

Машковцев Г.А., Баканова Т.В. (ФГБУ «ВИМС»),
Руднев А.В. (Роснедра)

МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Статья посвящена проблеме минерально-сырьевого обеспечения отечественной ферросплавной промышленности. В ней рассмотрены состояние производства, экспорта и импорта ферросплавов и ресурсной базы полезных ископаемых. Показан острый дефицит запасов богатых руд марганца и хрома, покрываемый дорогостоящим импортом. Предложены рекомендации по импортозамещению дефицитного сырья путем разработки и внедрения в производство эффективных технологий переработки бедных и упорных руд на ранее разведанных объектах, а также выявление и освоение новых месторождений с экономически приемлемыми параметрами. **Ключевые слова:** ферросплавы, минеральное сырье, технологии обогащения, видимое потребление, экспорт, импорт концентратов и ферросплавов.*

Mashkovtsev G.A., Bakanova T.V. (VIMS), Rudnev A.V. (Rosnedra)
MINERAL RAW MATERIALS FOR FERROALLOY
INDUSTRY

*The article is devoted to the problem of mineral resources supplies of the domestic ferroalloy industry. It examines the state of production, export-import of ferroalloys and its mineral resource base. The heavy deficit of reserves of rich manganese and chromium ores covered by expensive imports is shown. Recommendations on import substitution of scarce raw materials through development and implementation of effective technologies of poor and persistent ores processing at the previously explored deposits, and also revealing and development of new economically acceptable deposits are offered. **Keywords:** ferroalloys, mineral raw materials, ore-dressing technologies, visible consumption, export, import of concentrates and ferroalloys.*

Отечественная металлургия производит более 100 видов ферросплавов общим объемом более 2 млн т при их расходе на тонну выплавляемой стали порядка 30 кг. В дальнейшем их использование будет последовательно нарастать в связи с постоянным ростом востребованности более качественных сталей.

Наиболее широкое — большеобъемное — производство и применение имеют ферросилиций (50 % от общего объема ферросплавов), ферромарганец и ферросиликомарганец (25 %), феррохром и ферросиликохром (17 %), совокупно составляющие более 90 %

всего выпуска сплавов. В существенно меньших объемах производятся и потребляются ферросплавы титана, ниобия, молибдена, вольфрама, ванадия, никеля и др. Основное внимание в статье уделено минерально-сырьевому обеспечению наиболее востребованных видов сплавов.

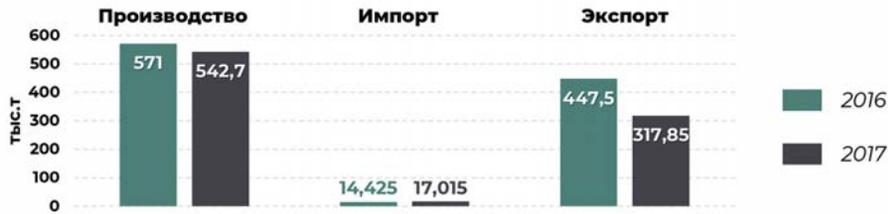
Ферросилиций применяется в качестве легирующей добавки для производства изделий с повышенной упругостью — пружин, рессор, конструкционных и инструментальных сталей. В общем объеме российского производства и экспорта сплавов он стабильно занимает лидирующие позиции. Ферросилиций производится на Братском, Серовском, Кузнецком и Челябинском заводах с общим объемом в 2017 г. 543 тыс. т, при этом видимое потребление внутри страны составляет порядка 240 тыс. т, остальной объем сплава экспортируется в Японию, Нидерланды, Южную Корею и другие страны дальнего зарубежья (рис. 1). Минерально-сырьевая база кварцитов и железа в РФ, из которых выплавляется ферросилиций достаточно велика, однако далеко не на всех кварцитовых месторождениях можно получить необходимый по чистоте концентрат с содержанием кремния 99,9 %.

Марганцевые ферросплавы относятся к наиболее востребованным из группы с большим объемом производства и потребления. В 2017 г. выпуск ферромарганца российскими предприятиями увеличился по сравнению с 2016 г. на 25 %, а ферросиликомарганца — на 29,5 %; общий объем ферросплавов марганца составил 463 тыс. т. Однако для полного удовлетворения потребностей отечественной металлургии, составляющей порядка 580 тыс. т, дополнительно к собственному производству ежегодно импортируется около 190 тыс. т ферросплавов (рис. 2).

При столь значительном потреблении отечественное производство товарных руд и концентратов практически отсутствует при собственной крупной минерально-сырьевой базе марганца, а ферросплавное производство в РФ целиком базируется на импорте исходного сырья из ЮАР, Казахстана и других стран. Причина столь негативной ситуации связана с тремя проблемами — пониженным качеством руд марганца, отсутствием промышленной технологии их переработки и недостатками в управлении использования МСБ.

Общие балансовые запасы марганцевых руд в РФ (А, В, С₁ и С₂) составляют порядка 230 млн т, прогнозные ресурсы Р₁ и Р₂ — 37 млн т, Р₃ — 615 млн т [1]. Запасы и прогнозные ресурсы марганца сосредоточены на 29 месторождениях, трех основных геолого-промышленных типов — карбонатного, окисленного и смешанного (табл. 1). Кроме того, известно крупное (60 млн т — Р₁) Утхумское силикатно-марганцевое рудопоявление сульфидных руд в Якутии (С_{Mn}~40 %), а также многочисленные скопления железомарганцевых

Производство и потребление



Баланс потребления и производства ферросилиция



Производители ферросилиция в России

Братский завод
Серовский завод
Кузнецкий завод ферросплавов
Челябинский АО ферросплавов

Структура экспорта ферросилиция

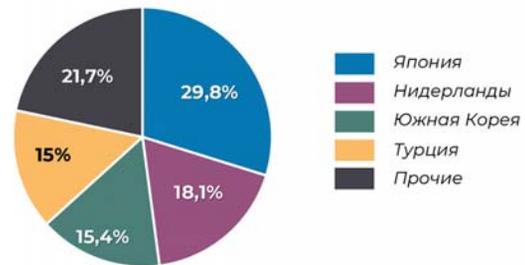


Рис. 1. Производство и потребление ферросилиция

Производство и потребление



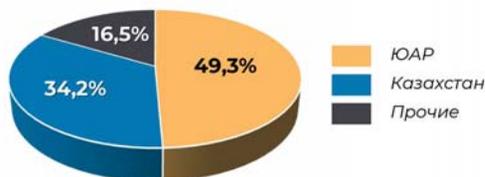
Баланс потребления и производства ферромарганца



Сырье для производства марганцевых ферросплавов

Руды и концентраты

Структура импорта



Марганцевые руды и концентрат



Рис. 2. Производство и потребление ферросплавов марганца

Таблица 1
Основные месторождения марганца

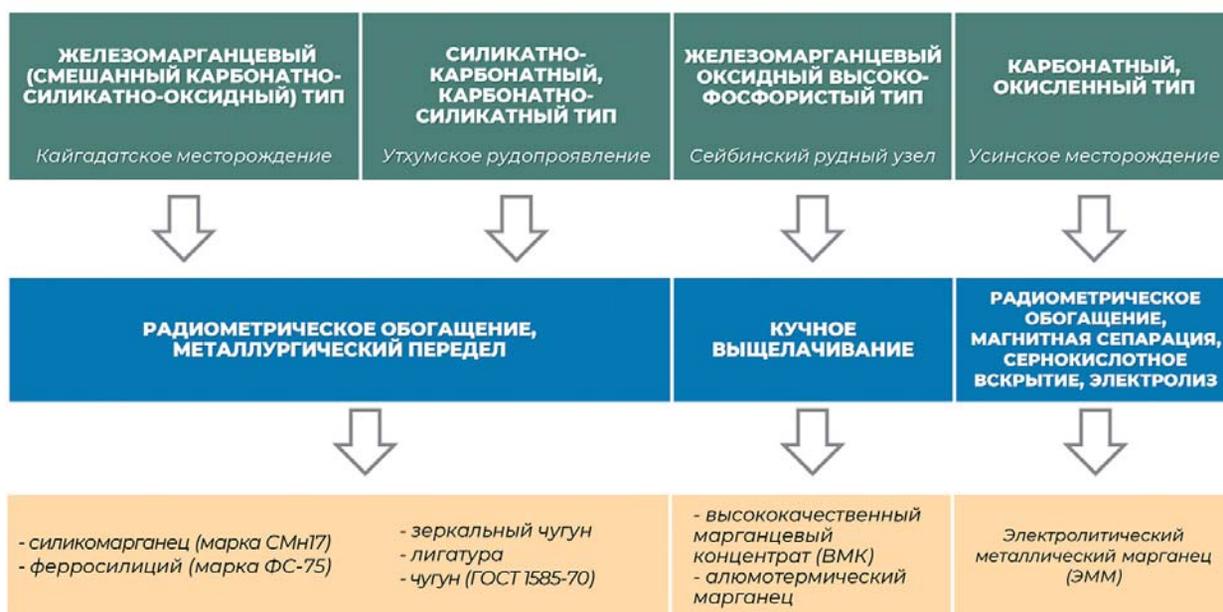
№	Месторождение (субъект РФ)	Геолого-промышленные типы руд	Запасы, тыс. т ABC ₁ +C ₂	Доля в запасах РФ, %	Среднее содержание Mn в рудах, %
Распределенный фонд					
1	Усинское (Кемеровская обл.)	Карбонатные	121685	52,9	19,72
		Окисленные	6011	2,6	25,57
2	Южно-Хинганское (Еврейская АО)	Окисленные	127	0,06	18,09
		Смешанные	8097	3,5	20,88
		Оксидные	666	0,3	21,09
3	Парнокское (Республика Коми)	Карбонатные	1007	0,4	30,47
		Окисленные	1003	0,4	31,62
Нераспределенный фонд					
4	Порожинское (Красноярский край)	Окисленные	29463	12,8	18,85

руд океанического и морского дна [4]. Основной марганцевый потенциал сосредоточен в Усинском, Порожинском, Южно-Хинганском, Парнокском месторождениях и Североуральской группе (Ивдельское, Марсятское и др.) месторождений. Однако последним свойственно глубокое залегание (за исключением Тыньинского месторождения), что исключает возможность их освоения карьерами. Остальные месторождения марганца имеют два недостатка — карбонатный, технологически упорный тип руд на наиболее крупном Усинском объекте и низкое содержание металла в рудах (20–25 %) практически всех, кроме Парнокского (30 %), месторождений. Кроме них, на юге Красноярского края имеется ряд оцененных и разведанных небольших по масштабам месторождений марганца с пониженным

качеством руд (15–20 % Mn) и повышенными концентрациями фосфора (>0,3 %), недопустимыми для использования в металлургии. В то же время качественные недостатки руд, до настоящего времени сдерживающие освоение месторождений, вполне преодолимы с применением современных технологий переработки сырья. ФГБУ «ВИМС» была проведена технологическая оценка основных геолого-промышленных марганцевых руд российских месторождений (рис. 3).

Передел карбонатных руд базируется на предварительном радиометрическом обогащении и получении концентрата с содержанием 35–40 %, с последующим применением гидрометаллургии и электролиза и получением металлического марганца, легко преобразуемого в ферромарганец. Для смешанных силикатно-карбонатных руд ВИМСом разработана двухстадийная технология, предусматривающая первоначальную выплавку из природного сырья марганцевого шлака, на основе переработки которого получается востребованный рынок силикомарганец марки СМН-17.

Лабораторным перколяционным способом выщелачивания получен высокомарганцевый концентрат (ВМК) с содержанием металла порядка 60 % из бедной руды сейбинского типа с повышенным содержанием



Применение промышленных технологий эффективной переработки низкокачественных марганцевых руд с содержанием полезного компонента менее 25 % успешно реализовано в Китае

Рис. 3. Технологии переработки марганцевых руд

фосфора, мышьяка, которая не пригодна для переработки традиционным способом. В настоящее время институтом производятся укрупненные испытания (проба 15 т) технологии кучного выщелачивания из бедных окисленных руд Козинской группы (Красноярский край). Ожидаемый положительный результат откроет дорогу для эффективного освоения целой группы объектов южных регионов Сибири и Урала.

Среди названных месторождений основными являются Усинское и Порожинское, тогда как Парнокское имеет слишком малые запасы — около 2 млн т, а Южно-Хинганское осваивается китайской компанией.

Наиболее подготовлено к разработке Усинское месторождение в Кемеровской области с запасами карбонатных руд 121,6 млн т и окисленных — 6 млн т. Проект освоения объекта разработан с годовой производительностью по руде — 700 тыс. т, концентрату — 500 тыс. т и металлическому марганцу, легко преобразуемому в ферросплав — 80 тыс. т. В переработке руд предусматривается применение радиометрического обогащения по технологии ВИМСа (до 40 % Mn концентрата) и последующий передел концентрата электролитическим способом с получением металла на специальном предприятии в Хакасии. Однако недропользователь — ЗАО «Чек-СУ.ВК», которое более чем 10 лет подготавливало месторождение к освоению, по инициативе кредиторов в 2016 г. было объявлено банкротом. В интересах государства и металлургической отрасли необходимо вернуться к разработке этого крупного объекта, но проектная мощность запланированного производства (400 тыс. т) сможет дать лишь 40 % требуемого объема концентрата. Поэтому в ближайшее время целесообразна оперативная подготовка к разработке Порожинского месторождения, имеющего 28 млн т запасов окисленных марганцевых руд с содержанием металла около 19 %. Кроме того, перспективным направлением по импортозамещению товарных руд и концентратов марганца является также освоение малых месторождений юга Красноярского края и Урала. Однако с учетом пониженных содержаний Mn и повышенных концентраций попутных вредных компонентов (фосфора и др.) на каждом из объектов необходимо проведение натурных опытов кучного выщелачивания металла для обоснования регламента промышленного передела руд, учитывающего все особенности конкретных месторождений.

Наряду с реализацией мероприятий по освоению ранее выявленных и оцененных объектов необходимо продолжить поиски месторождений с экономически приемлемыми параметрами руд, главными из которых являются повышенное (до 30 % Mn и более) содержание марганца в его окисленных скоплениях. Перспективы обнаружения подобных объектов имеются в восточных предгорьях Полярного Урала и на юге Сибири, где их поиски будут сопряжены с необходимостью изучения бурением перекрытых неоген-четвертичными отложениями марганценосных формаций.

Объем получения *феррохрома* в России, производимого на уральских Серовском, Челябинском и Ключевском заводах и Тихвинском в Ленинградской области в 2017 г. составил 364 тыс. т, из которых 104 тыс. т используется внутри страны, а остальная часть экспортируется (рис. 4). Однако потребляемые отечественные товарные руды и концентраты составляют лишь 40 %, остальное исходное сырье в количестве 867 тыс. т импортируется из Республики Казахстан и Южной Африки. Главной причиной неполного использования российской МСБ является низкое качество руд и отсутствие промышленной технологии их эффективной переработки.

Минерально-сырьевая база хромитов РФ невелика и составляет 52 млн т А, В, С₁ и С₂, прогнозных ресурсов Р₁ и Р₂—352 млн т и Р₃—170 млн т [1]. Ее основными месторождениями являются Центральное и Западное (ЯНАО), Главное Сарановское и Южно-Сарановское (Пермский край), Аганозерское (Республика Карелия) и Сопчеозерское (Мурманская обл.) (табл. 2). В настоящее время разрабатывается месторождение Центральное (производство в 2017 г. 300 тыс. т) с остаточными запасами 3,5 млн т и содержанием Cr₂O₃ 37,7 %, и Главное Сарановское (106 тыс. т) — 4,4 млн т и 39 %. Общий объем производства товарных руд в РФ составляет 405 тыс. т. Экономически приемлемыми параметрами хромитов обладают подготовленные к освоению месторождения Западное, расположенное в непосредственной близости от Центрального — 2,9 млн т запасов руд с содержанием 39,07 % Cr₂O₃, и Южно-Сарановское — 2,8 млн т и 37,7 %. Однако разрабатываемые и резервные запасы относительно богатых руд будут сработаны за 14–15 лет, что еще более увеличит объем дорогостоящего импорта.

Более половины общероссийских запасов хромитов сосредоточено на месторождении Аганозерское с запасами 26,6 млн т и содержанием триоксида хрома 22,65 % и Сопчеозерском — 9,5 млн т и 25,78 %. Однако до настоящего времени эти объекты не разрабатываются в связи с пониженным содержанием полезного компонента, неблагоприятным высоким соотношением железа к хрому (>3) и отсутствием промышленной технологии эффективного передела руд.

ВИМСом совместно с ЦНИИчерметом разработана технология переработки бедных хромитовых руд с негативным соотношением железа и хрома, которая включает: рентгенорадиометрическое обогащение → получение некондиционного концентрата Cr₂O₃/FeO<3 → его обжиг-магнитная переработка → получение хромового концентрата Cr₂O₃/FeO>3 → электроплавка → конечный продукт — низкоуглеродистый феррохром Cr > 65 %, C < 0,5 ГОСТ 4757–91. Подобная технология применена и для передела высокоглиноземистых хромовых руд с получением чардж-хрома с содержанием металла около 65 % (ГОСТ 4757–91), который является вполне востребованным продуктом для металлургии. Промышленная технология переработки хромитовых руд со сходными параметрами успешно используется на финском

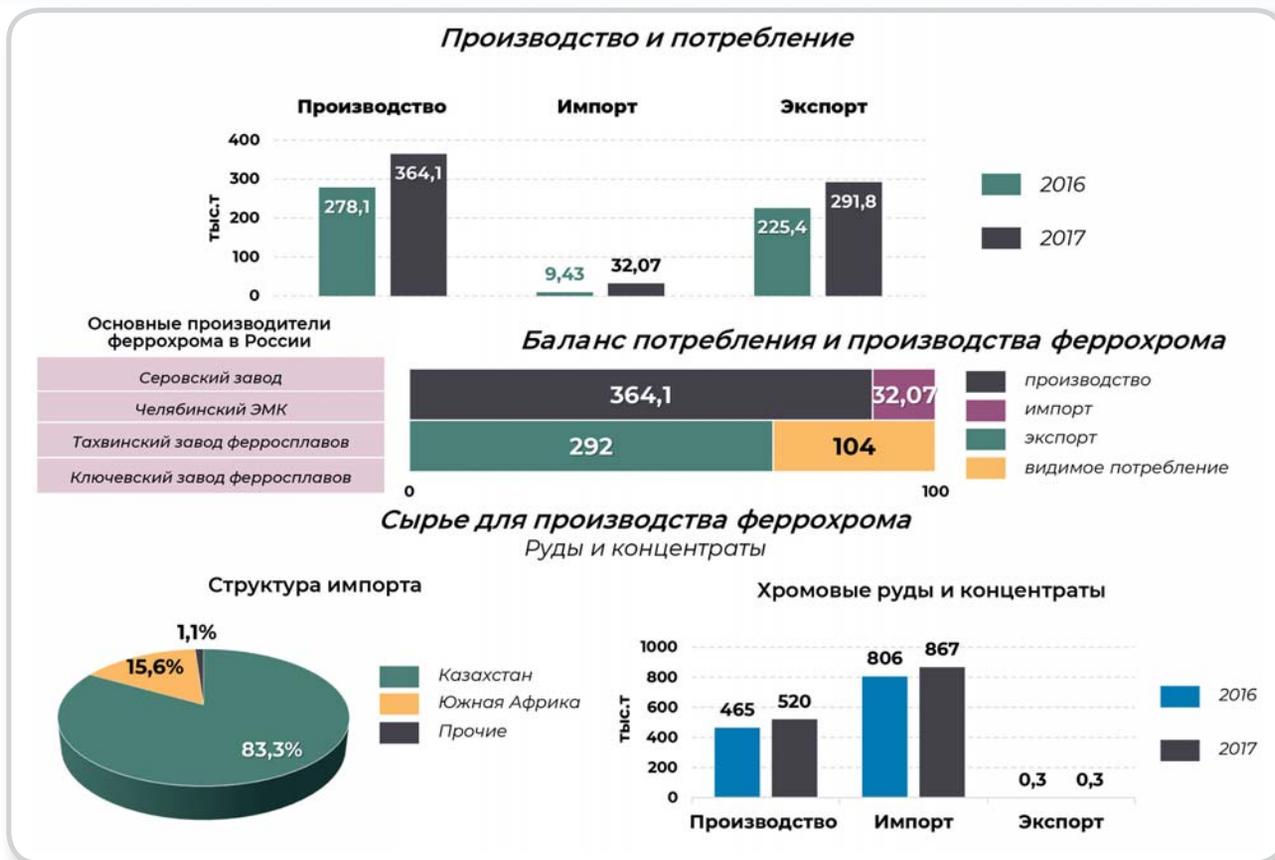


Рис. 4. Производство и потребление феррохрома

месторождении Кеми. При определенной корректировке, отвечающей минералого-технологическим особенностям аганозерских и сопчезерских руд, эта финская технология вполне применима для освоения отечественных объектов.

В то же время для расширения и улучшения качественных параметров МСБ хромитов необходимо активное развитие геологоразведочных работ по реализации их большого прогнозного потенциала. Только на флангах Аганозерского рудного узла сосредоточено около 80 млн т прогнозных ресурсов P_1 . На перспективных площадях Полярного Урала уже ведутся поиски месторождений богатых (более 37 % Cr_2O_3) руд.

Таблица 2
Основные месторождения феррохрома

№	Месторождение	Запасы, тыс. т ABC_1+C_2	Доля в запасах РФ, %	Среднее содержание Cr_2O_3 в рудах, %
Распределенный фонд				
1	Центральное	3467	6,7	37,73
2	Западное	2900	5,6	39,07
3	Главное Сарановское	4429	8,5	39
4	Южно-Сарановское	2862	5,5	37,67
5	Аганозерское	26588	51	22,65
Нераспределенный фонд				
6	Сопчезерское	9514	18,3	25,68

Кроме того, необходимо оценить промышленную хромианосность ультраосновных массивов Бурятии, Тувы и Южной Якутии, где ранее были выявлены проявления хромшпинелидов.

Основным потребителем *ферромолибдена* является черная металлургия, которая использует его для производства легированных, коррозионно устойчивых сталей (>50 %). Годовой объем производства ферросплава составляет 6,8 тыс. т, при этом более 5 тыс. т экспортируется; 5 тыс. т сплава получают на Сорском ферросплавном заводе из сырья одноименного месторождения, 1,8 тыс. т — из импортного (рис. 5). Малообъемное использование отечественного молибденового сырья определяется ограниченностью внутреннего спроса и значительной сложностью выхода продукции на мировой рынок, что не соответствует значительным масштабам его отечественной минерально-сырьевой базы [1].

МСБ молибдена — 2,1 млн т суммарных запасов, 1,09 млн т прогнозных ресурсов P_1+P_2 и 2,4 млн т — P_3 . Месторождения Мо принадлежат двум геолого-промышленным типам: штокверковому собственно молибденовому — Сорское, Агаскырское, Жирекенское, Бугдаинское, Орекитканское и другие, и медно-порфиоровому — Ак-Сугское, Песчанка, Малмыжское (табл. 3), в рудах которых наряду с молибденом присутствуют медь, золото, серебро и другие компоненты. Кроме того, в значимых концентрациях (около 0,1 %) Мо присутствует в урановых рудах Стрельцовского

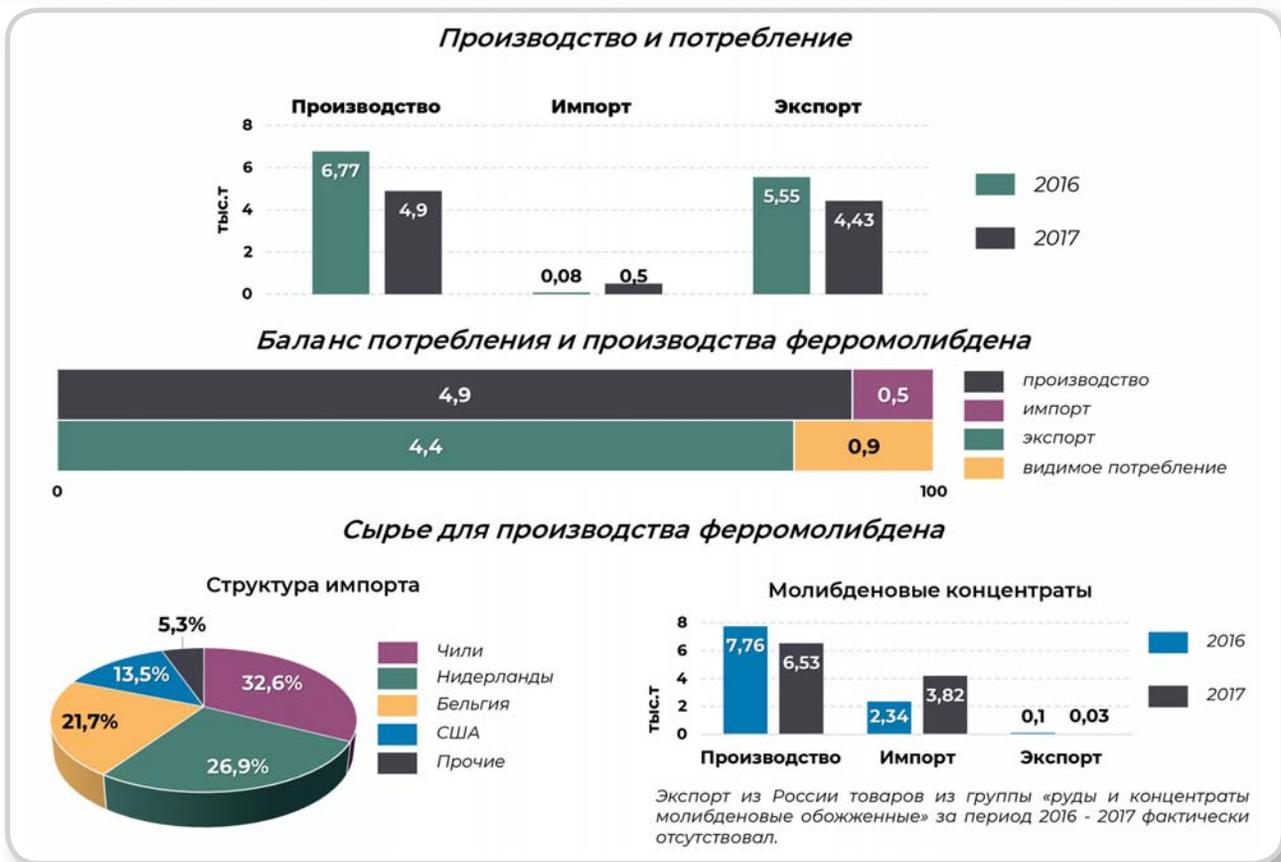


Рис. 5. Производство и потребление ферромolibдена

рудного поля (Забайкалье) и Эльконского района (Якутия). Однако в настоящее время в связи с низкой востребованностью металла и его сплавов обрабатывается лишь крупное месторождение Сорское, в остаточных рудах которого содержание молибдена составляет лишь 0,04–0,06 %. При этом в 2016 г. остановлена разработка Жирекенского месторождения, с добычным комплексом которого сопряжен ферросплавный завод. Не осваиваются также собственно молибденовые Бугдаинский и Орекитканский объекты. В то же время на медно-порфировом комплексном месторождении Ак-Сугское в 2022 г. планируется ввод в работу карьера с годовой добычей 18,5 млн т руды и получением на фабрике медного концентрата с золотом и серебром и молибденового с рением. В перспективе крупнейший объект Песчанка (Чукотка), также являющийся комплексным, наряду с получением при разработке большого объема концентратов благородных металлов и меди, способен по-

крыть любые внутренние потребности в молибдене и обеспечить лидирующие позиции РФ на мировом рынке.

По производству металлургической *титаносодержащей продукции* Россия занимает одно из ведущих мест в мире. В последние годы основные производители ферротитана, в том числе ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» и ЗАО «Зубцовский машиностроительный завод», для получения высокопроцентного сплава

Таблица 3
Основные месторождения молибдена

№	Месторождение	Геолого-промышленный тип	Запасы, тыс. т ABC ₁ +C ₂	Доля в запасах РФ, %	Среднее содержание в рудах, %
Распределенный фонд					
1	Сорское	Штокверковый молибденовый	99,6	4,7	0,06%
2	Агаскырское	Штокверковый молибденовый	155,3	7,3	0,05%
3	Жирекенское	Штокверковый молибденовый	61,6	3	0,11%
4	Бугдаинское	Штокверковый молибденовый	599,7	28	0,08%
5	Коклановское	Штокверковый молибденовый	155,7	7,3	0,082
6	Южно-Шамейское	Штокверковый молибденовый	60,5	2,8	0,07
7	Ак-Сугское	Медно-порфиновый	77,9	3,6	0,015
8	Песчанка	Медно-порфиновый	98	4,6	0,023
Нераспределенный фонд					
9	Лобаш	Штокверковый молибденовый	127,6	6	0,069
10	Мало-Ойногорское	Штокверковый молибденовый	154,9	7,4	0,051
11	Орекитканское	Штокверковый молибденовый	360,5	17	0,099

практически полностью отказались от природного сырья и используют титаносодержащие отходы машиностроительных и металлургических предприятий. При выплавке низкопроцентного ферротитана Ключевской завод все-таки использует концентрат, полученный из титановых руд (рис. 6).

В том и другом случаях исходной основой широкого спектра титаносодержащей продукции, включающей ферросплавы, титановую губку, пигментный концентрат и другие, является одна из крупнейших в мире минерально-сырьевая база РФ титана, в которой суммарные запасы всех категорий (А, В, С₁ и С₂) составляют 601,2 млн т TiO₂, прогнозные ресурсы Р₁–Р₂ — 833,6 тыс. т, Р₃ — 194,4 тыс. т [2]. Основные месторождения титана принадлежат ильменит-титаномагнетитовому геолого-промышленному типу — Юго-Восточная Гремяха, Кручининское, Куранахское,

Таблица 4
Основные месторождения титана

№	Месторождение	Геолого-промышленный тип	Запасы, тыс. т ABC ₁ +C ₂	Доля в запасах РФ, %	Среднее содержание TiO ₂ в рудах, %, кг/м ³
Распределенный фонд					
1	Ярегское	Лейкоксен-кварцевые нефтеносные песчаники	278654	46,4	10,44 %
2	Медведевское	Ильменит-титаномагнетитовый	30209	5	7,03 %
3	Большой Сэйим	Ильменит-титаномагнетитовый	22462	3,7	7,67 %
4	Ловозерское	Лопаритовый	8355	1,4	1,29 %
5	Туганское	Россыпной циркон-рутил-ильменитовый	2501	0,4	19,69 кг/м ³
Нераспределенный фонд					
6	Юго-Восточная Гремяха	Титаномагнетит-ильменитовый	49794	8,3	8,55 %
7	Кручининское	Апатит-ильменит-титаномагнетитовый	50019	8,3	8,39 %
8	Бешпагирское	Россыпной циркон-рутил-ильменитовый	528	0,1	24,73 кг/м ³
9	Центральное	Россыпной циркон-рутил-ильменитовый	6396	1,1	24,06 кг/м ³

Медведевское, Большой Сейим и другие, россыпному — Центральное, Бешпагирское, Лукояновское, Туганское и другие, и лопаритовому — Ловозерское. Особняком стоит крупнейшее Ярегское месторождение в слаблитофицированных лейкоксен-кварцевых

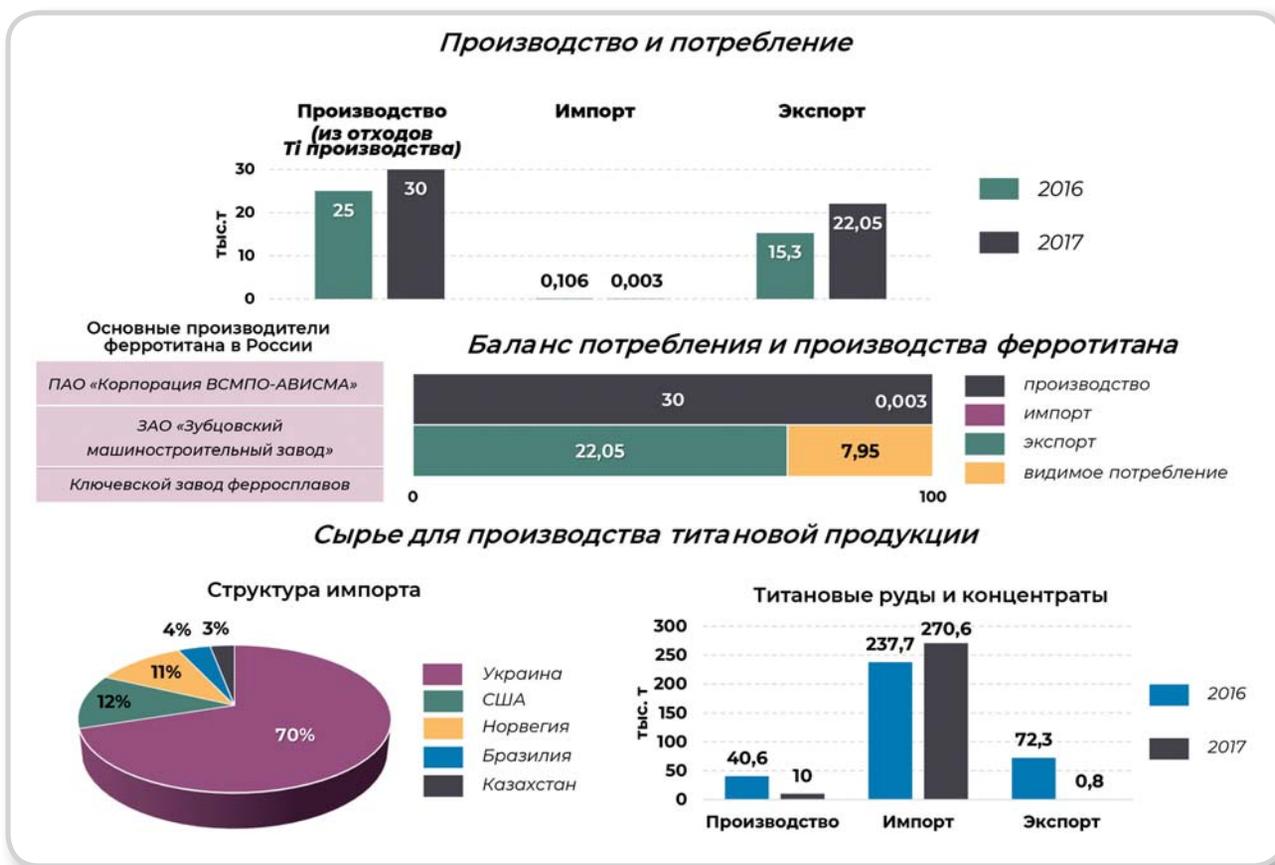


Рис. 6. Производство и потребление ферротитана

нефтеносных песчаниках (табл. 4). Однако за исключением Ловозерского месторождения ни один объект не разрабатывается.

В то же время потребности в РФ в титановом сырье весьма высоки — металлургия, в т.ч. титановая губка, требует порядка 100–110 тыс. т TiO_2 , производство пигмента на вновь обретенном Россией Крымском заводе — более 100 тыс. т, производство электродов — порядка 10 тыс. т [2]. Современное производство TiO_2 в концентрате из лопаритов на Соликамском магниевом заводе составляет лишь 2,2 тыс. т в год. Остальной требуемый объем сырья импортируется главным образом из Украины. Главной причиной практически полного отсутствия добычной титановой промышленности являются качественные недостатки минерального сырья, а также недостатки управления недропользованием.

Основным недостатком титан-магнетитовых месторождений, которые составляют основную (более 80 %) часть МСБ титана, является отсутствие промышленной технологии переработки титан-магнетитового концентрата, получаемого наряду с ильменитовым при первичной сепарации руд [5]. Последний является прекрасным исходным сырьем для производства пигментного концентрата и различных материалов металлургического профиля. В современной металлургии использование титан-магнетитового концентрата серьезно осложняет доменную плавку, и до настоящего времени он остается промышленным отходом, что существенно повышает себестоимость получения титановой продукции и снижает инвестиционную привлекательность месторождений данного геолого-промышленного типа. Разработка Ярегского гиганта также сдерживается отсутствием в РФ и в мире в целом эффективной промышленной технологии переработки лейкоксеновых руд.

В силу отмеченных негативных причин добыча титана у нас практически отсутствует. Первоочередной задачей импортозамещения может явиться промышленная разработка россыпного Туганского месторождения, уже более десяти лет находящегося в режиме опытно-промышленной эксплуатации, но в соответствии с проектом разработки способного производить 60 тыс. т ильменитового концентрата в год, что позволит покрыть дефицит сырья на 20 %. Ввод в освоение Центрального, Бешпагирского и других россыпных объектов еще более снизит зависимость от импорта.

Другой важнейшей задачей является разработка промышленной технологии передела низкотитанистого (3–4 % TiO_2) титан-магнетитового концентрата с пирогидрометаллургической переработкой, получением низкотитанистого шлака и конечного продукта — ферротитана. Создание подобной промышленной технологии откроет дорогу для эффективного освоения крупных эндогенных титаномагнетитовых месторождений Юго-Восточная Гремяха, Большой Сейим и др.

Весьма актуальной геологоразведочной задачей является выявление и оценка высокотитанистых, существенно ильменитовых объектов типа месторождения

Ариадна (Приморье). В настоящее время уже проводятся прогнозные исследования на перспективных на этот тип руд структурах Карело-Кольского региона на юге Якутии и на Дальнем Востоке. Решение технологических и геологоразведочных задач позволит существенно улучшить качественные показатели МСБ титана РФ и повысить инвестиционную привлекательность ее объектов.

Производство *феррониобия*, являющегося универсальной добавкой к низколегированным высокопрочным сталям для нефте- и газопроводов, строительных конструкций и машиностроения, в России отсутствует, и этот высоко востребованный и дорогостоящий сплав в полном объеме порядка 5 тыс. т в год импортируется из Бразилии (около 90 %) и из других стран (рис. 7).

В то же время отечественная минерально-сырьевая база ниобия достаточно велика и представлена большим количеством редкометалльных комплексных месторождений [1]. Основное значение в МСБ имеют крупные объекты кор выветривания карбонатитов — Томторское, Чуктуконское, Белозиминское, а также нефелиновых сиенитов с лопаритом — Ловозерское, Большетагнинское (табл. 5).

Кроме того, в Сибирском регионе ранее выявлены и оценены месторождения меньшего масштаба, в рудах которых присутствуют, наряду с ниобием, тантал, редкие земли, уран и другие — Зашихинское, Катугинское, Улуг-Танзекское и целый ряд других. Первостепенное значение для освоения имеет одно из крупнейших в мире Томторское месторождение в Якутии, в рудах которого, наряду с ниобием, в промышленных концентрациях присутствуют редкие земли и скандий. Только на участке Буранный, подготавливаемом к разработке, содержание в рудах Nb_2O_5 составляет около 4 %, что существенно превышает соответствующие параметры бразильского месторождения Араша — мирового лидера, закрывающего более 80 % мирового потребления ниобия. Эти руды по своим качественным параметрам по существу представляют собой природный концентрат, экономически выдерживающий транспортировку на большие расстояния к местам его глубокой переработки. На подготавливаемом к освоению Буранном участке сосредоточена лишь небольшая часть запасов (табл. 5), основная их часть связана с сопредельными Северным и Южным участками, где содержания Nb_2O_5 имеют более низкий уровень. По предварительным расчетам только освоение одного Буранного участка позволит на десятилетия закрыть потребности страны, в т.ч. ферросплавного производства, в ниобии, а также в редких землях и скандии.

Важнейшим компонентом производства качественных сталей является *феррованадий*, производство которого составляет более 12 тыс. т в год, что практически полностью используется отечественной металлургией. Минерально-сырьевая база ванадия велика и представлена главным образом титан-магнетитовыми месторождениями, в рудах которых он присутствует в качестве



Рис. 7. Производство и потребление феррониобия

попутного компонента с содержаниями 0, n %. Кроме того, ранее выявлено и разведано в Карелии Среднепадминское месторождение, которое является собственно ванадиевым (2,7 %), а в качестве попутных компонентов установлены уран и золото. Однако главным источником современного производства ферросплава являются ванадиевые шлаки, получаемые при металлургическом переделе титаномагнетитовых руд. В частности, на Качканарском и Гусевогорском титан-магнетитовых месторождениях выплавка чугуна и стали сопровождается получением ванадиевых шлаков с содержанием металла порядка 20 %, которые и используются для производства всего необходимого объема феррованадия. Очевидно, что этот источник в настоящее время и на перспективу способен полностью обеспечить потребности металлургии в ванадиевом ферросплаве.

В небольших объемах отечественная металлургия производит 3 тыс. т *ферровольфрама*, который придает качественным инструментальным сталям особые прочностные свойства, од-

нако около 2 тыс. т из него экспортируется. МСБ вольфрама велика и составляет по сумме запасов всех категорий 1,3 млн т. Ее основную часть представляют месторождения скарнового шеелитового промышленного типа — Тырнаузское (Кабардино-Балкарская Республика), Восток-2 и Лермонтовское (Приморский край), Агылкинское (Республика Саха (Якутия)) и др. [1]. Наиболее крупное из них — Тырнаузское (209,5 тыс. т запасов WO_3) имеет низкие (0,44 %) содержания триоксида вольфрама, и в настоящее время

Таблица 5
Минерально-сырьевая база ниобия РФ

№	Месторождение	Геолого-промышленный тип	Доля в запасах РФ, %	Содержание в рудах Nb_2O_5
Распределенный фонд				
1	Ловозерское	Нефелиновые сиениты с лопаритом	22,9	0,24 %
2	Катугинское	Коренной циркон-пирохлор-криолитовый	8,79	0,35 %
3	Томторское	Остаточная кора выветривания карбонатитов с пирохлором	17,68	3,99 %
Нераспределенный фонд				
4	Чуктуконское	Остаточная кора выветривания карбонатитов с пирохлором	6,4	0,74 %
5	Большеетагинское	Нефелиновые сиениты с лопаритом	5,88	0,98 %
6	Белозиминское	Карбонатиты (силикатные метасоматиты)	33,61	0,35 %

подготавливается к разработке лишь один небольшой по масштабам участок. Активно осваиваются лишь три месторождения — Спокойненское (Забайкальский край) с содержанием WO_3 0,22 %, а также Лермонтовское и Восток-2 с богатыми рудами: 2,46 и 4,4 % соответственно; суммарная добыча в РФ триоксида вольфрама составляет 3,5 тыс. т. В соответствии с современными параметрами производства концентрата богатые руды будут погашены в течение 7–10 лет. Поэтому уже в текущий период необходим разворот поисков новых месторождений вольфрама в Приморье, где имеются перспективы выявления скрытых объектов типа Лермонтовское и Восток-2.

Ферроникель — важнейший сплав для производства жаропрочных и нержавеющей сталей. В связи со значительным падением в последние десятилетия спроса на специальную стальную продукцию производство ферроникеля составляет несколько тысяч тонн в год, причем около 2 тыс. т сплава экспортируется. Россия занимает ведущие позиции в мире по производству и экспорту черного и рафинированного металлического никеля. Никель используется также в производстве других материалов — электрооборудования, катализаторов и т.п. В ближайшем будущем спрос на никель существенно вырастет как в мире, так и в РФ в связи с его использованием для производства «батарейных» материалов — основных компонентов аккумуляторов электромобилей и энергоустановок ВИЭ.

МСБ никеля РФ достаточно велика и составляет только в разрабатываемых эндогенных объектах порядка 7,5 млн т металла, что ставит ее в один ряд с ведущими по этому виду сырья странами мира — Филиппинами, Австралией, Канадой и др. [1]. Основная часть запасов РФ сосредоточена в сульфидных медно-никелевых месторождениях Норильского и Печенгского районов, эксплуатируемых ПАО «ГМК «Норильский никель». Значительный резерв никелевого сырья связан с уральскими месторождениями латеритных силикатных никель-кобальтовых руд — Серовским, Буруктальским, Точильногорским и др. При близких к сульфидным объектам содержаниям металла в рудах латеритные месторождения являются по-

верхностными, пригодными для карьерной отработки и для кучного и скважинного выщелачивания. Таким образом, МСБ никеля РФ способна обеспечить весь спектр потребностей, в т.ч. ферросплавного производства на многие десятилетия.

В *заключение* следует отметить, что отечественная минерально-сырьевая база молибдена, ниобия, ванадия, никеля в количественном и качественном отношении вполне приемлема для долгосрочного производства ферросплавов, что обеспечит их полное импортозамещение и возможный рост объемов выпускаемых сплавов на перспективу. МСБ марганца, хрома, вольфрама свойственно пониженное качество руд ведущих объектов, а для эндогенных титановых объектов — весьма сложный минеральный состав оруднения. Для решения этих проблем требуются: разработка и внедрение в промышленность высокоэффективных технологий переработки труднообогатимых, бедных и рядовых руд с одной стороны, а с другой — активное развитие геологоразведочных работ по выявлению и оценке новых объектов с приемлемыми технологическими и экономическими параметрами освоения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации 2016–2017 гг. — М., ВИМС, 2018.
2. 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.
3. Машковцев, Г.А. Перспективы освоения комплексных ниобий-тантал-редкоземельных месторождений России / Г.А. Машковцев, Л.З. Быховский, Л.И. Ремизова, О.С. Чеботарева // Разведка и охрана недр. — 2011. — № 6. — С. 9–13.
4. Минеральные ресурсы Мирового океана: концепция изучения и освоения (на период до 2020 г.). — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2007.
5. Пахомов, Ф.П. Титаномагнетитовые месторождения России: минерально-сырьевая база, перспективы освоения и комплексного использования / Ф.П. Пахомов, Л.П. Тигунов, Л.З. Быховский. — М.: ВИМС, 2010. — 137 с.

© Машковцев Г.А., Баканова Т.В., Руднев А.В., 2019

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@vims-geo.ru
Баканова Татьяна Владимировна // bakanova@vims-geo.ru
Руднев Алексей Вячеславович // arudnev@rosnedra.gov.ru