

УДК 339.13:669.28

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОЛИБДЕНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

Боярко Григорий Юрьевич¹,
gub@tpu.ru

Хатьков Виталий Юрьевич^{1,2},
V.Khatkov@adm.gazprom.ru

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

² ПАО «Газпром»,
Россия, 196143, г. Санкт-Петербург, пл. Победы, 2.

Актуальность работы обусловлена необходимостью изучения проблем молибденовой промышленности России.

Цель: изучение динамики товарных потоков (производства, импорта, экспорта, потребления) молибденовых продуктов (молибденитовых концентратов и ферромолибдена), их цен (мировых, российского импорта и экспорта) и долей участия российским молибденовыми продуктами в мировом хозяйстве; выработка рекомендаций по оптимизации товарооборота молибденовой продукции.

Методы: статистический, графический, логический.

В результате анализа динамики товарных потоков молибденовых продуктов и цен на них, результатов деятельности добывающих и перерабатывающих предприятий установлены значительные изменения состояния российской молибденовой промышленности. До 2005 г. молибденовая отрасль России находилась в кризисном состоянии, экспортируя значительную часть молибденитового концентрата и импортируя большую часть потребляемого ферромолибдена. В результате резкого увеличения в 2004–2008 гг. мировых цен на практически все молибденовые продукты стали привлекательны инвестиции в проекты молибденовой отрасли. Построены новые ферромолибденовые заводы (Сорский и Жирекенский), началась подготовка проектов добычи молибдена на новых месторождениях (молибденовые Агаскырское и Бурдаинское, Ак-Сугское медно-порфировое, Южно-Шамейское вольфрам-молибденовое), появился значительный экспортный поток ферромолибдена. Спад мировых цен на молибденовые продукты начиная с 2009 г. привел к откату активности в молибденовой отрасли России, но в целом ее состояние не критично. Добыча молибденового сырья перестала быть экспортноориентированной, а с появлением дефицита национального потребления появилась и формальная импортная зависимость (20–36 % от потребления). Возникает необходимость наращивания национального производства (добычи) молибденовых руд и концентратов. Сформировался принципиально новый технологический поток сквозной импорто-экспортной торговли, когда импортируется молибденитовый концентрат, а произведенный из него ферромолибден направляется на экспорт. Для улучшения ситуации в российской молибденовой промышленности рекомендуется: ускорение восстановления остановленных добывающих и перерабатывающих предприятий; вовлечение в эксплуатацию новых молибденовых месторождений; использование новых технологий обогащения и переработки молибденового сырья; организация производства новых товарных продуктов – оксидов молибдена и молибдатов.

Ключевые слова:

Молибденовая промышленность России, молибденитовые концентраты, ферромолибден, товарные потоки, импортозависимость.

Введение

Молибден – металл, используемый для производства легированных конструкционных и нержавеющей сталей различных марок и изделий из металлического молибдена (80 % потребления), в химической промышленности для производства катализаторов (10 %), а также в пигментах красителей, компонентов, в составе микроудобрений [1]. Природный сульфид молибдена (молибденит) используется также в качестве твердой антифрикционной смазки.

В 80-е гг. XX в. производство молибденовой продукции в СССР достигало 16 тыс. т (в пересчете на 100 % Мо), что составляло 11 % мирового потребления (второе место в мире после США). В результате распада страны за пределами России оказались крупные добывающие молибденовое сырье производства (Зангезурский и Агаракский медно-молибденовый комбинат в Армении, Балхашский горно-металлургический комбинат и Целинный горно-химический комбинат в Казахстане, Алмалыкский ГМК в Узбекистане), про-

дукция которых была переориентирована на собственные нужды и экспорт в другие страны [2]. В 90-е гг. XX в. поток молибденового концентрата российско-монгольского ГОКа «Эрдэнэт» в Монголии был переориентирован с России на Китай, а в 2007 г. российская часть его активов была продана [3]. Доля добычи молибденового сырья России в мировом его производстве сократилась до 2–3 %. Крупнейший производитель ферромолибдена – Челябинский электрометаллургический комбинат – прекратил его выпуск, и в конце 1990-х гг. производство продукции из молибдена сократилось до первых сотен тонн в год, а добываемые в России молибденовые концентраты (7–11 тыс. т/год) преимущественно отправлялись на экспорт. В 2000 г. остановлена работа Тырнаузского ГОКа на одноименном месторождении в Кабардино-Балкарской Республике, в 2009 г. – Калтугинского рудника в Республике Алтай, в 2013 г. – Жирекенского ГОКа в Забайкальском крае. Ситуация в молибденовой промышленности России стала весьма сложной, особенно в условиях недо-

статочности мощностей ферросплавных предприятий, производящих ферромolibден. Внутренний рынок сбыта молибденовой продукции весьма ограничен, а на мировом его рынке основными игроками являются Китай, Чили и США [4–7]. Молибденовые продукты во многих странах относятся к критическим материалам, в том числе в США [8], Европейском Союзе [9] и Индии. В 2004–2008 гг. произошел всплеск мировых цен на молибденовую продукцию, что привело к оживлению в российской молибденовой промышленности, но при последующем падении цен опять наметился спад активности в отрасли. Требуется анализ состояния национальной минерально-сырьевой базы молибдена, тенденций спроса и предложения молибденового сырья и продукции на российском и мировом рынках.

Методы исследования

С целью изучения российского рынка молибденовых продуктов были обработаны данные по движению товарных потоков молибденового концентрата и ферромolibдена за 1996–2019 гг., динамика изменений цен их российского импорта и экспорта, а также среднемировых цен. Источники информации: Государственные доклады Федерального агентства недропользования Российской Федерации [10], базы данных Федеральной службы государственной статистики [11] и Федеральной таможенной службы [12] России, статистические данные ООН [13], обзоры информационных центров [14, 15].

Объемы товарных потоков молибденовых продуктов учтены в метрических тоннах, а цены – в долла-

рах США за килограмм товара. Обобщенные суммарные объемы молибденовых продуктов приведены в пересчете на 100 % Мо. Доли импорта определялись по отношению импортных объемов к объемам национального потребления и реализации (потребления + экспорта), доли экспорта – по отношению экспортных объемов к объемам национального производства. Среднемировые цены молибденовых продуктов рассчитаны по суммарным объемам и стоимости мирового экспорта. Темпы годовых изменений во времени абсолютных показателей (объемы, стоимость) определяются в виде сложных процентов, относительных показателей (цены, доли) – в виде простых процентов. Имеются лагуны данных по отдельным периодам, не позволяющие рассчитывать производные величины (цены, доли), – они исключались из вычислений и построений графиков.

Состояние минерально-сырьевой базы и добывающих предприятий молибденовой отрасли России

Исходным сырьем для производства молибдена являются молибденитовые концентраты, производящиеся на собственно молибденовых, а также комплексных (медно-молибденовых, молибден-вольфрамовых и др.) месторождениях [10, 16–19]. Молибденит является высокотехнологичным легкофлотируемым материалом и поэтому извлекается из собственно молибденовых и комплексных руд при его содержании от 0,005 % и выше.

На рис. 1 показана география молибденоносных провинций, месторождений молибдена и добывающих предприятий [10].



Рис. 1. Молибденоносные провинции, месторождения молибдена, российские предприятия, добывающие и производящие молибденовую продукцию: 1 – молибденоносные провинции (I – Карело-Кольская, II – Северо-Кавказская, III – Уральская, IV – Алтай-Саянская, V – Западно-Забайкальская, VI – Восточно-Забайкальская, VII – Чукотская); 2 – месторождения молибдена; 3, 4 – предприятия, добывающие молибденовое сырье (3 – действующие, 4 – законсервированные); 5 – заводы перерабатывающие молибденовое сырье

Fig. 1. Molybdenum-bearing provinces, molybdenum deposits, Russian mine companies and plants manufacturing molybdenum products: 1 – molybdenum-bearing provinces (I – Karelo-Kola, II – North Caucasus, III – Ural, IV – Altai-Sayan, V – West Trans-Baikal, VI – East Trans-Baikal, VII – Chukotka); 2 – molybdenum deposits; 3, 4 – enterprises producing molybdenum raw materials (3 – operating, 4 – preserved); 5 – plants processing molybdenum raw materials

По состоянию на 01.01.2019 г. балансовые запасы категорий $A+B+C_1+C_2$ молибдена в России составляли 2,2 млн т 100 % Мо, а прогнозные ресурсы категорий $P_1+P_2+P_3 - 3,5$ млн т 100 % Мо [10]. Отличие российской сырьевой базы молибдена от мировой, где преобладают комплексные месторождения медно-порфирового типа, заключается в доминировании собственно молибденовых месторождений (балансовые запасы категорий $A+B+C_1 - 0,95$ млн т 100 % Мо, категории $C_2 - 0,45$ млн т 100 % Мо), с подчиненным значением комплексных молибден-вольфрамовых, медно-порфировых и молибден-урановых месторождений. Себестоимость производства молибденитового концентрата из собственно молибденовых месторождений существенно выше, нежели стоимость его извлечения из комплексных руд, что снижает конкурентоспособность российских предприятий.

Тем не менее при достаточном экономическом обосновании возможна разработка новых месторождений молибдена в пределах доступной транспортной инфраструктуры [20], а также восстановление остановленных в кризисные годы добывающих производств [21]. Поэтому наибольший интерес представляют месторождения Уральской, Алтае-Саянской, Западно-Байкальской, Восточно-Байкальской, Уральской, Северо-Кавказской и Карело-Кольской провинций [10, 16–18].

Добычу молибденовых руд и концентратов в настоящее время в России осуществляют ООО «Сорский ГОК» на Сорском штоковом молибденовом месторождении в Республике Хакасия и АО «Михеевский ГОК» на Михеевском медно-порфировом месторождении в Челябинской области (таблица). В 2012 г. по экономическим причинам остановилась добыча на Жирекенском штоковом собственно молибденовом месторождении (АО «Жирекенский ГОК», Забайкальский край).

На гидрометаллургическом заводе Приаргунского производственного горно-химического объединения при переработке руд Стрельцовского уранового месторождения (Забайкальский край) в качестве попутного продукта в небольших объемах выпускается парамолибдат аммония.

Подъем мировых цен на молибденовое сырье в 2004–2008 гг. (вслед за еще более бурным ростом цен на ферромолибден) стимулировал повышение инвестиционного интереса к российским проектам разведки (Коклановский, Песчанка) и добычи (Тырнаузский, Жарчихинский, Арысканский, Бугдаинский, Ак-Сугский, Южно-Шамейский) молибденового сырья, но в последующие годы (после падения цен в 2009 г.) реализация многих проектов (Жарчихинский, Арысканский, Бугдаинский) была приостановлена.

На рис. 2, а показана динамика балансов товарных потоков молибденовых руд и концентратов в России в 1996–2019 гг.

Производство (добыча) российских молибденовых руд и концентратов в 1996–2006 гг. составляло 6–8 тыс. т/год. На фоне роста потребления после расширения ферромолибденовых производств российское предложение молибденитовых концентратов увеличилось в 2009–2012 гг. до 10–11 тыс. т/год. В дальнейшем, на фоне падения мировых цен на молибденовое сырье, российское про-

изводство молибденитового концентрата стало снижаться, вплоть до 5,5 тыс. т в 2019 г.

В период 1996–2004 гг. значительная часть добытого молибденового сырья отправлялось на *экспорт* (4–10 тыс. т/год, или 70–100 %), преимущественно в Бельгию и Нидерланды (рис. 2, е). Ввод в эксплуатацию новых российских производств ферромолибдена (Сорский и Жирекенский) и активизация работы старых ферросплавных заводов привели к переориентации поставок молибденового концентрата на национальное потребление, и доля экспорта, начиная с 2007 г., упала до исчезающе малой величины (0–2,8 % от производства).

В *импортном* потоке молибденового сырья также произошли изменения. Если в 1996–2004 гг. он представлял собой ориентированную на экспорт транзитную торговлю молибденитовым концентратом (1–2,3 тыс. т/год), то в 2004–2008 гг. ввиду резкого роста цен на молибденовое сырье (концентрат и ферромолибден) импорт сократился до 0,1–0,6 тыс. т/год. После падения цен в 2009 г. сформировался принципиально новый технологический поток импорта молибденового сырья (2,3–3,2 тыс. т/год, или 20–36 % от потребления) для производства ферромолибдена с последующим его экспортом [22].

По источникам импорта молибденовый концентрат в 1996–2004 гг. поступал из Армении и Казахстана (для последующего транзитного экспорта), а с 2009 г. – из Чили, Нидерландов, Бельгии и США (рис. 2, д). В 2014 г. имел место разовый импортный транш 4,1 тыс. т молибденового сырья из Казахстана.

Национальное *потребление* молибденовых руд в 1996–2004 гг. составляло 1–2 тыс. т/год, но после создания новых ферросплавных производств выросло и начиная с 2007 г. остается до настоящего времени на уровне 8–11 тыс. т/год. Реализация молибденового сырья (внутреннее потребление + экспорт) за весь период с 1996 по 2019 гг. находилась примерно на одном уровне – 8–11 тыс. т/год, что свидетельствует о стабильности его национального потребления.

Динамика мировых цен на молибденовые концентраты (рис. 2, б) имеет следующие временные тренды:

- относительно стабильный уровень цен 3,5–7,5 \$ США/кг в период с 1996 по 2003 гг.;
- подъем цены начиная с 2004 г. до 36,0 \$ США/кг в 2007 г.;
- падение цен до 7,3 \$ США/кг в 2016 г. с локальным минимумом в 2009 г.;
- подъем цены до 13,3–13,7 \$ США/кг в 2018–2019 гг.

Подъем мировых цен на молибденовое сырье в 2004–2008 гг. произошел в результате бурного роста производства стали в Китае [6, 7, 23], а спад цен в 2009–2016 гг. – в результате запуска множества проектов разработки месторождений молибдена по всему миру [24].

Цены импорта молибденового концентрата до 2004 г. были на уровне мировых цен, а в 2013–2019 гг. – на 15–30 % выше мировых. Цены импорта молибденового концентрата в 2004–2011 гг. достаточно случайны ввиду малых его объемов. Цены же российского экспорта молибденового сырья в течение всего периода 1996–2019 гг. на 5–10 % ниже мировых цен.

Таблица. Основные месторождения молибдена. Составлено по данным [10]

Table. The main deposits of molybdenum. Compiled from the data from [10]

Месторождение, его геолого-промышленный тип Field, its geological and industrial type	Запасы, тыс. т Reserves, thousand tons [A+B+C ₁] + C ₂	Среднее содержание, % Average content, %	Недропользователь Subsoil developer	Регион, инфраструктура Region, infrastructure	Стадия работ Action stage
Сорское, молибденовое Sorskoe, molybdenum	94+0,2	0,061	ООО «Сорский ГОК» (АО УК «Союзметаллресурс») Sorskiy LLC (MC Souzmetallresource JSC)	Республика Хакасия, район освоен Republic of Khakassia, infrastructure is developed	Добычные работы Mining operations
Михеевское, медно-порфировое Mikheevskoe, copper porphyry	Mo 0+12 Cu 1279+ 861	Mo 0,002 Cu 0,37	АО «Михеевский ГОК» (АО «Русская медная компания») Miheevskiy JSC (Russkaya mednaya kompaniya JSC)	Челябинская область, район освоен Chelyabinsk Region, infrastructure is developed	Добычные работы Mining operations
Тырнаузское, вольфрам-молибденовое Tyrtauzskoe, tungsten-molybdenum	Mo 36+0 W 202+8	Mo 0,051 W 0,44	ООО «Эльбрусский ГРК» (ГК «Ростех») Elbrusskiy GRK LLC (State Corporation Rostec)	Кабардино-Балкарская Республика, район освоен Kabardino-Balkarian Republic, infrastructure is developed	Восстановление предприятия, проектирование разработки Renewal mining complex, project of mining
Жирекенское, молибденовое Zhirekenskoe, molybdenum	62+0	0,105	ОАО «Жарчихинский ГОК (АО УК «Союзметаллресурс») Sorskiy LLC (MC Souzmetallresource JSC)	Забайкальский край, район освоен Trans-Baikal Territory, infrastructure is developed	Восстановление предприятия Renewal mining complex
Арысканское, молибденовое Aryskanskoe, molybdenum	155+0	0,05	ООО «Сорский ГОК» (АО УК «Союзметаллресурс») Sorskiy LLC (MC Souzmetallresource JSC)	Республика Хакасия, район освоен Republic of Khakassia infrastructure is developed	Проектирование разработки Project of mining
Южно-Шамейское, вольфрам-молибденовое Yuzhno-Shameyskoe, tungsten-molybdenum	Mo 42+22 W 0+14	Mo 0,082 W 0,04	ООО «ГРК «Уральское золото» (АО УГМК) Uralskoe zoloto LLC (UMMC JSC)	Свердловская область, район освоен Sverdlovsk Region, infrastructure is developed	Проектирование разработки Project of mining
Ак-Сугское, медно-порфировое Ak-Sugskoe, copper porphyry	Mo 71+7 Cu 3121+ 512	Mo 0,015 Cu 0,67	ООО «Гелевская ГРК» (ГК «Онэксим») Gelevskaya LLC (ONEXIM Group)	Республика Тыва, район не освоен Republic of Tuva, infrastructure is not developed	Проектирование разработки Project of mining
Бурдаинское, молибденовое Burdainskoe, molybdenum	347+252	0,08	ООО «Бугдаинский рудник» (ПАО «ГМК "Норильский никель"») Bugdainskiy rudnik LLC (M&MC Norilsk nikel PJSC)	Забайкальский край, район не освоен Trans-Baikal Territory, infrastructure is not developed	Проектирование Project of mining
Коклановское, вольфрам-молибденовое Koklanovskoe, tungsten-molybdenum	Mo 24+ 131 W 12+ 130	Mo 0,082 W 0,04	АО «Коклановское» Koklanovskoe JSC	Курганская область, район освоен Kurgan Region, territory is developed	Геолого-разведочные работы Geological exploration
Песчанка, медно-порфировое Peschanka, copper porphyry	Mo 131+ 40 Cu 4825 + 1575	Mo 0,023 Cu 0,53	ООО «ГДК «Баимская» (KAZ Minerals PLC) Bainskaya LLC (KAZ Minerals PLC)	Чукотский АО, район не освоен Chukotka Autonomous Area, infrastructure is not developed	Геолого-разведочные работы Geological exploration
Ореkitканское, молибденовое Orekitkansko, molybdenum	247+114	0,099	Нераспределенный фонд недр Undistributed subsoil fund	Республика Бурятия, район не освоен Republic of Buryatia, infrastructure is not developed	Работы не ведутся Work is not underway
Жарчихинское, молибденовое Zharchikhinskoe, molybdenum	79+2	0,083	Нераспределенный фонд недр Undistributed subsoil fund	Республика Бурятия, район освоен Republic of Buryatia, infrastructure is developed	Работы не ведутся Work is not underway
Лобаш, молибденовое Lobash, molybdenum	54+71	0,069	Нераспределенный фонд недр Undistributed subsoil fund	Республика Карелия, район не освоен Republic of Karelia, infrastructure is not developed	Работы не ведутся Work is not underway

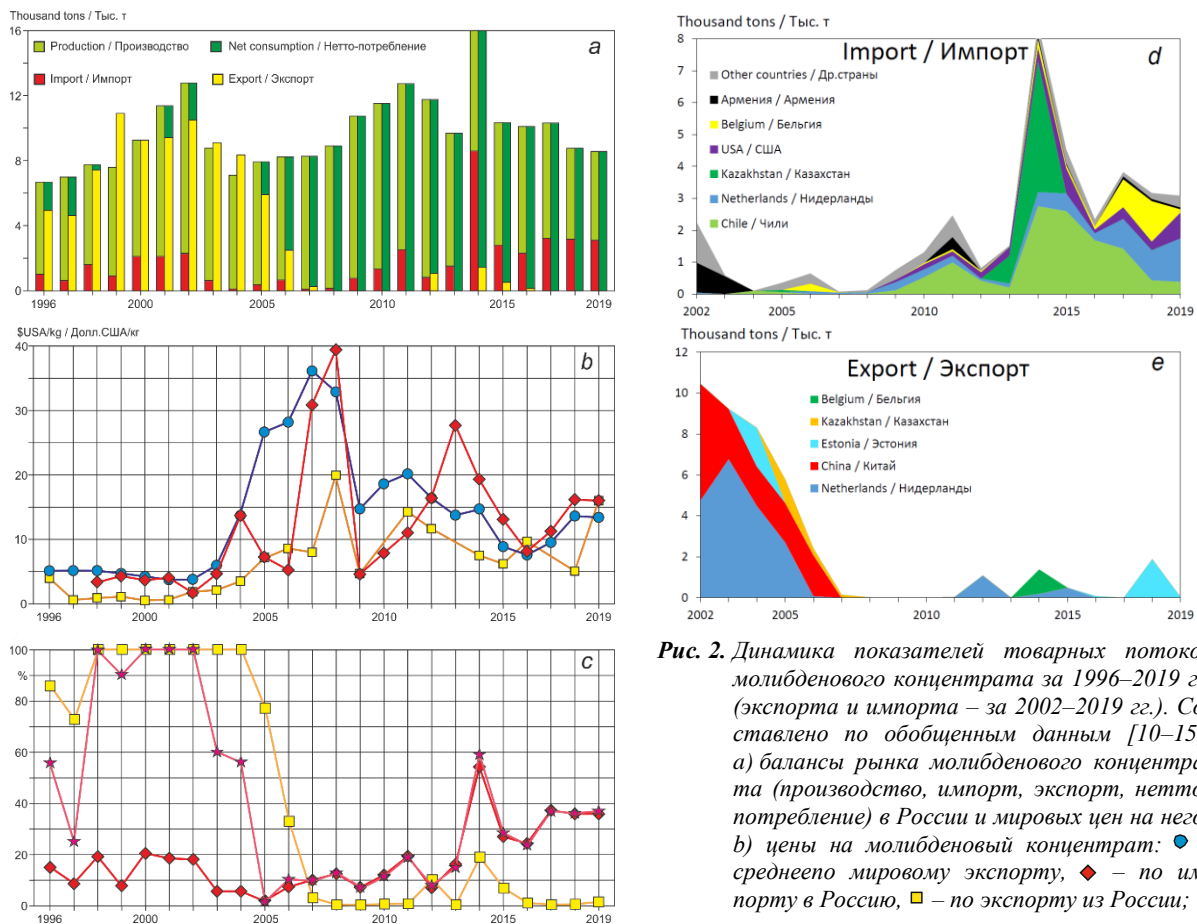


Рис. 2. Динамика показателей товарных потоков молибденового концентрата за 1996–2019 гг. (экспорта и импорта – за 2002–2019 гг.). Составлено по обобщенным данным [10–15]. а) балансы рынка молибденового концентрата (производство, импорт, экспорт, нетто-потребление) в России и мировые цены на него; б) цены на молибденовый концентрат: ● – среднеепо мировому экспорту, ◆ – по импорту в Россию, ■ – по экспорту из России; в) доли объемов импорта молибденового концентрата от потребления (◆) и реализации (★), доли объемов экспорта от производства (■); д) объемы импорта молибденового концентрата по странами-поставщикам; е) объемы экспорта молибденового концентрата по странами-покупателям

Fig. 2. Dynamics of indicators commodity flows of molybdenum concentrate for 1996–2019 (exports and imports – for 2002–2019). Compiled from generalized data [10–15]. a) balances of the molybdenum concentrate market (production, import, export, net consumption) in Russia and world prices for it; b) prices for molybdenum concentrate: ● – average for world exports, ◆ – for imports to Russia, ■ – for exports from Russia; c) share of imports of molybdenum concentrate from consumption (◆) and sales (★), the share exports volumes from production (■); d) volume of imports of molybdenum concentrate by supplier countries; e) volume of molybdenum concentrate exports by consumer countries

По динамике долей импорта молибденовые концентраты в период 1996–2005 гг. были импортозависимыми по отношению к реализации и независимыми по импорту от потребления. В период 2005–2013 гг. они импортонезависимы и по потреблению, и по реализации, но начиная с 2014 г. молибденовые руды и концентраты в рамках технологической цепочки их переработки стали импортозависимыми (рис. 2, с).

По динамике долей российского экспорта молибденовые концентраты в период 1996–2005 гг. были экспортоориентированными, но в дальнейшем молибденовое сырье в России стало предметом только национального потребления (рис. 2, с).

Состояние перерабатывающих предприятий молибденовой отрасли России

До 1995 г. крупнейшим потребителем молибденового сырья и производителем ферромолибдена был Челябинский электрометаллургический комбинат, но он полностью прекратил его выпуск после сокраще-

ния собственного производства броневых молибденовых сталей [1]. Производство ферромолибдена на других ферросплавных заводах в конце 1990-х гг. было незначительно, и появился его импорт для выпуска сортамента жаропрочных и нержавеющей сталей [25].

Бурный рост металлургии Китая в 2004–2008 гг. привел к росту мировых цен на ферросплавы, и особенно на ферромолибден. В результате этого действующие ферросплавные заводы России возобновили производство ферромолибдена, созданы новые специализированные ферромолибденовые заводы – Сорский (2005 г.) и Жирекенский (2006 г.) [26, 27]. Но резкий спад мировых цен на молибденовое сырье начиная с 2009 г. (как следствие мирового финансового кризиса) привел к стагнации молибденовой отрасли России. В 2012 г. остановлена добыча на Жирекенском ГОКе и производство ферромолибдена на Жирекенском заводе. В 2016 г. обанкротился второй в России по объемам выпуска ферромолибдена Камышинский литейно-ферросплавный завод, но на базе

остатков его активов в 2017 г. создано новое предприятие – ООО «Нижевожский ферросплавный завод».

В настоящее время производство ферромолибдена в России осуществляют: ООО «Сорский ферромолибденовый завод» (Республика Хакасия), ООО «Нижевожский ферросплавный завод» (Волгоградская область), ООО «Молирен» (Московская область), ПАО «Ключевской завод ферросплавов» (Свердловская область), ООО «Рязанский завод ферросплавов и лигатур» (г. Рязань) (рис. 1). Лидируют по объемам производства ферромолибдена Сорский ФМЗ (55–75 % российского выпуска), Нижевожский ФСЗ (15–30 %) и Молирен (до 8 %). Молибден металлический в виде порошков, прутков и проволоки выпускает завод порошковой металлургии (АО «Полема», г. Тула).

На рис. 3, а показана динамика товарных потоков рынка ферромолибдена в России.

Производство российского ферромолибдена в 1996–2005 гг. было крайне неравномерно – от 0,05 до 1,5 тыс. т/год. После расширения ферромолибденовых производств российское предложение выросло к 2007 г. до 7 тыс. т, достигнув максимума – 9,1 тыс. т – в 2012 г. На фоне падения мировых цен на ферромолибден его российское производство стало снижаться, вплоть до 4,6 тыс. т в 2019 г.

Российское потребление ферромолибдена в 1996–2005 гг. перекрывалось в основном по импорту – от 0,3 до 3,7 тыс. т/год, в основном из Китая (рис. 3, д). После ввода новых ферромолибденовых производств импорт ферромолибденовой продукции резко сократился и составляет за весь период вплоть до 2019 г. не более 0,35 тыс. т/год (до 5 % от потребления). Следует отметить, что с 2015 г. главным поставщиком импортного ферромолибдена стала Грузия (рис. 3, д).

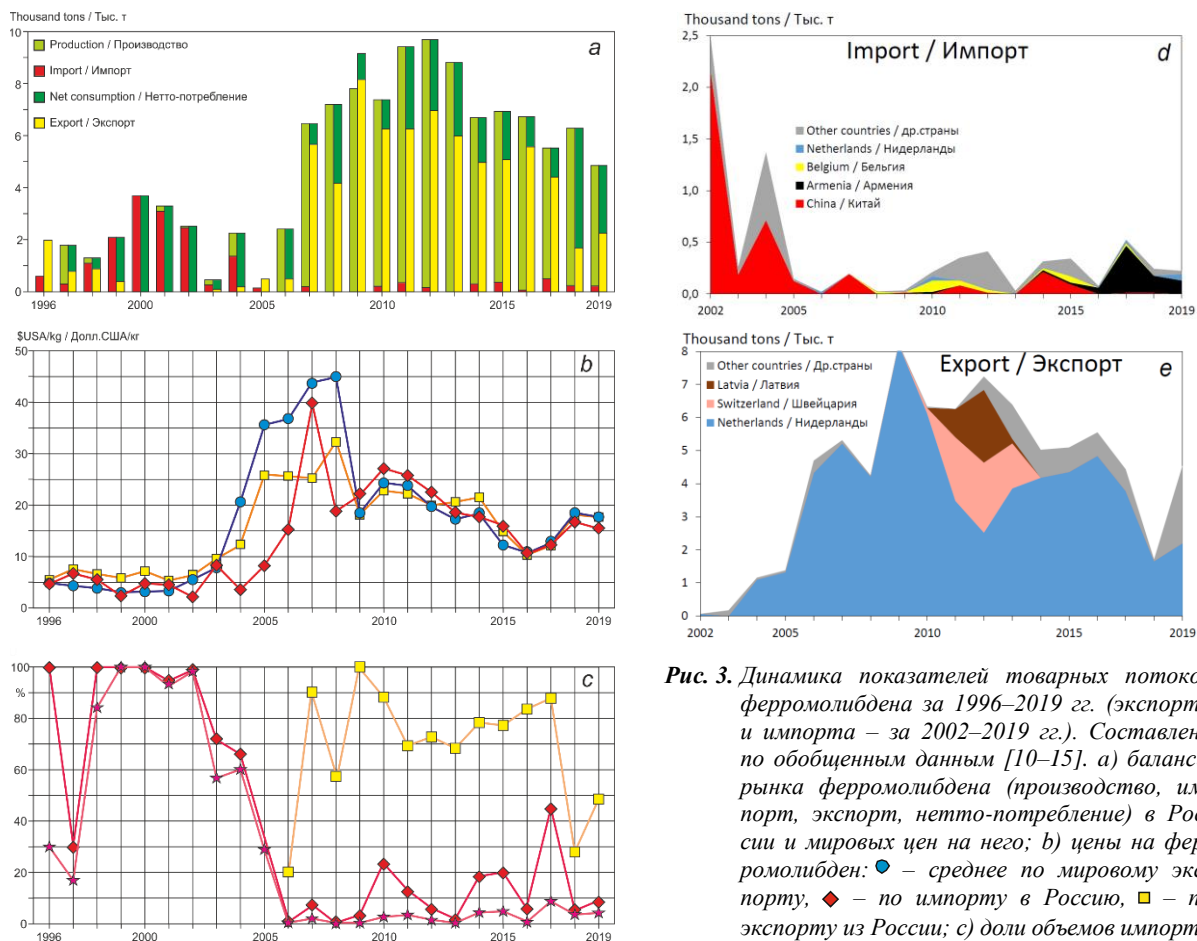


Рис. 3. Динамика показателей товарных потоков ферромолибдена за 1996–2019 гг. (экспорта и импорта – за 2002–2019 гг.). Составлено по обобщенным данным [10–15]. а) балансы рынка ферромолибдена (производство, импорт, экспорт, нетто-потребление) в России и мировых цен на него; б) цены на ферромолибден: ● – среднее по мировому экспорту, ◆ – по импорту в Россию, ■ – по экспорту из России; в) доли объемов импорта

ферромолибдена от потребления (◆) и реализации (★), доли объемов экспорта от производства (■); д) объемы импорта ферромолибдена по странами-поставщикам; е) объемы экспорта ферромолибдена по странами-покупателям

Fig. 3. Dynamics of indicators commodity flows of ferromolybdenum for 1996–2019 (export and import for 2002–2019). Compiled from generalized data [10–15]. а) balances of the ferromolybdenum market (production, import, export and net consumption) in Russia and world prices; б) prices for ferromolybdenum (● – average world export, ◆ – import to Russia, ■ – export from Russia); в) share of imports of ferromolybdenum from consumption (◆) and from implementation (★), share of export volumes from production (■); д) volume of imports of ferromolybdenum by countries-suppliers; е) volume of exports of ferromolybdenum by countries-consumer

Реальное потребление ферромолибдена в российской металлургии составляет 2–3 тыс. т/год и полностью обеспечивается имеющимися мощностями ферросплавного производства.

До 2006 г. экспорт ферромолибдена был незначителен – до 0,5 тыс. т/год, представляя собой разовые транзакции, зачастую как часть транзитных и встречных импортно-экспортных перевозок. Но после развития российского ферромолибденового производства наметился его избыток, что привело к появлению значительного экспортного потока ферромолибдена, достигшего максимума в 2009 г. – 8,2 тыс. т. На фоне снижения мировых цен на ферромолибден начиная с 2010 г. происходит снижение объемов его экспорта – до 1,7 тыс. т/год. Импортёрами же являются не страны-потребители ферромолибдена, а страны транзита материалов – Нидерланды, Швейцария и Латвия (рис. 3, е).

Динамика цен на ферромолибден в принципе конформна динамике цен на молибденовый концентрат и включает (рис. 3, б):

- стабильный уровень цен 3,1–7,6 \$ США/кг в период 1996–2003 гг.;
- подъем цены начиная с 2004 г. до 45,0 \$ США/кг в 2008 г.;
- падение цен до 10,6 \$ США/кг в 2016 г. с локальным минимумом в 2009 г.;
- подъем цены до 17,0 \$ США/кг в 2018 г.

Цены российского импорта ферромолибдена до 2003 г. были в принципе на уровне мировых цен, в дальнейшем же партии импорта были небольшими и отклонения импортных цен от мировых достаточно случайны.

Цены российского экспорта ферромолибдена в 1996–2003 гг. были выше мировых, но, учитывая малые объемы продаж, выгода этих операций неочевидна, в условиях же высоких мировых цен в 2004–2008 гг. (на подъеме роста российского производства ферромолибдена) были на 27–42 % ниже, а в дальнейшем (на спаде производства) находились примерно на уровне мировых цен. Именно дисконтная скидка цен на российский ферромолибден в 2004–2008 гг. и позволила создать экспортный поток и нарастить его долю в мировой торговле до 13 %.

Исходя из динамики долей импорта в 1996–2019 гг. ферромолибден начиная с 2006 г. перешел из категории импортозависимого товара в импортонезависимый продукт, а с 2007 г. стал еще и экспортноориентированным (рис. 3, с).

Российские молибденовые продукты в мировом хозяйстве

Мировое производство и потребление. Динамика доли российского предложения молибденового концентрата в объемах его мирового производства показана на рис. 4, а. Имеет место уменьшение доли его российского производства, остающегося примерно на одном уровне – 8–11 тыс. т/год – на фоне роста добывающих мощностей других стран (Китай, Чили, США, Перу). В результате доля производства молибденовых руд и концентратов в России снизилась с 2,3 % в

1996 г. до 0,9 % в 2019 г. В динамике же долей российского потребления молибденового сырья наблюдается рост с 0,2–1,0 % в 1996–2005 гг. (период стагнации ферромолибденового производства) до 1,5–2,4 % в последующий период (после строительства новых ферромолибденовых заводов). Тем не менее к 2019 г. имеется слабый тренд падения доли российского потребления молибденитового концентрата, обусловленного ростом мирового производства ферромолибдена. В сравнении динамики долей российской добычи и потребления молибденового сырья наблюдается превышение потребления над предложением начиная с 2007 г., причем с увеличением разрыва к 2019 г. до 0,6 % абс. (40 % отн.). Имеется стимул для увеличения национальной добычи молибденового сырья.

Динамика долей российского производства ферромолибдена (рис. 4, с) отражает периоды его стагнации (1996–2005 гг.), бурного развития (2006–2008 гг.) и спада (начиная с 2009 г.). В первый период российская доля производства составляла до 1,5 % от мирового, во втором достигла пика в 7,5 % в 2008 г., в третьем медленно снижалась до 2,4 % в 2019 г. Доля российского потребления ферромолибдена в начале 0-х гг. XX в. (2,0–2,5 тыс. т/год) составляли 7–10 % от мировых, но к 1996–1998 гг. они снизились до 2,6–2,8 % (1–2 тыс. т/год) и в принципе на этом уровне они держались до 2008 г. Всплеск российского потребления ферромолибдена в 1999–2002 гг. до 5–11 % от мирового был результатом роста спроса до 3–4 тыс. т/год на фоне стабильного уровня мирового потребления. Бурный рост в дальнейшем мирового спроса на ферромолибден на фоне ровного уровня российского потребления в 2–3 тыс. т/год привел к снижению российских долей потребления до 0,6 % от мирового в 2017 г. В сравнении динамики долей российского производства и потребления ферромолибдена наблюдается снижение превышения производства над потреблением, начиная с 5,2 % абс. (87 % отн.) в 2009 г. до 0,7 % абс. (22 % отн.) в 2018 г. – как результат снижения экспортной составляющей.

Международная торговля. Динамика долей российского экспорта молибденитового концентрата в мировой торговле (рис. 4, б) отражает инверсию внутреннего рынка этого товарного продукта, когда при ограниченности внутреннего потребления в 1996–2005 гг. его доля экспорта составляла 2,7–6,7 % мировой торговли, а после строительства новых ферромолибденовых заводов с 2007 г. экспорт практически прекратился. Доли российского импорта молибденового сырья в 1996–2003 гг. составляли 0,3–1,2 % мировой торговли, но это лишь отражение транзитных импортно-экспортных потоков. В 2004–2008 гг. импорт молибденитового концентрата практически прекратился, но начиная с 2009 г. опять начал расти: в 2009–2013 гг. – 0,3–0,8 %, в 2015–2019 гг. – 0,9–1,1 % от мировой торговли. Как видим, доля российского рынка в мировой торговле крайне мала.

В динамике долей российского экспорта ферромолибдена (рис. 4, б) зеркально повторяется инверсия внутреннего рынка молибденитового концентрата – практически полное отсутствие экспорта до 2006 г. и,

наоборот, значительная доля российского экспорта начиная с 2007 г. В мировой торговле доля российского экспорта во втором периоде составляла 5–13 %, и лишь в 2018–2019 гг. снизилась до 1,8–2,5 %.

Доля же российского импорта ферромolibдена в мировой торговле начиная с 2005 г. практически нулевая, в полном соответствии с экспортной направленностью этого ферросплава.

Из других молибденовых продуктов в Россию импортируется (т/год): оксиды молибдена – 500–800, молибдаты – 65–130, молибденовые прутки – 70–135, молибден необработанный – до 65, порошки молибденовые – 15–50, молибденовая проволока – 15–20 [12]. На экспорт из России направляется (т/год): молибден необработанный – 150–570, молибденовые отходы – 15–70, порошки молибденовые – 15–50 [12].

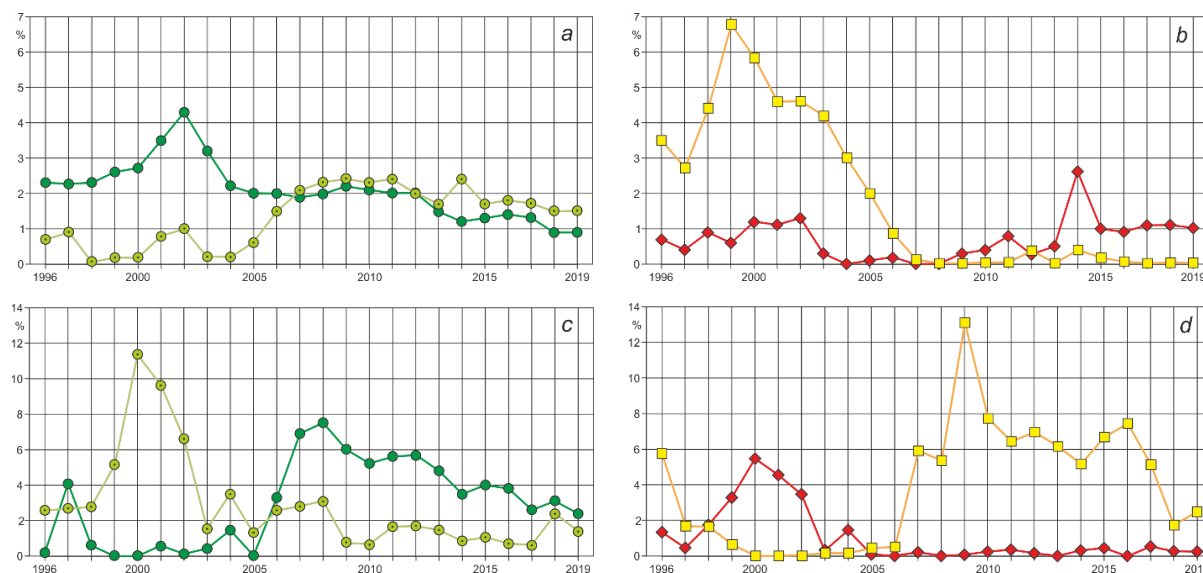


Рис. 4. Динамика долей объемов: а) производства (●) и потребления (◆) молибденитового концентрата в России от его мирового производства; б) российского импорта (◆) и экспорта (■) молибденитового концентрата от объемов его мировой международной торговли; в) производства (●) и потребления (◆) ферромolibдена в России от его мирового производства; д) российского импорта (◆) и экспорта (■) ферромolibдена от объемов его мировой международной торговли. Рассчитано по обобщенным данным [10–15]

Fig. 4. Dynamics of particles weight: а) production (●) and consumption (◆) of molybdenum concentrate in Russia from its world production; б) Russian import (◆) and export (■) of molybdenum concentrate from the volume of its global international trade; в) production (●) and consumption (◆) of ferromolybdenum in Russia from its world production; д) Russian imports (◆) and exports (■) of ferromolybdenum from the volume of its global international trade. Calculated according to the generalized data [10–15]

Направления развития молибденовой отрасли России

В целом ситуация в молибденовой отрасли сложная, но не критичная. Добывающие и ферросплавные мощности достаточны для обеспечения внутреннего потребления и поставок на экспорт. Серьезная проблема лишь в неупорядоченности мировых цен на молибденовые продукты, в результате чего отношение инвесторов к проектам развития молибденовой отрасли весьма осторожное. Тем не менее улучшить ситуацию в российской молибденовой промышленности можно осуществлением следующих начинаний:

- 1) вовлечением в эксплуатацию новых молибденовых месторождений;
- 2) использованием новых технологий обогащения и переработки молибденового сырья;
- 3) восстановлением остановленных добывающих и перерабатывающих предприятий.

Вовлечение в эксплуатацию новых молибденовых месторождений. Наличие устойчивого импортного потока молибденового сырья является основанием для расширения его национальной добычи. Имеются уже подготовленные молибденовые месторождения,

которые могут быть вовлечены в эксплуатацию, а также разведываются новые (таблица) [10]. Агаскырское молибденовое месторождение (Республика Хакасия) подготавливается к освоению в качестве дополнительного источника сырья Сорского ГОКа. Уральская горно-металлургическая компания подготавливает к разработке Южно-Шамейское вольфрам-молибденовое месторождение (Свердловская область) с годовым выпуском 1 тыс. т молибденитового концентрата. Группа компаний «Онэксим» финансирует проект разработки Ак-Сугского медно-порфирового месторождения (Республика Тыва), на котором ожидается выпуск 2,3 тыс. т молибденового концентрата, который планируется на месте перерабатывать с получением парамолибдатов аммония. Ввиду падения цен на молибденовые продукты приостановлены работы ГМК «Норильский Никель» по освоению Бурдаинского молибденового месторождения (Забайкальский край), достаточно качественного, но находящегося вне развитой транспортной инфраструктуры. Из других российских месторождений наибольший интерес представляют объекты, находящиеся в освоенных

районах, – Коклановское вольфрам-молибденовое (Курганская область), Жарчихинское молибденовое (Республика Бурятия) и Лобаш (Республика Карелия).

Использование новых технологий обогащения и переработки молибденового сырья. Молибденовые и медно-порфировые (медно-молибденовые) руды в большинстве случаев являются легкообогащаемыми с использованием относительно дешевой технологии флотации сульфидов. Тем не менее и здесь возможны улучшения технологии обогащения молибденовых руд: крупнокусковая сортировка исходного рудного материала с использованием рентген-радиометрии [28], предварительной гравитационной турбулизационной центробежной сепарации пульпы [29].

Более проблемно обогащение сложных вольфрам-молибденовых руд (сростки рудных и породных минералов) и окисленных молибденовых (повеллитовых) руд, а также техногенных отходов (хвостов обогащения, лежалых бедных руд). Для таких проблемных материалов рекомендуются технологии кучного и чанового выщелачивания молибдена (и меди) как из самой рудной массы, так и из промпродуктов и концентратов [30, 31], а также технологии биовыщелачивания меди и молибдена из рудной массы [32], термической возгонки оксидов молибдена и вольфрама из концентратов [33–35], ликвационной плавки вольфрам-молибденового концентрата с последующим получением молибдатов и вольфраматов [36], отжиг концентрата с получением молибдата кальция [37].

В производстве ферромолибдена [38, 39] также возможно развитие инновационных технологий, способствующих сокращению времени технологических процессов, финансовых издержек и повышению качества выпускаемых продуктов:

- прямое использование молибденитового концентрата для производства ферромолибдена [40, 41];
- получение высококачественного ферромолибдена (без вторичных примесей) в процессе гидрогенного восстановления [42];
- рециклинг отходов производства ферромолибдена [43];
- снижение энергоемкости производства ферросплавов [44] и др.

Как вариант развития российского рынка молибденовых продуктов можно предложить увеличение производства таких товаров, как оксиды молибдена и молибдаты, которые по объемам в международной торговле занимают третье (28–30 тыс. т/год) и четвертое места (14–16 тыс. т/год) после молибденитового концентрата и ферромолибдена.

Восстановление остановленных добывающих и перерабатывающих предприятий. Создание новых технологий обогащения, повышающих экономическую эффективность добычи, обогащения и переработки молибденового сырья, позволяет по-новому рассмотреть возобновление производств на Тырнаузском ГОКе, прекратившем работы в 2000 г., а также на Жирекенском ГОКе и Жирекенском ферромолибденовом заводе, остановленных в 2013 г.

Проект возобновления разработки Тырнаузского вольфрам-молибденового месторождения с 2018 г.

ведется ООО «Эльбрусский горнорудный комбинат» (Государственной корпорацией «Ростех»). Проект предусматривает новое строительство рудника, обогатительной фабрики с годовым выпуском 10 тыс. т шеелитового и 0,8 тыс. т молибденитового концентратов, гидрометаллургического завода, ориентированного на выпуск оксида вольфрама (до 4,5 тыс. т/год). Проектирование нового производства позволяет внедрять и использовать новые технологии добычи и переработки вольфрам-молибденового сырья [45]. Как вариант рассматривается также вовлечение в производство близлежащего резервного Кти-Тырнаузского вольфрам-молибденового месторождения. Тем не менее реализацию строительства Тырнаузского горно-металлургического комплекса осложняют ценовые риски вольфрамовой продукции – основной продукции этого проекта [21].

Жирекенские горно-обогатительный комбинат и ферросплавный завод были остановлены в 2013 г. управляющей компанией «Союзметаллресурс» в результате убыточности производства от снижения мировых цен на молибденовые продукты. Основная же проблема этих производств – их градообразующий статус с необходимостью содержания жилищно-коммунального комплекса п. Жирекен. В настоящее время АО «УК «Союзметаллресурс» избавляется от Жирекенского ГОКа и Жирекенского ФМЗ (а также жилищно-коммунального комплекса п. Жирекен), как неликвидных активов, а ПАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (г. Краснокаменск, Забайкальский край) рассматривает вопрос об их приобретении. Законсервированные производственные мощности пока еще возможны для реального их восстановления, особенно производственный комплекс недавно построенного ферромолибденового завода. В случае приобретения прав собственности на эти активы ПАО «Приаргунское ПГХО» наиболее реален вариант перемещения оборудования Жирекенского ФМЗ на Гидрометаллургический завод Приаргунского ПГХО в г. Краснокаменск и организация его работы на импортируемом молибденовом сырье. При расконсервировании же добывающих и обогатительных производств Жирекенского ГОКа следует рассмотреть возможность улучшения их экономических показателей за счет внедрения технологических инноваций [28, 29].

Выход из экономических кризисных ситуаций всегда возможен, что и было осуществлено при банкротстве в 2017 г. второго в России по объемам выпуска ферромолибдена АО «Камышинский литейно-ферросплавный завод» путем выделения активов ферромолибденового производства в новое предприятие ООО «Нижеволжский ферросплавный завод» (г. Камышин, Волгоградская область).

Выводы

1. До 2005 г. молибденовая отрасль России находилась в кризисном состоянии дисгармонии производства молибденового сырья и его переработки, обусловившей значительную долю экспорта добытого и ре-экспорт импортируемого молибдени-

тового концентрата при стагнации национального производства ферромолибдена и молибдена металлического. В результате резкого увеличения в 2004–2008 гг. мировых цен на практически все молибденовые продукты стали привлекательны инвестиции в проекты молибденовой отрасли. Построены новые ферромолибденовые заводы, началась подготовка проектов добычи молибдена на новых месторождениях, появился значительный экспортный поток ферромолибдена. Спад мировых цен на молибденовые продукты начиная с 2009 г. привел к откату активности в молибденовой отрасли России, но в целом ее состояние не критично.

2. Производство (добыча) российских молибденовых руд и концентратов в 1996–2006 гг. составляло 6–8 тыс. т/год, на фоне роста потребления в 2009–2012 гг. оно выросло до 10–11 тыс. т/год, но в дальнейшем, на фоне падения мировых цен на молибденовые продукты, стало снижаться, вплоть до 5,5 тыс. т в 2019 г. Экспортная ориентация молибденитового концентрата в период с 1996 по 2004 гг. (4–10 тыс. т/год, или 70–100 %) сменилась на национальное потребление с нулевым экспортом. Импортный поток молибденитового концентрата в 1996–2004 гг. (1–2,3 тыс. т/год) с последующим ре-экспортом в 2004–2008 гг. практически исчез, но после падения мировых цен на него, начиная с 2009 г., сформировался новый поток импорта молибденового сырья (2,3–3,2 тыс. т/год, или 20–36 % от потребления) и национальный рынок молибденовых руд и концентратов формально стал импортозависимым. Среднегодовой уровень национального потребления молибденитового концентрата в России составляют 10–11 тыс. т/год, что достаточно для производства до 8 тыс. т/год ферромолибдена + до 1,0 тыс. т/год молибдена металлического. Налицо необходимость наращивания национального производства (добычи) молибденовых руд и концентратов. Тем не менее доля добычи российского молибденового сырья в его мировом производстве упала с 3,5 % в 2001 г. до 0,9 % в 2019 г.
3. Если в 1996–2005 гг. производство российского ферромолибдена было крайне мало (0,05–1,5 тыс. т/год), то резкий подъем мировых цен на него простимулировал строительство Сорского и Жи-

рекеного ферромарганцевых заводов и увеличение российского предложения этого продукта до 7 тыс. т к 2007 г., которое достигло максимума – 9,1 тыс. т – в 2012 г. На фоне падения мировых цен на ферромолибден его российское производство стало снижаться, вплоть до 4,6 тыс. т в 2019 г. Российское потребление ферромолибдена в 1996–2005 гг. перекрывалось в основном по импорту (0,3–3,7 тыс. т/год), а после развития его национального производства импортный поток стал незначительным (1–5 % от потребления). Избыток производства ферромолибдена сформировал новый экспортный поток, достигший в 2009 г. максимума в 8,2 тыс. т, но на фоне снижения мировых цен на ферромолибден в дальнейшем происходит снижение объемов его экспорта до 1,7 тыс. т в 2018 г. Таким образом, ферромолибден начиная с 2006 г. стал импортонезависимым, а с 2007 г. еще и экспортоориентированным. Если в 1998–2005 гг. доля российского производства ферромолибдена в его мировом предложении составляла 0,6–1,5 %, то в 2012 г. она увеличилась до 5,7 %, но затем на фоне роста мирового производства этого товара она начала снижаться вплоть до 2,4 % в 2019 г.

4. Улучшение ситуации в российской молибденовой промышленности возможно осуществлением следующих начинаний: вовлечение в эксплуатацию новых молибденовых месторождений (собственно молибденовых Агаскырского и Бурдаинского, Ак-Сугского меднопорфирового, Южно-Шамейско-вольфрам-молибденового); использование новых технологий обогащения (крупнокусковой рентгено-радиметрической сепарации, гравитационной турбулизационной центробежной сепарации пульпы) и переработки (кучное и чановое выщелачивание, биовыщелачивание, возгонки оксидов молибдена, ликвационная плавка концентрата) молибденового сырья; восстановление остановленных добывающих (Жирекенского и Тырнаузского ГОКов) и перерабатывающих (Жирекенского ферромолибденового и Тырнаузского гидрометаллургического заводов) предприятий; создание производства новых товарных продуктов (оксидов молибдена и молибдатов), составляющих значительные по объемам товарные потоки в международной торговле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка современных тенденций в производстве молибдена, его сплавов и молибденосодержащей продукции / Г.В. Галевский, О.А. Полях, В.В. Руднева, А.Е. Аникин // *Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. – 2020. – Т. 76. – № 8. – С. 780–789.
2. Покалов В.Т. Пути решения проблемы обеспечения промышленности России легирующими металлами // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. – 1993. – № 5. – С. 12–15.
3. ГОК «Эрдэнэт»: история и перспективы развития / Ю.Г. Данилов, В.В. Никифорова, С.П. Леонтьев, Н.Н. Константинов, Д.В. Хосоев // *Горная промышленность*. – 2019. – № 5 (147). – С. 24–27.
4. Ильина В.А., Романов С.М. Современное состояние и перспективы развития производства молибдена в России // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2013. – № S217. – С. 19–22.
5. Елсукова М.А. Рынок молибдена в мире и России // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. – 2014. – № 4. – С. 78–81.
6. The prediction of molybdenum mineral demand and supply in China / Z.-Z. Zhang, X.-W. Wang, J.-F. Zhang, G.-Y. Jiang, Q.-D. Fan // *Acta Geoscientica Sinica*. – 2017. – V. 38. – № 1. – P. 69–76. DOI: 10.3975/cagsb.2017.01.11
7. Editorial: industrial relevance of molybdenum in China / T. Outteridge, N. Kinsman, G. Ronchi, H. Mohrbacher // *Advances in Manufacturing*. – 2020. – V. 8. – № 1. – P. 35–39. DOI: 10.1007/s40436-019-00270-5.

8. Critical mineral resources of the United States – economic and environmental geology and prospects for future supply / K.J. Schulz, J.H. DeYoung, R.R. Seal, D.C. Bradley. – Reston, Virginia: U.S. Geological Survey. – 2017. – 862 p. URL: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1802> (дата обращения 01.11.2020).
9. Study on the review of the list of Critical Raw Materials. Critical Raw Materials Factsheets. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017. – 515 p. URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7345e3e8-98fc-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en> (дата обращения 01.11.2020).
10. Государственные доклады «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации». 2000–2018 гг. URL: http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 01.11.2020).
11. Федеральная служба государственной статистики России. URL: <https://gks.ru/emiss> (дата обращения: 01.11.2020).
12. Федеральная таможенная служба России. URL: <http://stat.customs.ru/analytics/> (дата обращения: 01.11.2020).
13. Мир информации. UNdata. URL: <https://data.un.org/> (дата обращения: 01.11.2020).
14. Международная торговля товарами. TrendEconomy. URL: <http://data.trendeconomy.ru/dataviewer/trade/statistics/> (дата обращения: 01.11.2020).
15. Исследовательская группа ИНФОМАЙН. URL: <http://www.infomine.ru/> (дата обращения: 01.11.2020).
16. Покалов В.Т. Локальный прогноз месторождений молибдена // Локальное прогнозирование плутоногенных месторождений молибдена, вольфрама и олова. – М.: Недра, 1985. – С. 14–102.
17. Mineral resources of high-tech metals in Russia: state of the art and outlook / N.S. Bortnikov, A.V. Volkov, A.L. Galyamov, I.V. Vikent'ev, V.V. Aristov, A.V. Lalomov, K.Y. Murashov // *Geology of Ore Deposits*. – 2016. – V. 58. – № 2. – P. 83–103. DOI: 10.1134/S1075701516020021.
18. Лаптева А.М., Митрофанов Н.П., Тигунов Л.П. Минерально-сырьевая база легирующих металлов: состояние, проблемы и перспективы освоения // *Горный журнал*. – 2017. – № 7. – С. 19–24. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.02.
19. Алешин Д.С., Халезов Б.Д., Крашенин А.Г. Сырьевая база молибдена // *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. – 2019. – № 7. – С. 113–121.
20. О комплексном освоении недр и территорий в сложных природно-климатических условиях / В.Л. Яковлев, С.В. Корнилов, И.Ю. Рассказов, С.М. Ткач // *Горный журнал*. – 2019. – № 6. – С. 84–89. DOI: 10.17580/gzh.2019.06.12.
21. Хатьков В.Ю., Боярко Г.Ю. Современное состояние вольфрамовой промышленности России // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2019. – Т. 330. – № 2. – С. 124–137. DOI: 10.18799/24131830/2019/2/114.
22. Хатьков В.Ю., Боярко Г.Ю. Мировые и российские встречные импортно-экспортные потоки минерального сырья // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2018. – Т. 329. – № 3. – С. 145–167.
23. Molybdenum deposits in China / Y.-J. Chen, F. Pirajno, N. Li, X.-H. Deng // *Ore Geology Reviews*. 2017. – V. 81. – P. 401–404. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.11.002
24. Polyak D.E. Molybdenum [Advance Release]. 2017 Minerals Yearbook. – U.S. Geological Survey. – 2020. – 13 p. URL: <https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb1-2017-molyb.pdf> (дата обращения: 10.05.2018).
25. Nekrasov V.M. Status of ferroalloy production in Russia // *Litejnoe Proizvodstvo*. – 1999. – № 4. – P. 3–4.
26. Status and prospects of ferroalloys production in the Russian Federation / L.I. Leont'ev, L.A. Smirnov, V.I. Zhuchkov, A.V. Zhdanov, V.Y. Dashevskii, S.A. Gurova // *Metallurgist*. – 2016. – V. 59. – № 11–12. – P. 1001–1006. DOI: 10.1007/s11015-016-0206-x.
27. Боярко Г.Ю., Матвеев Б.Н. Материально-сырьевая база ферросплавов и особенности развития их производства в России. Часть 2. Микролегирующие ферросплавы // *Черные металлы*. – 2020. – № 2. – С. 15–20.
28. Способ радиометрического обогащения минерального сырья: пат. Рос. Федерация RU 2248245 C2, 20.03.2005; заявл. 05.05.2003; опубл. 20.03.2005. Бюл. № 8. – 11 с.
29. Инновационные технологии переработки вольфрамосодержащих хвостов обогатительной фабрики Жамбыл / А.С. Шевченко, Ю.П. Морозов, М.Р. Шаутенов, И.Х. Хамидулин // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2020. – № 3-1. – С. 443–452.
30. Способ извлечения окисленного молибдена при переработке смешанных молибденовых руд: пат. Рос. Федерация RU 2234548 C2, 20.08.2004; заявл. 13.08.2002; опубл. 20.08.2004. – 4 с.
31. Геворкян Г.Г., Мусаелян А.В. Техничко-экономическое обоснование переработки хвостов обогащения руд цветных металлов // *Вестник Национального политехнического университета Армении. Metallurgy, материаловедение, недропользование*. – 2018. – № 1. – С. 96–103.
32. Пестряк И.В., Хандмаа С., Баатархуу Ж. Повышение эффективности комбинированной флотационно-биогидрометаллургической переработки медно-молибденовых руд // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2011. – № 11. – С. 209–215.
33. Способ комплексной переработки хвостов флотационного обогащения молибдено-вольфрамовых руд: пат. Рос. Федерация RU 2509168 C1, 10.03.2014; заявл. 06.11.2012; опубл. 10.03.2014. Бюл. № 7. – 12 с.
34. Способ флотационной переработки текущих и лежалых хвостов обогащения, содержащих минералы меди и молибдена: пат. Рос. Федерация RU 2539448 C1; 20.01.2015. заявл. 17.10.2013. опубл. 10.03.2014. Бюл. № 7. – 12 с.
35. Prospects for involvement of low-grade molybdenum and tungsten concentrates in metallurgical processing / A.S. Medvedev, P.V. Aleksandrov, B.Z. Razykov, A.O. Rodionov, O.V. Sannikova // *Metallurgist*. – 2013. – V. 57. – № 3–4. – P. 261–267. DOI: 10.1007/s11015-013-9722-0.
36. Хантургаева Г.И. Комбинированные технологии комплексной переработки труднообогатимых молибденовых и вольфрамовых руд // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2009. – № S14. – С. 478–494.
37. Gudkova I.Y., Vusikhis A.S., Lempert D.B. Oxidative roasting of molybdenite concentrate with formation of calcium molybdate carried out in the mode of filtration combustion // *Russian Chemical Bulletin*. – 2016. – V. 65. – № 10. – P. 2396–2399. DOI: 10.1007/s11172-016-1595-5
38. Gasik M. Technology of molybdenum ferroalloys // *Handbook of ferroalloys*. – Espoo, Finland: Elsevier, 2013. – P. 387–396. DOI: 10.1016/B978-0-08-097753-9.00012-5.
39. Swinbourne D.R., Arnout S. Thermodynamic model of metallothermic smelting of ferromolybdenum // *Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy*. – 2019. – V. 128. – № 3. – P. 193–204. DOI: 10.1080/03719553.2017.1421421
40. Gasparyan Yu.B. Technology for producing the molybdenum and ferromolybdenum by direct reduction of sulfide concentrates // *Metallurg*. – 2001. – № 8. – P. 28–29.
41. Golmakani M.H., Vahdati-Khaki J., Babakhani A. A novel method for direct fabrication of ferromolybdenum using molybdenite via self-propagation high temperature synthesis // *Materials Chemistry and Physics*. – 2017. – V. 194. – P. 9–16. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2017.03.017.
42. A novel process for producing ferromolybdenum powder master alloy without generating secondary pollutants through a two-step hydrogen reduction process / B.-S. Kim, S.-B. Kim, H.-I. Lee, Y.-Y. Choi // *Materials Transactions*. – 2011. – V. 52. – № 6. – P. 1288–1293. DOI: 10.2320/matertrans.M2011037.
43. Selective leaching and recovery of V as iron vanadate from industrially generated Mo-V residue / P.C. Rout, G.K. Mishra, D. Mohapatra, B. Padh, B.R. Reddy // *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. – 2018. – V. 28. – № 11. – P. 2368–2374. DOI: 10.1016/S1003-6326(18)64882-4.
44. Zhuchkov V.I., Dashevskij V.Ya. New resource-saving processes for manufacturing the ferroalloys // *Cailiao Kexue yu Gongyi/Material Science and Technology*. – 1998. – V. 6. – № 2. – P. 22–23.

45. Иванков С.И., Литвинцев Э.Г., Петкевич Д.Г. Проблемы создания современных экологически малонапряженных технологий переработки комплексных вольфрамовых руд и пути их решения // Научные и технические аспекты охраны окружа-

ющей среды. Обзорная информация. – 2013. – Вып. 3. – С. 1–138.

Поступила 13.01.2021 г.

Информация об авторах

Боярко Г.Ю., доктор экономических наук, кандидат геолого-минералогических наук, профессор отделения нефтегазового дела Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Хатьков В.Ю., начальник департамента 817 ПАО «Газпром»; соискатель Национального исследовательского Томского политехнического университета.

UDC 339.13:669.28

CURRENT STATE OF MOLYBDENUM INDUSTRY IN RUSSIA

Grigory Yu. Boyarko¹,
gub@tpu.ru

Vitaly Yu. Khatkov^{1,2},
V.Khatkov@adm.gazprom.ru

¹ National research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia.

² Gazprom PJSC,
2, Pobedy square, St. Petersburg, 196143, Russia.

Relevance of the work is caused by the need to study the problems of the Russian molybdenum industry.

Objective: to study the dynamics of commodity flows (production, import, export, consumption) of molybdenum products (molybdenum concentrates and ferromolybdenum), their prices (world, Russian imports and exports) and the share of Russian molybdenum products in the world economy; to develop recommendations for optimizing the turnover of molybdenum products.

Research methods: statistical, graphical, logical.

As a result of the analysis of the dynamics in commodity flows of molybdenum products and prices for them, the results of the activities of mining and processing enterprises, significant changes in the state of the Russian molybdenum industry are established. Until 2005, the Russian molybdenum industry was in a state of crisis, exporting a significant part of the molybdenum concentrate and importing most of the consumed ferromolybdenum. As a result of a sharp increase in 2004–2008 in the world prices for almost all molybdenum products the investments into projects in the molybdenum industry have become attractive. New ferromolybdenum plants were built (Sorsky and Zhirekenskyy), preparation of projects for molybdenum extraction at new fields (Agaskyrskoye and Burdainskoye molybdenum fields, Ak-Sug copper-porphry, Yuzhno-Shameyskoye tungsten-molybdenum), and significant export flow of ferromolybdenum appeared. The decline in global prices for molybdenum products since 2009 has led to a pullback in activity in the Russian molybdenum industry, but this is not critical. The extraction of molybdenum raw materials ceased to be export-oriented, and with the appearance of a deficit in national consumption, formal import dependence (20–36 % of consumption) also appeared. There is a need to increase national production (extraction) of molybdenum ores and concentrates. A fundamentally new technological flow of transit import-export trade was formed, when molybdenum concentrate is imported, and the ferromolybdenum produced from it is sent for export. To improve the situation in the Russian molybdenum industry, it is recommended to: accelerate the recovery of stopped mining and processing enterprises; involve new molybdenum deposits in operation; use new technologies for processing molybdenum raw materials; organize the production of new commodity products – molybdenum oxides and molybdates.

Key words:

Russian molybdenum industry, molybdenum concentrates, ferromolybdenum, commodity flows, import cost.

REFERENCES

- Galevskiy G.V., Polyakh O.A., Rudneva V.V., Anikin A.E. Assessment of current trends in the production of molybdenum, its alloys and molybdenum-containing products. *Ferrous metallurgy. Bulletin of Scientific, Technical and Economical Information*, 2020, vol. 76, no. 8, pp. 780–789. In Rus.
- Pokalov V.T. Ways to solve the problem of providing Russian industry with alloying metals. *Mineral resources of Russia. Economics and management*, 1993, no. 5, pp. 12–15. In Rus.
- Danilov Yu.G., Nikiforova V.V., Leont'ev S.P., Konstantinov N.N., Khosoev D.V. Erdenet M&PP: history and development prospects. *Russian Mining Industry*, 2019, no. 5 (147), pp. 24–27. In Rus.
- Ilina V.A., Romanov S.M. Current state and prospects of development of molybdenum production in Russia. *Mining informational and analytical bulletin*, 2013, no. S217, pp. 19–22. In Rus.
- Elsukova M.A. Molybdenum market in the world and Russia. *Mineral resources of Russia. Economics and management*, 2014, no. 4, pp. 78–81. In Rus.
- Zhang Z.-Z., Wang X.-W., Zhang J.-F., Jiang G.-Y., Fan Q.-D. The prediction of molybdenum mineral demand and supply in China. *Acta Geoscientia Sinica*, 2017, vol. 38, no. 1, pp. 69–76. DOI: 10.3975/cagsb.2017.01.11.
- Outteridge T., Kinsman N., Ronchi G., Mohrbacher H. Editorial: industrial relevance of molybdenum in China. *Advances in Manufacturing*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 35–39. DOI: 10.1007/s40436-019-00270-5.
- Schulz K.J., DeYoung J.H., Seal R.R., Bradley D.C. *Critical Mineral Resources of the United States – Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply*. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey, 2017. 862 p. Available at: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp1802> (accessed: 1 November 2020).
- Study on the review of the list of Critical Raw Materials. *Critical Raw Materials Factsheets*. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2017. 515 p. Available at: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7345e3e8-98fc-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en> (accessed: 1 November 2020).
- Gosudarstvenny doklad «O sostoyanii i ispolzovanii mineralno-syrevykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2016–2017 godakh» [State report «State and use of mineral resources of the Russian Federation in 2016–2017». Available at: [http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/](http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/) (accessed: 1 November 2020).
- Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki Rossii [Federal state statistics service of Russia]. Available at: <https://gks.ru/emiss> (accessed: 1 November 2020).
- Federalnaya tamozhennaya sluzhba Rossii [Federal customs service of Russia]. Available at: <http://stat.customs.ru/analytics/> (accessed: 1 November 2020).
- A world of information. UNdata. Available at: <https://data.un.org/Search.aspx?q=molybdenum> (accessed: 1 November 2020).
- TrendEconomy. Available at: <http://data.trendeconomy.ru/dataviewer/trade/statistics/> (accessed: 1 November 2020).
- Issledovatel'skaya gruppa INFOMAJN [INFOMINE research group]. Available at: <http://www.infomine.ru/> (accessed: 1 November 2020).

16. Pokalov V.T. Lokalny prognoz mestorozhdeniy molibdena [Local forecast of molybdenum deposits]. *Lokalnoe prognozirovaniye plutogennykh mestorozhdeniy molibdena, volframa i olova* [Local forecasting of plutogenic deposits of molybdenum, tungsten and tin]. Moscow, Nedra Publ., 1985. pp. 14–102.
17. Bortnikov N.S., Volkov A.V., Galyamov A.L., Vikent'ev I.V., Aristov V.V., Lalomov A.V., Murashov K.Y. Mineral resources of high-tech metals in Russia: State of the art and outlook. *Geology of Ore Deposits*, 2016, vol. 58, no. 2, pp. 83–103. DOI: 10.1134/S1075701516020021.
18. Lapteva A.M., Mitrofanov N.P., Tigunov L.P. Alloying metal supply: State-of-the art, problems & prospects. *Gornyi Zhurnal*, 2017, no. 7, pp. 10–16. DOI: 10.17580/gzh.2017.07.02.
19. Aleshin D.S., Khalezov B.D., Krasnenin A.G. Raw material base of molybdenum. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyi zhurnal*, 2019, no. 7, pp. 113–121. In Rus.
20. Yakovlev V.L., Kornilkov S.V., Rasskazov I.Y., Tkach S.M. Integrated subsoil use and territorial development in difficult natural environments and adverse climatic conditions. *Gornyi Zhurnal*, 2019, no. 6, pp. 84–89. DOI: 10.17580/gzh.2019.06.12. In Rus.
21. Khatkov V.Yu., Boyarko G.Yu. Current state of tungsten industry in Russia. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2019, vol. 330, no. 2, pp. 124–137. DOI: 10.18799/24131830/2019/2/114. In Rus.
22. Khatkov V.Yu., Boyarko G.Yu. World and Russian counter import/export flows of mineral products. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2018, vol. 329, no. 3, pp. 145–167. In Rus.
23. Chen Y.-J., Pirajno F., Li N., Deng X.-H. Molybdenum deposits in China. *Ore Geology Reviews*, 2017, vol. 81, pp. 401–404. DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.11.002.
24. Polyak D.E. Molybdenum [Advance Release]. 2017. *Minerals Yearbook*. U.S. Geological Survey, 2020. 13 p. Available at: <https://prd-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/myb1-2017-molyb.pdf> (accessed: 1 November 2020).
25. Nekrasov V.M. Status of ferroalloy production in Russia. *Litejnye Proizvodstvo*, 1999, no. 4, pp. 3–4.
26. Leont'ev L.I., Smirnov L.A., Zhuchkov V.I., Zhdanov A.V., Dashevskii V.Y., Gurova S.A. Status and prospects of ferroalloys production in the Russian Federation. *Metallurgist*, 2016, vol. 59, no. 11–12, pp. 1001–1006. DOI: 10.1007/s11015-016-0206-x.
27. Boyarko G.Yu., Matveev B. N. The raw material base of ferroalloys and features of development of their production in Russia. Part 2. Microalloying ferroalloys. *Chernye metally*, 2020, no. 2, pp. 15–20. In Rus.
28. Levitin A.I., Ponomarev V.S. *Sposob radiometricheskogo obogashcheniya mineralnogo syr'ya* [Method for radiometric enrichment of mineral raw materials]. Patent RF, no. RU 2248245 C2, 2005.
29. Shevchenko A.S., Morozov Yu.P., Shautenov M.R., Khamidulin I.Kh. Innovative technologies for processing tungsten-containing tailings of the Zhambyl processing plant. *Mining informational and analytical bulletin*, 2020, no. 3-1, pp. 443–452. In Rus.
30. Kostromina I.V., Dobromyslov Yu.P., Sekisov G.V. *Sposob izvlecheniya okislennogo molibdena pri pererabotke smeshannykh molibdenovykh rud* [Method for extracting oxidized molybdenum in the processing of mixed molybdenum ores]. Patent RF, no. RU 2234548 C2, 2004.
31. Gevorkyan G.G., Musaelyan A.V. Feasibility study for processing tailings for processing non-ferrous metal ores. *Proceedings of National Polytechnic University of Armenia. Metallurgy, materials science, subsurface use*, 2018, no. 1, pp. 96–103. In Rus.
32. Pestryak I.V., Khandmaa S., Baatarkhuu Zh. Improving the efficiency of combined flotation-biohydrometallurgical processing of copper-molybdenum ores. *Mining informational and analytical bulletin*, 2011, no. 11, pp. 209–215. In Rus.
33. Ryakhovskiy V.M., Kononov O.V., Bychkov A.Yu., Komarova Ya.S., Oleynikova O.V., Blaev B.Kh., Khakulov V.A., Postavnin B.N. *Sposob kompleksnoy pererabotki khvostov flotatsionnogo obogashcheniya molibdenovolframovykh rud* [Method for complex processing of tailings of flotation enrichment of molybdenum-tungsten ores]. Patent RF, no. RU 2509168 C1, 2014.
34. Zimin A.V., Nazarov Yu.P., Gehzeht Sh. *Sposob flotatsionnoy pererabotki tekushchikh i lezhalykh khvostov obogashcheniya, soderzhashchikh mineraly medi i molibdena* [Method for flotation processing of current and stale enrichment tailings containing copper and molybdenum minerals]. Patent RF, no. RU 2539448 C1, 2015.
35. Medvedev A.S., Aleksandrov P.V., Razykov B.Z., Rodionov A.O., Sannikova O.V. Prospects for involvement of low-grade molybdenum and tungsten concentrates in metallurgical processing. *Metallurgist*, 2013, vol. 57, no. 3–4, pp. 261–267. DOI: 10.1007/s11015-013-9722-0.
36. Khandurgaeva G.I. Combined technologies for complex processing of hard-to-enrich molybdenum and tungsten ores. *Mining informational and analytical bulletin*, 2009, no. S14, pp. 478–494. In Rus.
37. Gudkova I.Y., Vusikhis A.S., Lempert D.B. Oxidative roasting of molybdenite concentrate with formation of calcium molybdate carried out in the mode of filtration combustion. *Russian Chemical Bulletin*, 2016, vol. 65, no. 10, pp. 2396–2399. DOI: 10.1007/s11172-016-1595-5.
38. Gasik M. Technology of molybdenum ferroalloys. *Handbook of ferroalloys*. Espoo, Finland, Elsevier, 2013. pp. 387–396. DOI: 10.1016/B978-0-08-097753-9.00012-5.
39. Swinbourne D.R., Arnout S. Thermodynamic model of metallothermic smelting of ferromolybdenum. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy*, 2019, vol. 128, no. 3, pp. 193–204. DOI: 10.1080/03719553.2017.1421421.
40. Gasparyan Yu.B. Technology for producing the molybdenum and ferromolybdenum by direct reduction of sulfide concentrates. *Metallurg*, 2001, no. 8, pp. 28–29.
41. Golmakani M.H., Vahdati khaki J., Babakhani A. A novel method for direct fabrication of ferromolybdenum using molybdenite via self-propagation high temperature synthesis. *Materials Chemistry and Physics*, 2017, vol. 194, pp. 9–16. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2017.03.017.
42. Kim B.-S., Kim S.-B., Lee H.-I., Choi Y.-Y. A novel process for producing ferromolybdenum powder master alloy without generating secondary pollutants through a two-step hydrogen reduction process. *Materials Transactions*, 2011, vol. 52, no. 6, pp. 1288–1293. DOI: 10.2320/matertrans.M2011037.
43. Rout P.C., Mishra G.K., Mohapatra D., Padh B., Reddy B.R. Selective leaching and recovery of V as iron vanadate from industrially generated Mo-V residue. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2018, vol. 28, no. 11, pp. 2368–2374. DOI: 10.1016/S1003-6326(18)64882-4.
44. Zhuchkov V.I., Dashevskij V.Ya. New resource-saving processes for manufacturing the ferroalloys. *Cailiao Kexue yu Gongyi/Material Science and Technology*, 1998, vol. 6, no. 2, pp. 22–23.
45. Ivankov S.I., Litvintsev E.G., Petkevich D.G. Problems of creation of modern environmentally low-stress technologies of processing of complex tungsten ores and ways of their solution. *Scientific and technical aspects of environmental protection. Overview information*, 2013, vol. 3, pp. 1–138.

Received: 13 January 2021.

Information about the authors

Grigory Yu. Boyarko, Dr. Sc., Cand. Sc., professor National Research Tomsk Polytechnic University.

Vitaly Yu. Khatkov, head of the department 817, Gazprom; postgraduate student, National Research Tomsk Polytechnic University.