениями кремнезема и технология извлечения из него диоксида титана очень сложная и дорогостоящая, необходимость подземной разработки еще более удорожает освоение месторождения, в связи с чем этот объект, вероятно, еще на долгие годы останется в резерве [2].

Недостаточно высокое качество руд как коренных, так и россыпных месторождений (сравнимое с качеством руд, разрабатываемых и подготавливаемых к освоению за рубежом) является лишь одной из причин, сдерживающих освоение минерально-сырьевой базы титана. Более значимым сдерживающим фактором является отсутствие в стране до недавнего времени (до 2014 г.) производства пигментного диоксида титана, в котором используется 90 % выпускаемых в мире титановых концентратов, в то время как в производстве металлического титана — только 6 %. В связи с этим освоение собственно титановых месторождений ведется очень медленно. Внутреннее потребление титановых концентратов для производства губчатого титана (промежуточного продукта для получения металлического титана и титановых сплавов (ВСМПО-АВИСМА и Соликамский магниевый завод), составляющего порядка 120 тыс. т и пигментного диоксида титана (Крымский завод по производству диоксида титана) — около 250 тыс. т, а также для изготовления сварочных электродов (10 тыс. т), компенсируется главным образом за счет импорта из Украины и других стран.

Добыча диоксида титана в России ведется только попутно, при этом не весь произведенный титановый концентрат направляется на внутренний рынок. На апатит-нефелиновых месторождениях Хибинской группы и Ловозерском месторождении в 2014 г. было добыто 366 тыс. т диоксида титана, но из них произведено лишь 7,3 тыс. т ловозерского лопаритового концентрата, использованного на Соликамском магниевом заводе для получения 2 тыс. т титановой губки, а основная часть добытого диоксида титана (в сфене и титаномагнетите) уходит в хвосты обогащения апатитового производства. На Куранахском месторождении компания ООО «Олекминский рудник» до недавнего времени выпускала ильменитовый концентрат (178 тыс. т в 2014 г.), который поставлялся главным образом в Китай. С начала 2016 г. деятельность предприятия приостановлена в связи с неблагоприятной конъюнктурой и низкими ценами на выпускаемую продукцию на мировом рынке. На Туганском месторождении, наиболее рентабельном и продвинутом в освоении среди российских россыпных объектов, ведется опытно-промышленная добыча с получением около 500 т ильменит-рутил-лейкоксенового концентрата. Таким образом, в 2014 г. на внутренний рынок поступило около 45 тыс. т титановых концентратов, что составляет 12 % от потребностей РФ, но в связи с остановкой добычи на Куранахском месторождении в 2016 г. поставки на внутренний рынок сократятся до 8–9 тыс. т концентратов, что позволит удовлетворить лишь 2,5 % потребностей страны [3]. Учитывая принадлежность титана к категории стратегических полезных ископаемых и двойное назначение получаемых из него материалов, столь масштабная зависимость от импорта титановых концентратов недопустима и требует государственных решений по созданию собственной добычной промышленности.

Наиболее оперативно в технологическом и экономическом отношении могут быть подготовлены россыпные месторождения, при разработке которых получают титановые концентраты хлоридного сорта, подходящие для производства губчатого титана. Первоочередное значение имеет ввод на промышленные объемы добычи и первичной переработки рудных песков Туганского месторождения. Кроме того, требуется сравнительный анализ технико-экономических параметров освоения других россыпных месторождений (Центрального, Бешпагирского, Камбулатского участка, Лукояновского и др.) с целью определения наиболее приемлемых для разработки в современных экономических условиях с учетом особенностей внутреннего рынка и требований потребителей — ОАО «Корпорация «ВСМПО-АВИСМ» и ОАО «Соликамский магниевый завод».

Разработка коренных месторождений титана сопряжена с необходимостью решения технико-технологических проблем. При первичном обогащении руд получают два концентрата — ильменитовый сульфатного сорта, используемый для производства пигментного диоксида титана, и железорудный титаномагнетитовый. Дальнейшая переработка последнего, содержащего более 4 %  $TiO_2$ , в доменном процессе невозможна в связи с образованием вязких титанистых шлаков. Для эффективного передела титаномагнетитового концентрата требуется использование в промышленном производстве комбинированных технологий, сочетающих пирометаллургические и гидрометаллургические методы — бескоксовую переработку концентратов, предварительную металлизацию концентратов и последующую пирометаллургическую переработку, окислительный обжиг с реакционной добавкой. Проведенные исследования в этом направлении дали положительные результаты. Их промышленная апробация откроет дорогу для экономически рентабельного освоения коренных титаномагнетитовых объектов. Первоочередное значение по своим технико-экономическим и логистическим параметрам среди коренных месторождений имеет месторождение Юго-Восточная Гремяха. Привлекательна также австралийская технология переработки титан-магнетитовых руд с низким (6,55 %) содержанием диоксида титана, в которой последовательно используется магнитная сепарация измельченной рудной массы, гидрометаллургический передел получаемого концентрата и производство конечной товарной продукции — синтетического рутила, ванадия и железа [9]. Особняком стоит создание технологии переработки титаносодержащих отходов апатитового производства на хибинских апатит-нефелиновых месторождениях с возможным получением порядка 300 тыс. т/г диоксида титана.

Таким образом, создание мощной отечественной горнодобывающей промышленности, способной обеспечить внутренние и экспортные потребности в титановой продукции базируются на повышении эффективности осваиваемых объектов и, главное, ввод в разработку месторождений Туганское, Центральное, Бешпагирское, Куранахское, Юго-Восточная Гремяха. Для выделения первоочередных из них необходим сравнительный технико-экономический анализ, учитывающий производительность на каждом из них, технологический уровень переработки сырья, количественные и качественные требования отечественных и зарубежных потребителей.

**Вольфрам.** Российская МСБ вольфрама является одной из крупнейших в мире. Запасы металла кат. А+В+С<sub>1</sub> по

состоянию на 01.01.2015 г. составляли 1247,6 тыс. т  $WO_3$ , кат.  $C_2$  — 309,2 тыс. т [4]. По объему их активной части, заключенной в разрабатываемых и подготавливаемых к эксплуатации месторождениях, позволяло России занимать пятое место в мире среди стран-держателей промышленных запасов вольфрама.

Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации учитываются 91 месторождение с запасами вольфрама, в распределенном фонде недр к началу 2015 г. находились 25 объектов. В их числе разрабатываемые месторождения Восток-2 (балансовые запасы по состоянию на 01.01.2015 г. — 16,3 тыс. т триоксида вольфрама) и Лермонтовское (5 тыс. т) в Приморском крае, Спокойнинское (26,1 тыс. т) и Бом-Горхонское (12,9 тыс. т) в Забайкальском крае, осваиваемое месторождение Скрытое и Холтосонское (32,4 тыс. т) в Республике Бурятия. Разрабатываемым также является техногенное Барун-Нарынское месторождение (18,3 тыс. т) в Республике Бурятия, образованное отходами ныне бездействующего Джидинского молибден-вольфрамового комбината. Среди объектов нераспределенного фонда недр числилось крупнейшее в стране Тырнаузское молибден-вольфрамовое месторождение (Кабардино-Балкарская Республика). В 2015 г. была проведена переоценка его запасов, в результате которой они сократились почти на 360 тыс. т  $WO_3$ . В 2016 г. месторождение было лицензировано с балансовыми запасами 209,5 тыс. т триоксида вольфрама. В 2015 г. было лицензировано еще одно крупное месторождение — Кти-Тебердинское (109,9 тыс. т) в Карачаево-Черкесской Республике. По-прежнему не лицензировано достаточно крупное (90,9 тыс. т  $WO_3$ ) Агылкинское месторождение в Республике Саха (Якутия), содержащее богатое (1,3 %  $WO_3$ ) скарновое оруденение — по сочетанию качества и количества руды оно не имеет себе равных, однако находится в неосвоенном районе и пригодно только для подземной отработки.

По структуре и качеству руд российская сырьевая база вольфрама близка к мировой [6]. Руды представлены как шеелитовыми, так и вольфрамитовыми ГПТ. На долю первых после переоценки Тырнаузского месторождения приходится примерно 60 % запасов страны, на долю вторых — около 39 %. Руды обоих типов комплексные: кроме вольфрама, который может быть как основным, так попутным компонентом, они содержат молибден, медь, вистмут, олово, бериллий, золото и др. Основная часть отечественных запасов может обрабатываться только подземным способом.

В течение последних 10 лет средний уровень добычи триоксида вольфрама в России составлял около 4,5 тыс. т в год. В 2014 г. она осуществлялась на шести коренных месторождениях (на двух из них — попутно) и составила почти 4,8 тыс. т, а выпуск вольфрамовых концентратов (в пересчете на триоксид вольфрама) — около 3,4 тыс. т. Еще более 890 т было извлечено из техногенных скоплений. Россия занимает третье место в мире по выпуску вольфрамового сырья (до 2014 г. — второе место), уступая Китаю (в десятки раз) и Вьетнаму.

Отечественное производство вольфрамового сырья не вполне удовлетворяет внутренний спрос на него, к тому же часть концентратов направляется на экспорт, более привлекательный для продуцентов, чем поставки российским потребителям. Недостаток сырья компенсируется его импортом, который в разные годы сильно варьировал,

составляя от первых процентов до 60 % видимого внутреннего потребления. В то же время в последние три года поставки из-за рубежа демонстрируют активный рост, и в 2015 г. превысили показатель 2013 г. более чем в 10 раз.

При этом существенного наращивания отечественной добычи в ближайшие годы не ожидается: два из четырех рудников, действующих на существенно вольфрамовых месторождениях (предприятия, базирующиеся на месторождениях Приморского края (Лермонтовское и Восток-2) с богатыми рудами), в значительной степени исчерпали запасы, а перспективы ввода новых объектов из-за низкого уровня мировых цен на вольфрам не определены. Негативное влияние на освоение вольфрамовых объектов оказывает и состояние инфраструктуры в районах месторождений.

В связи с этим возникает необходимость обнаружения новых месторождений вольфрама для стабильной работы металлургических предприятий. При этом перспективы выявления в этих районах крупных объектов с высококачественным приповерхностным оруденением практически исчерпаны. Это делает актуальной оценку возможностей вовлечения в эксплуатацию известных и потенциальных месторождений с небольшими запасами (тысячи-первые десятки тысяч тонн полезного компонента), которые нередко содержат руды с высоким (более 1 %) содержанием триоксида вольфрама. В соответствии с этим целесообразно проведение работ по выявлению относительно богатого скрытого оруденения в осваиваемых горнодобычных районах. С этой целью ФГБУ «ВИМС» проводит тематические исследования в Приморском районе, направленные на выделение и обоснование площадей прогнозно-минералогических и поисковых работ.

#### **Выводы**

Обзор проблем и перспектив развития, рассмотренных в статье видов сырья, позволяет найти общие для них «болевые точки». При высокой обеспеченности России запасами большинства полезных ископаемых в стране имеется острый дефицит отдельных видов минерального сырья (марганцевые и хромовые руды, титан и др.), потребности в которых не удовлетворяются собственной добычей в связи главным образом с пониженным качеством руд и неиспользованием современных технологий их переработки, а также низким уровнем потребления промышленностью, недостаточностью или отсутствием необходимых перерабатывающих производств, неразвитостью высокотехнологичных отраслей промышленности и, как следствие, низким внутренним спросом на продукцию горнодобывающих производств. Еще одной проблемой геологической отрасли являются низкие темпы ввода в стадию отработки новых месторождений, несоблюдение условий лицензионных соглашений.

Решение большинства проблем на пути эффективного и устойчивого развития отечественного минерально-сырьевого комплекса может быть обеспечено эффективным внедрением в отечественную практику недропользования современных научно обоснованных подходов, передовых методов и технологий поисков, оценки, разведки и освоения месторождений и проведением поисков месторождений с повышенным качеством руд.

Основные рекомендации по эффективному освоению и развитию МСБ сводятся к следующему.

**Железные руды.** В связи с истощением в ближайшей перспективе карьерных запасов железистых кварцитов

Карело-Кольского региона необходимо последовательно подготавливаться к комплексной разработке титано-магнетитовых месторождений с использованием вновь создаваемых технико-технологических решений. В условиях сходной ситуации в Южно-Уральском районе целесообразна подготовка к освоению новых месторождений, в первую очередь Погорельского.

**Хромовые руды.** Значительный дефицит и соответствующий импорт стратегического хромитового сырья требуют существенного увеличения добычных мощностей на основе разработки неосваиваемых месторождений «богатых» руд Урала (Западного и Южно-Сарановского) и крупных объектов бедных железистых руд Карело-Кольского региона. Для эффективного и экономически приемлемого освоения последних необходима разработка промышленных технологий этого труднообогатимого сырья, в т.ч. с использованием финского опыта.

**Марганцевые руды.** Замещение импорта концентратов марганца, составляющего в настоящее время более 90 % от потребностей, в первую очередь связывается с вводом в освоение крупного Усинского и впоследствии Порожинского месторождений, а также с разработкой малых месторождений на основе использования технологий кучного выщелачивания. Кроме того, целесообразно продолжение поисков месторождений с качественными рудами марганца в первую очередь в районах деятельности металлургических центров.

**Титановые руды.** В целях максимально полного обеспечения отечественным сырьем предприятий по производству титановой губки, сплавов и пигментов, работающих в настоящее время главным образом на импортных концентратах, требуется ввод в промышленную разработку в первоочередном порядке россыпных Туганского и Центрального и коренного месторождения Юго-Восточная Гремяха. Для эффективного освоения последнего, как и других объектов сходного типа, необходима разработка и внедрение в производство технологий глубокого передела наряду с получением ильменитовых и титаномагнетитовых концентратов.

**Вольфрамовые руды.** Для покрытия дефицита вольфрамовых концентратов должны быть введены в эксплуатацию Тырныаузский и Холтосонский ГОКи. В целях компенсации быстро убывающих запасов богатых руд добычных предприятий Приморья, в регионе проводятся тематические и поисковые работы по выявлению новых объектов с высококачественными рудами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Архипов, Г.И. Дальневосточная черная металлургия: железорудно-сырьевая база и возможности ее развития / Г.И. Архипов. — Хабаровск, 2005. — 234 с.
2. Быховский, Л.З. Титановое сырье России / Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов // Российский химический журнал. — 2010. — Т. 54. — № 2. — С. 73–86.
3. Быховский, Л.З. Сравнительная геолого-экономическая оценка месторождений титана России / Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов, Е.А. Калиш // Научно-технический журнал «Титан» — 2010. — № 1.
4. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2014 году». — М.: Минприроды, 2015. — 315 с.
5. Железорудная база России / Под ред. Орлова В.П., Веригина М.И., Голивкина Н.И. — М.: Геоинформмарк, 1998. — 842 с.
6. Лаптева, А.М. Минерально-сырьевая база вольфрама: состояние и перспективы развития / А.М. Лаптева // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2015. — № 6. — С. 13–21.
7. Петрушин, А.В. Освоение Североуральского марганцеворудного бассейна / А.В. Петрушин / Состояние марганцеворудной базы Рос-

сии и вопросы обеспечения промышленности марганцем: Матер. Второй Всероссийской науч.-техн. конф. — Екатеринбург, 2003. — С. 110–111.

8. Стратегия развития черной металлургии на период до 2020 года и на перспективу до 2030 года. — М.: Минпромторг России, 2014.

9. TNG Limited. Mount Peake Iron-Vanadium-Titanium Project. TIVAN process. [http://www.tngltd.com.au/projects/mount\\_peake\\_fe\\_v\\_ti/tivan.phtml](http://www.tngltd.com.au/projects/mount_peake_fe_v_ti/tivan.phtml).

© Коллектив авторов, 2016

Ершова Елена Викторовна // vims-ershova@mail.ru  
Зублюк Екатерина Владимировна // vims-zublyuk@mail.ru  
Криштопа Оксана Александровна // krishtopa@vims-geo.ru  
Лаптева Анна Михайловна // lapteva@vims-geo.ru  
Ремизова Людмила Ивановна // remizova@vims-geo.ru  
Руднев Алексей Вячеславович // rud-met@mail.ru

УДК 553.81+553.411(47+57)

**Иванов А.И., Вартанян С.С., Черных А.И.,  
Беневольский Б.И., Голубев Ю.К. (ФГУП «ЦНИГРИ»)**

#### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МСБ АЛМАЗОВ И ЗОЛОТА РОССИИ

*Рассмотрено современное состояние минерально-сырьевой базы (МСБ) алмазов и золота России (на 01.01.2015). Дана характеристика динамики изменения запасов и объемов добычи за последние десять лет. Приведены сведения о количестве прогнозных ресурсов для различных регионов. Обозначены основные проблемы развития МСБ. На основе анализа комплекса данных определены перспективные регионы для проведения дальнейших геологоразведочных работ на алмазы и золото. **Ключевые слова:** алмазы, золото, минерально-сырьевая база, запасы, прогнозныe ресурсы, геологоразведочные работы.*

Ivanov A.I., Vartanyan S.S., Chernykh A.I., Benevol'skiy B.I., Golubev Yu.K. (TSNIGRI)

THE STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES OF DIAMONDS AND GOLD OF RUSSIA

*The current status of the Russian diamond and gold mineral base (MB), as at 01/01/2015, is reviewed. Dynamics of the change in reserves and mine output for the past ten years is characterized. Data on inferred resources for various regions is specified. The main problems of MB development are identified. Based on data set analysis, prospective areas for further diamond and gold geological prospecting are determined. **Keywords:** diamonds, gold, mineral base, reserves, inferred resources, geological prospecting.*

Золото и алмазы являются высоколиквидными и стратегическими видами полезных ископаемых, служат источниками валютных поступлений и все более востребованы в технологичных производствах. Вследствие этого они являются приоритетными при проведении геолого-разведочных работ (ГРП) за счет средств федерального бюджета и недропользователей. Понимание состояния и перспектив развития МСБ алмазов и золота России является важным при разработке стратегии ее развития.

**Алмазы.** В настоящее время Россия занимает первое место в мире по запасам алмазов и их добыче, а по объемам продаж — второе место (около 25 % мировых продаж сырых алмазов в долларовом эквиваленте). Государст-