

УДК 339.13:669.273.3:669.273.6

ОБЗОР МИРОВОГО РЫНКА ВОЛЬФРАМА. ЧАСТЬ 2. ТОВАРНЫЕ ПОТОКИ СЫРЬЕВЫХ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПРОДУКТОВ

Боярко Григорий Юрьевич,
gub@tpu.ru

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

Актуальность работы обусловлена необходимостью изучения проблем весьма изменчивого мирового рынка сырьевых вольфрамовых продуктов.

Цель: изучение динамики мировых товарных потоков (производства, импорта, экспорта, потребления) сырьевых вольфрамовых продуктов (вольфрамовых руд и концентратов, паравольфрамата аммония, вольфрамовых отходов и скрапа); оценка критичности мирового рынка сырьевых вольфрамовых продуктов.

Методы: статистический, графический, логический.

Результаты. Мировой рынок сырьевых вольфрамовых продуктов очень сложный. Мировая добыча первичного вольфрамового сырья выросла с 4–7 тыс. т 100 % W/год в 1913–1915 гг. до 75–90 тыс. т 100 % W/год в 2011–2020 гг. с темпом прироста +2,9 %/год. Утилизация вторичного вольфрамового сырья в целом по миру выросла с 2–3 тыс. т 100 % W/год в 1970-е гг. до 14–23 тыс. т 100 % W/год в 2008–2020 гг. с темпом прироста +4,3 %/год. Доля мировой утилизации вольфрамовых отходов от суммы первичного и вторичного вольфрамового сырья увеличилась с 5–6 % в 1970-е гг. до 21 % в 2019 г. В 1970–1980-е гг. был период обычного состояния медленно растущего мирового потребления сырьевых вольфрамовых продуктов с темпами прироста спроса на вольфрамовое сырье +3,4 %/год; в 1990-е гг. – значительное сокращение спроса на вольфрамовые продукты (–6,9 %/год) в военной сфере (завершение холодной войны) и смена приоритетов товаров в торговле вольфрамовым сырьем (увеличение роли торговли паравольфрамата аммония), сокращение роли России на вольфрамовом рынке (последствия стагнации российской экономики, в первую очередь, металлообработки); в 2000–2010-е гг. – бурный рост мирового спроса конечных вольфрамовых товарных продуктов и, соответственно, мирового спроса и предложения вольфрамового сырья с приростом спроса +6,4 %/год. При этом имеется тренд сокращения долей мировой торговли вольфрамовым сырьем от суммы добытого первичного и утилизированного вторичного сырья по объемам и стоимости, соответственно, с 39 и 47 % в 1970 г. до 21 и 27 % в 2020 г. Доля сырья в мировой торговле вольфрамовых продуктов сократилась с 70–80 % по объемам и 60–70 % по стоимости в 1970–1980-е гг., соответственно, до 42–55 и 15–20 % в 2010-е гг. Китай доминирует в мировом производстве, переработке и потреблении сырьевых вольфрамовых продуктов, поэтому его торговая политика по сдерживанию (квотированию) экспорта этих товаров и определяет динамику мирового рынка вольфрамового сырья. В международной торговле Китай изменил стратегию экспорта сырья на его импорт, став при этом лидером импортирования вольфрамовых концентратов. Другие промышленно развитые страны – потребители вольфрамового сырья – США, Германия, Британия, Франция, Япония и Южная Корея – стали критически зависимыми от импорта вольфрамовых сырьевых продуктов (доля импорта свыше 50 % от потребления) и будут продолжать оставаться таковыми в обозримом будущем.

Ключевые слова:

Вольфрамовые руды и концентраты, паравольфрамаат аммония, вольфрамовые отходы, производство, экспорт, импорт, потребление, ценообразование, стоимость.

Введение

Мировое предложение вольфрамового сырья, несмотря на достаточно большие объемы производства (до 90 тыс. т/год первичного предложения и до 20 тыс. т/год вторичного выпуска при переработке отходов), отличается сложностью рыночных отношений, что обусловлено доминированием предложения сырья из одной страны (Китай) и значительными динамическими изменениями объемов спроса и предложения вольфрамовых продуктов в последние 50 лет [1–4]. В 1990-е гг. произошло резкое сокращение спроса на вольфрамовые продукты в военной сфере, сменились приоритеты товаров в торговле вольфрамовым сырьем, сократилась роль России на вольфрамовом рынке на фоне стагнации российской экономики [1]. В 2000–2010-е гг. произошел бурный рост спроса и предложения вольфрамовых товарных продуктов ввиду экспоненциального наращивания возможностей китайской промышленности и это сопровождалось динамическими изменениями мирового рынка и

сырьевых вольфрамовых продуктов [5, 6]. Развивается и увеличивает объемы предложения и рынок вторичного вольфрамового сырья [7–9]. Требуется оценить состояние мировой минерально-сырьевой базы вольфрама, произвести анализ динамики мирового рынка множественности товарных сырьевых вольфрамовых продуктов (вольфрамовых руд и концентратов, паравольфрамата аммония, вольфрамовых отходов и скрапа) и определить уровень критичности сырьевых вольфрамовых товаров с позиции спроса и предложения.

Методы исследования

С целью изучения мирового рынка сырьевых вольфрамовых продуктов были обработаны данные по их мировому производству, экспорту и импорту (в метрических тоннах) за период наиболее полных данных – 1970–2020 гг., а также по динамике мировых цен на эти продукты (в USD за метрическую тонну). Для показателей объемов производства, импорта и экспорта за базовый вариант брались данные Бри-

танской геологической службы (BGS) [10], имеющиеся для всего изучаемого периода. Они сравнивались с данными Геологической службы США (USGS) [11], маркетинговых компании TrendEconomy [12] и ИнфоМайн [13], информационной службы ООН (UN) [14], а также другими национальными источниками, включая доклады Федерального агентства недропользования [15] и Федеральной таможенной службы [16] России. При наличии различий с данными BGS в своде данных выставлялись сведения национальных источников или данные, присутствующие минимум в двух источниках (TrendEconomy, UN, USGS или ИнфоМайн). Объемы отходов вольфрама при отсутствии прямой информации оценивались по косвенным данным – по разности объемов производства конечных продуктов и их потребления с пересчетом на 50 % содержания W в отходах. Нетто-потребление сырьевых вольфрамовых продуктов рассчитывалось по сведению баланса «Производство» + «Импорт» – «Экспорт» = «Нетто-потребление».

Товарные потоки сырьевых вольфрамовых продуктов

Вольфрамовые продукты разделяются на группы сырьевых (первичных и вторичных) и конечных то-

варных продуктов. Объемы потоков товаров предпочтительно оценивать в метрических тоннах, как, впрочем, и цены на них за весовые тонну или килограмм.

Первичные сырьевые вольфрамовые продукты включают собственно исходные вольфрамовые руды и концентраты, а также промежуточный продукт – паравольфрамат аммония.

Вольфрамовые руды и концентраты (вольфрамита, шеелита и вольфрамсодержащих шламов) являются продуктами разработки собственно вольфрамовых и комплексных вольфрам-молибденовых и олово-вольфрамовых месторождений. Получение товарных вольфрамовых концентратов производится с использованием гравитационного и флотационного обогащения вольфрамовых и комплексных руд [17], причем самой сложной и затратной операцией является их доводка до высоких кондиций (свыше 65 % WO₃) [1]. Тем не менее разрабатываются новые технологии обогащения и переработки вольфрамового концентрата [18], в том числе и с использованием бедных вольфрамовых концентратов [19]. В последнем случае станет возможным вовлечение в эксплуатацию месторождений, из которых пока получают только низкокачественные вольфрамовые концентраты.

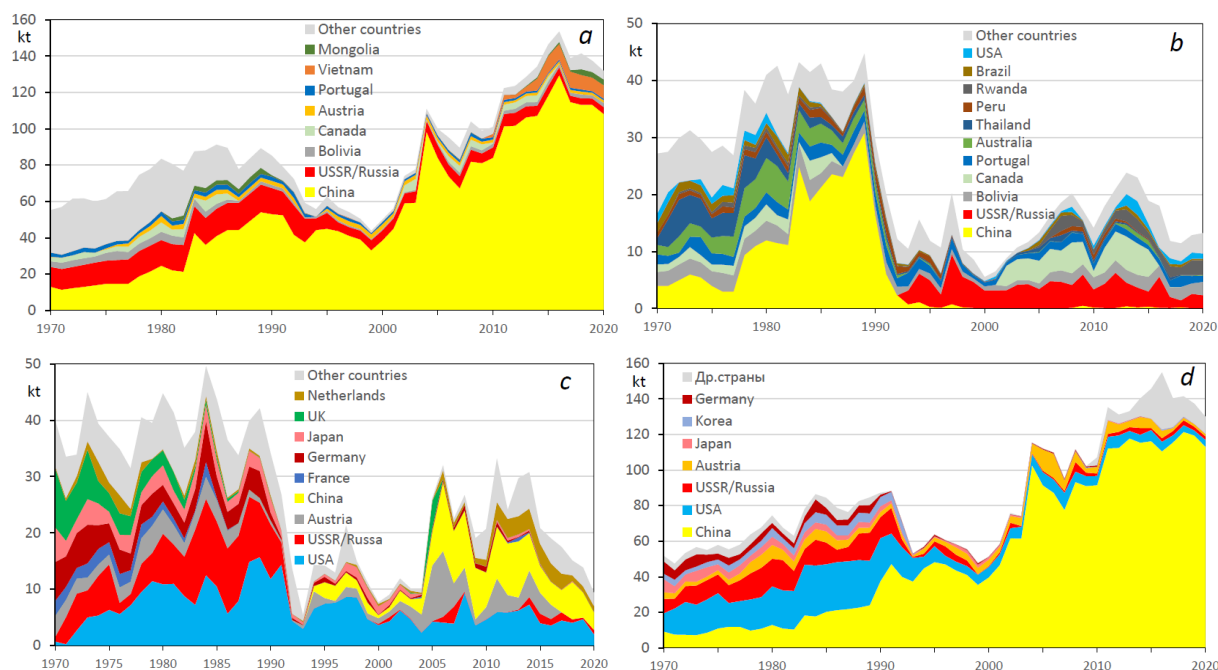


Рис. 1. Динамика мировых товарных потоков вольфрамовых руд и концентратов за 1970–2020 гг. (сортировка по объемам, в метрических тоннах). Составлено по данным [10–16]. а) производство; б) экспорт; в) импорт; д) потребление

Fig. 1. Dynamics of global commodity flows of tungsten ores and concentrates for 1970–2020 (sorted by volumes, in metric tons). Compiled according to [10–16]. a) production; b) export; c) import; d) consumption

Мировое предложение вольфрамовых руд и концентратов возросло с 55 тыс. т в 1970 г. до 91 тыс. т в 1985 г., после чего наметился спад вплоть до 44 тыс. т в 1999 г., а в дальнейшем на фоне роста экономической активности Китая резкое увеличение – вплоть до 154 тыс. т в 2016 г. (рис. 1, а). Изменения в динамике объемов предложения вольфрамовых концентратов

определяются доминированием китайского производства, увеличившего свою долю мировой добычи вольфрама с 24 % (13 тыс. т) в 1970 г. до 84 % (130 тыс. т) в 2016 г. Производство вольфрамового концентрата в СССР, составлявшее в 1970–1980-е гг. 11–15 тыс. т/год (15–20 % от мирового предложения), начиная с 1993 г. начало сокращаться до 5–7 тыс. т/год

(6–14 %) в 1990–2000-е гг. и 3–5 тыс. т/год (2–4 %) в 2010-е гг. [20]. Предложение вольфрамового концентрата из других стран значительно ниже, причем в 1987 г. была практически прекращена добыча вольфрама в США, в 1994 г. – в Южной Корее, в 2016 г. – в Канаде. В 2010 г. начато производство вольфрамового концентрата во Вьетнаме (до 7–9 тыс. т/год), с 2014 г. возрастают объемы добычи вольфрама в Монголии (до 3 тыс. т/год).

В динамике международной торговли вольфрамовыми рудами и концентратами (рис. 1, *b, c*) можно отметить следующие тенденции:

- резкое падение объемов международной торговли вольфрамовыми концентратами в 1991–1993 гг. с 30–40 до 10–12 тыс. т/год, обусловленное сменой торговой политики Китая с переходом на реализацию производного промпродукта (паравольфрамата аммония) с большей прибавочной стоимостью;
- инверсия импорта/экспорта вольфрамового концентрата в СССР/России (импорт в 1980-е гг. 7–12 тыс. т/год) с переходом в 1992 г. на экспорт (3–6 тыс. т/год);
- инверсия экспорта/импорта вольфрамового сырья в Китае – экспорт в 1978–1990 гг. (29–43 тыс. т/год), с переходом после 1994 г. на импорт (4–8 тыс. т/год);
- временное (2002–2015 гг.) появление на рынке экспортного потока вольфрамового концентрата (3–6 тыс. т/год) из Канады в период высоких цен на него;
- появление в 2006–2007 и 2014–2017 гг. встречного (к имеющемуся экспорту) импортного потока вольфрамового сырья в Россию (1–3 тыс. т/год).

Главным экспортером вольфрамовых концентратов в 1970–1992 гг. был Китай с максимальными поставками 30 тыс. т в 1989 г., в последующем периоде – Россия (до 6 тыс. т в 1997 г.), Канада (до 9 тыс. т в 2013 г.), Руанда (до 2,6 тыс. т в 2019 г.) и Боливия (до 2,5 тыс. т в 2015 г.).

Ведущими импортерами вольфрамовых концентратов в течение всего исследуемого периода являются США (4–16 тыс. т/год) и Австрия (1–6 тыс. т/год), в 1970–1980-е гг. значительные объемы импорта поступали в СССР (4–14 тыс. т/год), Германию (3–7 тыс. т/год), Японию (2–6 тыс. т/год) и Британию (1–10 тыс. т/год). В 2000–2010-е гг. выросли объемы импорта в Китай (2–9 тыс. т/год) и Нидерланды (1–3 тыс. т/год).

Лидером потребления вольфрамового концентрата в 1970–1980-е гг. являлись США – 14–28 тыс. т/год (20–35 % мирового спроса), но с 1993 г. наблюдается его снижение до уровня 3–7 тыс. т/год (2–7 %), сохраняемое до настоящего времени (рис. 1, *d*). Китай же, потребляя в 1970-х гг. 7–13 тыс. т/год (10–22 % мирового спроса) вольфрамового концентрата, начиная с 1983 г. наращивает его потребление вплоть до 119 тыс. т (85 % мирового спроса) в 2018 г. В СССР потребление вольфрамового концентрата составляло 8–17 тыс. т/год, а в России в 1990-е гг. оно сократилось до 1–5 тыс. т/год, что сохраняется до настоящего времени. В Австрии за весь исследуемый период имеет место стабильное потребление вольфрамового концен-

траты на уровне 3–7 тыс. т/год. В 1970–1980-е гг. достаточно высокий уровень потребления вольфрамового концентрата (2–7 тыс. т/год) наблюдался в Японии, Южной Корее и Германии, но начиная с 1990-х гг. он сократился до исчезающе малых величин.

Паравольфрамат аммония является промежуточным технологическим продуктом для производства металлического вольфрама и карбида вольфрама, и объемы его производства в первом приближении конформны объемам потребления вольфрамового концентрата. Его производят путем гидрометаллургического передела, включающего автоклавное выщелачивание для шеелитовых концентратов и спекание с содой для вольфрамитовых концентратов [17, 21, 22]. Вольфрамовые отходы также преимущественно перерабатываются на паравольфрамат аммония [23, 24]. По сравнению с вольфрамовыми концентратами паравольфрамат аммония является более стабильным по составу, и поэтому в 1990-е гг. стала возможна инверсия торговых сырьевых потоков с концентратов на паравольфрамат аммония (ПВА), а также появление цехов производства паравольфрамата аммония непосредственно на добывающих производствах.

Мировое производство ПВА в 1970–1980-е гг. составляло 55–79 тыс. т/год, в 1990-е гг. сократилось до 42–52 тыс. т/год, а начиная с 2000 г. начался его рост вплоть до 120 тыс. т в 2014 г. (рис. 2, *a*). Как и для вольфрамовых руд и концентратов изменения в динамике объемов предложения паравольфрамата аммония определяется доминированием его китайского производства, увеличившего свою долю мирового предложения с 13 % (8 тыс. т) в 1970 г. до 88 % (106 тыс. т) в 2018 г. Производство ПВА в СССР, составлявшее в 1970–1980-е гг. 15–25 тыс. т/год (25–35 % от мирового предложения), после 1993 г. составляло 1–4 тыс. т/год. Производство ПВА в США в 1970–1990-е гг. составляло 5–15 тыс. т/год (5–15 % от мирового предложения), но после 1999 г. снизилось до 3–5 тыс. т/год. Весьма устойчив уровень производства ПВА в Австрии – на уровне 3–7 тыс. т/год за весь период. В 1970–1980-е гг. Япония, Южная Корея, Германия и Британия выпускают 2–7 тыс. т/год паравольфрамата аммония, но в дальнейшем производство ПВА в этих странах сократилось до исчезающе малых величин.

ПВА является промежуточным технологическим продуктом для производства металлического вольфрама и карбида вольфрама, и ранее он не был предметом международной торговли. Но начиная с 1998 г. ввиду смены торговой политики Китая произошел переход с внешних поставок вольфрамового концентрата на экспортную реализацию ПВА как более востребованного технологического сырья устойчивого качества, в отличие от полиминеральных вольфрамовых концентратов. Произошло формирование значительного по объемам мирового рынка ПВА (8–18 тыс. т/год) на фоне падения объемов международной торговли вольфрамовыми концентратами (рис. 2, *b, c*). Во многом это способствовало появлению производства ПВА непосредственно на добывающих предприятиях.

Основным экспортером ПВА является Китай, охватывающий 65–98 % объемов его международной торговли. Несмотря на то, что именно Китай создал новый рынок международной торговли этого вольфрамового продукта, наметился тренд снижения экс-

порта китайского ПВА с 17,7 тыс. т в 1995 г. до 5,4 тыс. т в 2020 г., что обусловлено увеличением объемов национального производства вольфрама металлического и карбида вольфрама.

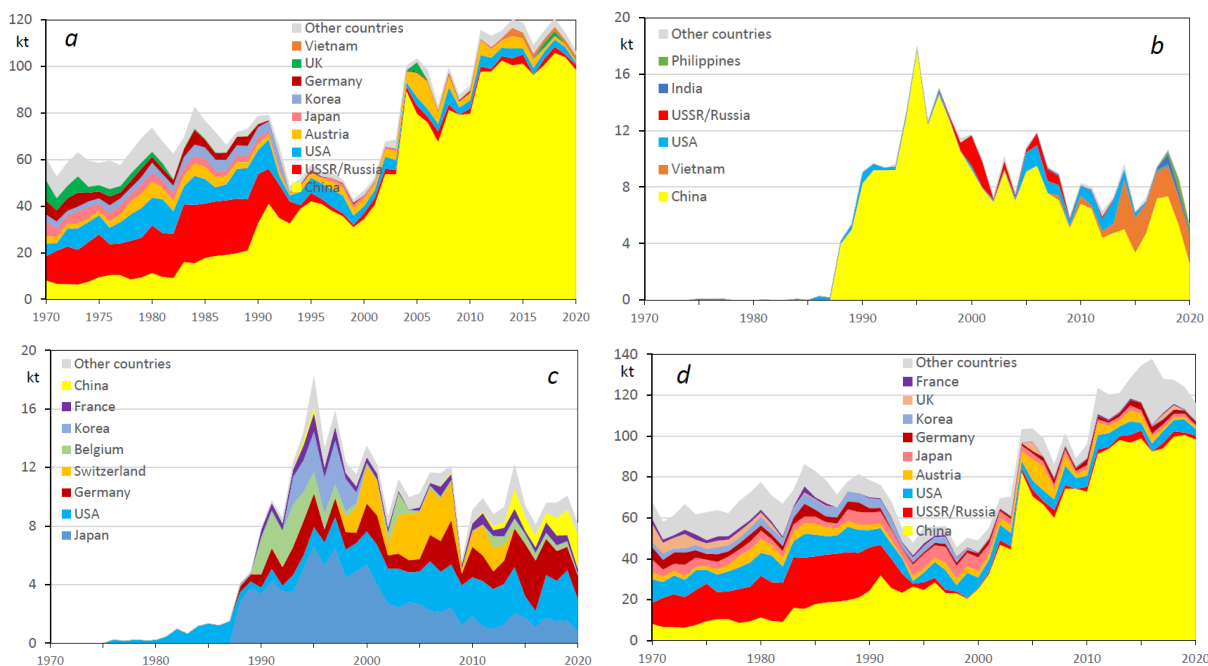


Рис. 2. Динамика мировых товарных потоков паравольфрамата аммония за 1970–2020 гг. (сортировка по объемам, в метрических тоннах). Составлено по данным [10–16]. а) производство; б) экспорт; в) импорт; д) потребление

Fig. 2. Dynamics of global commodity flows of ammonium paratungstate for 1970–2020 (sorted by volumes, in metric tons). Compiled according to [10–16]. a) production; b) export; c) import; d) consumption

Начиная с 2008 г. значительные поставки ПВА осуществляет Вьетнам – до 3,5 тыс. т/год (до 39 % мировой торговли).

Ведущими импортерами ПВА являются Япония (2,0–6,6 тыс. т/год), США (1,0–3,5 тыс. т/год) и Германия (1,0–3,5 тыс. т/год). В отдельные периоды были закупки ПВА в Швейцарии (до 3,2 тыс. т/год), Корею (до 3,0 тыс. т/год) и Бельгии (до 2,9 тыс. т/год).

Лидером потребления ПВА в 1970–1980-е гг. являлся СССР – 15–25 тыс. т/год (17–29 % мирового спроса), но начиная с 1993 г. наблюдается его быстрое снижение до уровня 0,5–2,5 тыс. т/год (1–4 %), сохраняемое до настоящего времени (рис. 2, d). В США также в 1970–1980-е гг. потребление ПВА составляло 7–12 тыс. т/год (13–19 %), а в дальнейшем наметилось некоторое снижение до 4–7 тыс. т/год с пиком потребления 9,6 тыс. т в 2008 г. Китай же, используя в 1970-х гг. 6–9 тыс. т/год ПВА (11–15 % мирового спроса), начиная с 1983 г. наращивает его потребление и, заняв лидерское положение в 1990 г., продолжает увеличивать востребованность ПВА вплоть до 100 тыс. т (81 %) в 2018 г. Австрия является стабильным потребителем ПВА на уровне 2–7 тыс. т/год. В 1970–1980-е гг. достаточно высокий уровень потребления ПВА (2–6 тыс. т/год) наблюдался в Японии, Германии, Южной Корее и Британии, но начиная с 1990-х гг. он сократился в этих странах до 1–2 тыс. т/год.

Кроме первичных сырьевых вольфрамовых продуктов увеличивается во времени использование вторичных сырьевых вольфрамовых продуктов – вольфрамовых отходов и скрапа, обеспечивающих 15–25 % оборота мировых вольфрамовых продуктов [8].

Переработка вольфрамовых отходов осуществляется в зависимости от материала сборов путем сплавления с селитрой, с цинком, окисления с последующим щелочным выщелачиванием, хлорирования и электрохимической обработки [7, 9, 23].

Объемы мирового предложения вольфрамовых отходов в 1970 г. составляли всего 4 тыс. т, то к 2019 г. они увеличились до 45 тыс. т при темпе прироста объемов сбора отходов +5,0 %/год (рис. 3, a). Если до 1991 г. основное образование отходов приходилось на ведущих потребителей вольфрамовой продукции – СССР (до 3,2 тыс. т/год) и США (до 1,6 тыс. т/год), то в дальнейшем лидерство переходит к Китаю, в 1990-е гг. утилизирующему 3,3–4,8 тыс. т/год, а к 2019 г. нарастившему сбор отходов до 25,9 тыс. т. В 2021 г. была установлена квота утилизации вольфрамовых отходов в 24,8 тыс. т [25]. В 2000–2010-е гг. увеличили объемы сбора вольфрамовых отходов США (2,2–5,1 тыс. т/год), Германия (0,7–7,2 тыс. т/год), Япония (1,0–3,3 тыс. т/год) и Австрия (0,4–1,5 тыс. т/год).

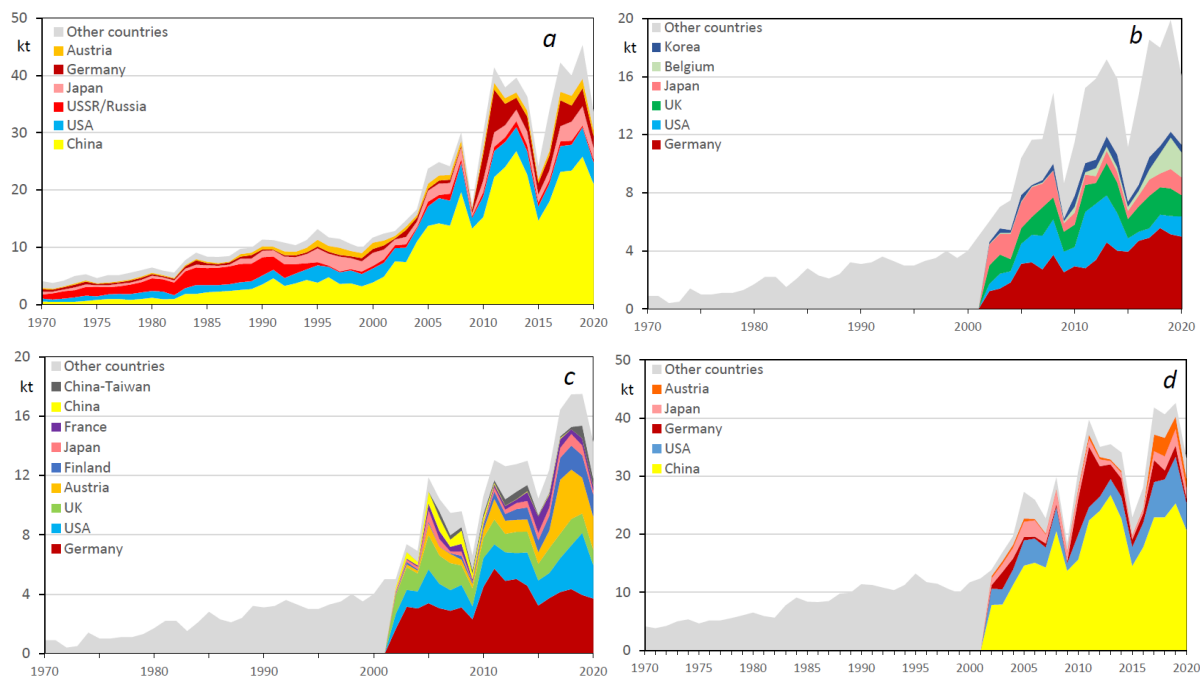


Рис. 3. Динамика мировых товарных потоков вторичных сырьевых вольфрамовых отходов (сортировка по объемам, в физическом весе). Составлено по данным [10–16]: а) – производство за 1970–2020 гг. (оценка); б, с) международная торговля (б – экспорт, с – импорт) за 2002–2020 гг., данные из источников [12–15]; д) потребление 2002–2020 гг. (оценка)

Fig. 3. Dynamics of global commodity flows of secondary raw tungsten waste (sorted by volumes, in physical weight). Compiled according to [10–16]: a) production for 1970–2020 (assessment); b, c) international trade (b – exports, c – imports) for 2002–2020, data from sources [12–15]; d) consumption 2002–2020 (assessment)

Наиболее достоверные данные по мировой торговле вольфрамовыми отходами (с расшифровкой по странам) имеют место лишь за период 2002–2020 гг. В этом временном интервале наблюдаются следующие тенденции (рис. 3, б, с):

- Германия, Британия и США являются главными участниками международной торговли вольфрамовыми отходами и скрапом, причем как в части экспорта, так и по импорту; на них приходится, соответственно, 25, 13 и 18 % мирового экспорта и 34, 16 и 9 % мирового импорта, т. е. имеются встречные потоки материалов, скорее всего, различного состава и качества;
- из экспортеров вольфрамовых отходов следует отметить также Японию, уменьшившую свой исходящий поток с 24 % доли мировой торговли в 2002 г. до 5 % в 2018 г., а из импортеров – Австрию, увеличившую ввоз с 0,8 % доли мировой торговли в 2002 г. до 22 % в 2017 г.

В потреблении вторичных сырьевых вольфрамовых отходов лидирует Китай с наращиванием объемов их использования с 7,8 тыс. т в 2002 г. до 25,3 тыс. т в 2019 г. (рис. 3, д). Остальные лидеры значительно отстают в потреблении отходов – США (3,4–8,0 тыс. т/год), Германия (0,4–3,7 тыс. т/год), Япония (0,6–2,8 тыс. т/год) и Австрия (0,3–3,2 тыс. т/год).

В динамике предложения суммы первичных и вторичных вольфрамовых отходов повторяются этапы трансформаций добычи вольфрамового концентрата, доминирующего по объемам производства (рост

в 1970–1980-х гг., просадка в 1990-х гг., интенсивный рост в 2000–2010-х гг.), но имеется серьезное увеличение прироста суммарных объемов (до 112 тыс. т в 2019 г.) за счет роста утилизации вольфрамовых отходов (рис. 4, а).

Доли утилизации вольфрамового сырья от выпуска конечных вольфрамовых продуктов (суммарно из первичного и вторичного сырья в пересчете на 100 % W) со временем возрастали и составляли в 1970-е гг. 6,2–7,5 %, в 1980-е гг. – 7,2–10,0 %, в 1990-е гг. – 11,8–18,3 %, в 2000-е гг. – 13,0–22,4 % (с просадкой в кризисный 2009 г.) и в 2010-е гг. – 22,0–24,8 % (с просадкой до 14,1–18,0 % в период спада китайского производства вольфрамовых продуктов в 2015–2016 гг.) (рис. 4, б). В динамике долей объемов международной торговли вольфрамовыми отходами от мировых объемов их утилизации наблюдается отчетливый тренд увеличения с 21 % в 1970 г. до 48 % в 2020 г. (рис. 4, в).

Рассматривая в целом совместную динамику товарных потоков международной торговли первичными и вторичными сырьевыми вольфрамовыми продуктами за 1970–2020 гг. (рис. 5, а–с), следует отметить следующее:

- Увеличение объемов торговли вольфрамовыми концентратами в 1970–1980-х гг. коррелирует с ростом их выпуска в этом периоде (рис. 4, а), просадка международной торговли вольфрамовым сырьем в 1990-е гг. не так значима, как для объемов их производства, интенсивное увеличение

предложения первичных и вторичных сырьевых вольфрамовых продуктов в 2000–2010-е гг. сопро-

вождается лишь небольшим увеличением их продаж (сравнение: рис. 4, а; 5, а).

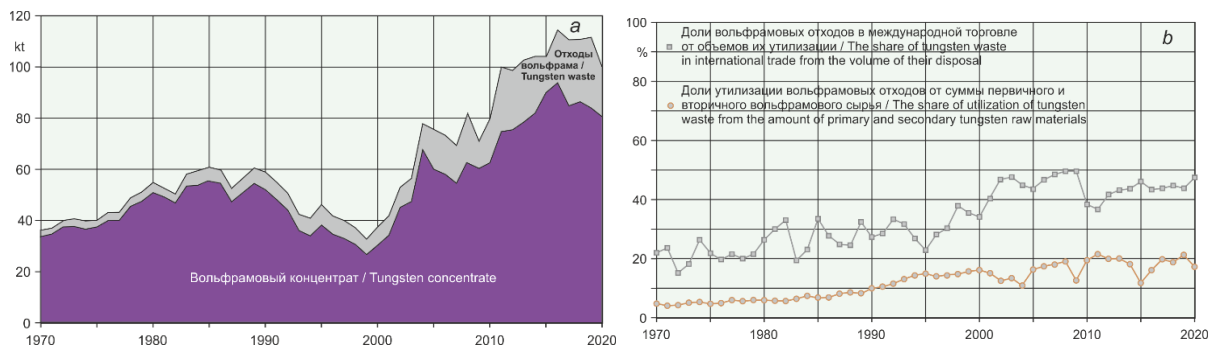


Рис. 4. Объемы предложения первичного и вторичного вольфрамового сырья (а), доли объемов утилизации вольфрамовых отходов от выпуска конечных вольфрамовых продуктов, произведенных из первичного и вторичного сырья, и доли вольфрамовых отходов в международной торговле от объемов их утилизации (б) за 1970–2020 гг., в пересчете на 100 % W. Составлено по данным [10–16]

Fig. 4. Volumes of supply of primary and secondary tungsten raw materials (a), the share of volumes of utilization of tungsten waste from the release of final tungsten products produced from primary and secondary raw materials, and the share of tungsten waste in international trade from the volume of its utilization (b) for 1970–2020, in terms of 100 % W. Compiled according to [10–16]

- В 1992 г. в международной торговле сырьевыми вольфрамовыми продуктами произошла инверсия – снижение поставок вольфрамовых концентратов и увеличение предложения ПВА с соответствующим изменением их долей в торговом балансе.
- Доли вольфрамовых концентратов, составлявшие в 1970–1980-е гг. 84–99 % объемов международной торговли суммы всех вольфрамовых сырьевых продуктов, начиная с 1992 г. сократились до минимума – 25 % в 2000 г., стабилизировались в дальнейшем (2002–2016 гг.) в интервале 40–52 %, и лишь в 2017–2019 гг. часть этого товарного продукта в сумме сырьевых потоков снизилась до 30–41 %.
- Доля ПВА, заместившего в мировой торговле выпадающий спрос на вольфрамовый концентрат, увеличилась с 1 % в 1970–1980-е гг. до 42–59 % в 1992–2003 гг., но в дальнейшем она уменьшилась вплоть до 19 % в 2020 г., став ниже уровня долей вольфрамового концентрата в 2004 г. и долей торговли вольфрамовыми отходами в 2008 г.
- Для вольфрамовых отходов имеются отчетливые тренды приращения как по объемам (с 0,4 тыс. т в физическом весе в 1972 г. до 19,9 тыс. т в 2019 г.), так и по долям международной торговли в сумме сырьевых вольфрамовых продуктов (с 1,1 % в 1972 г. до 42 % в 2019 г.).

В динамике суммы объемов международной торговли первичным и вторичным вольфрамовым сырьем от объемов производимых из него конечных вольфрамовых продуктов следует отметить, что с первоначального относительно стабильного уровня долей сырья 37–52 % до 1989 г. в дальнейшем наметился тренд снижения сырьевой доли в международной торговле вплоть до 15,1 % в 2020 г. (рис. 5, d). Таким

образом, к настоящему времени сырьевая составляющая вольфрамового сырья в международной торговле суммы всех вольфрамовых продуктов становится практически незначимой.

Динамика долей экспорта ПВА из Китая (абсолютного лидера мирового производства этого продукта) от его выпуска полностью конформна изменениям динамики объемов мировой торговли этим товаром (рис. 5, c, e). В то же время динамика долей экспорта вольфрамового концентрата от китайского производства конформна динамике долей международной торговли лишь в период 1970–2003 гг., а позднее его доля от производства Китая соответственно обнулилась (рис. 5, c, e). Экспорт вольфрамовых отходов из Китая не превышает 1 % от их утилизации.

В динамике долей импорта первичных сырьевых вольфрамовых продуктов в США (лидера их мирового импорта) наблюдается тренд их роста во времени (рис. 5, f): для ПВА – с 2 % в 1976 г. до 82 % в 2020 г.; для вольфрамового концентрата – с 1 % в 1971 г. до 64 % в 1979 г., после чего на фоне колебаний с размахом 20–60 % наблюдается тенденция возрастания значений локальных минимумов с 20 % в 1986 г. до 62 % в 2015 г., когда локальные их максимумы могут быть выше 100 % – до 165 % (торговый транзит) в 2019 г.; для вольфрамовых отходов – с 36 % в 2002 г. до 80 % в 2012 г. после чего наметилось снижение их импорта.

В целом доля объемов сырьевых вольфрамовых продуктов в международной торговле всех вольфрамовых продуктов сократилась с 70–80 % в 1970–1980-е гг. до 36 % в 2001 г. и, несколько приподнявшись, флуктуировала в диапазоне 42–55 % в 2010-е гг. (рис. 5, g).

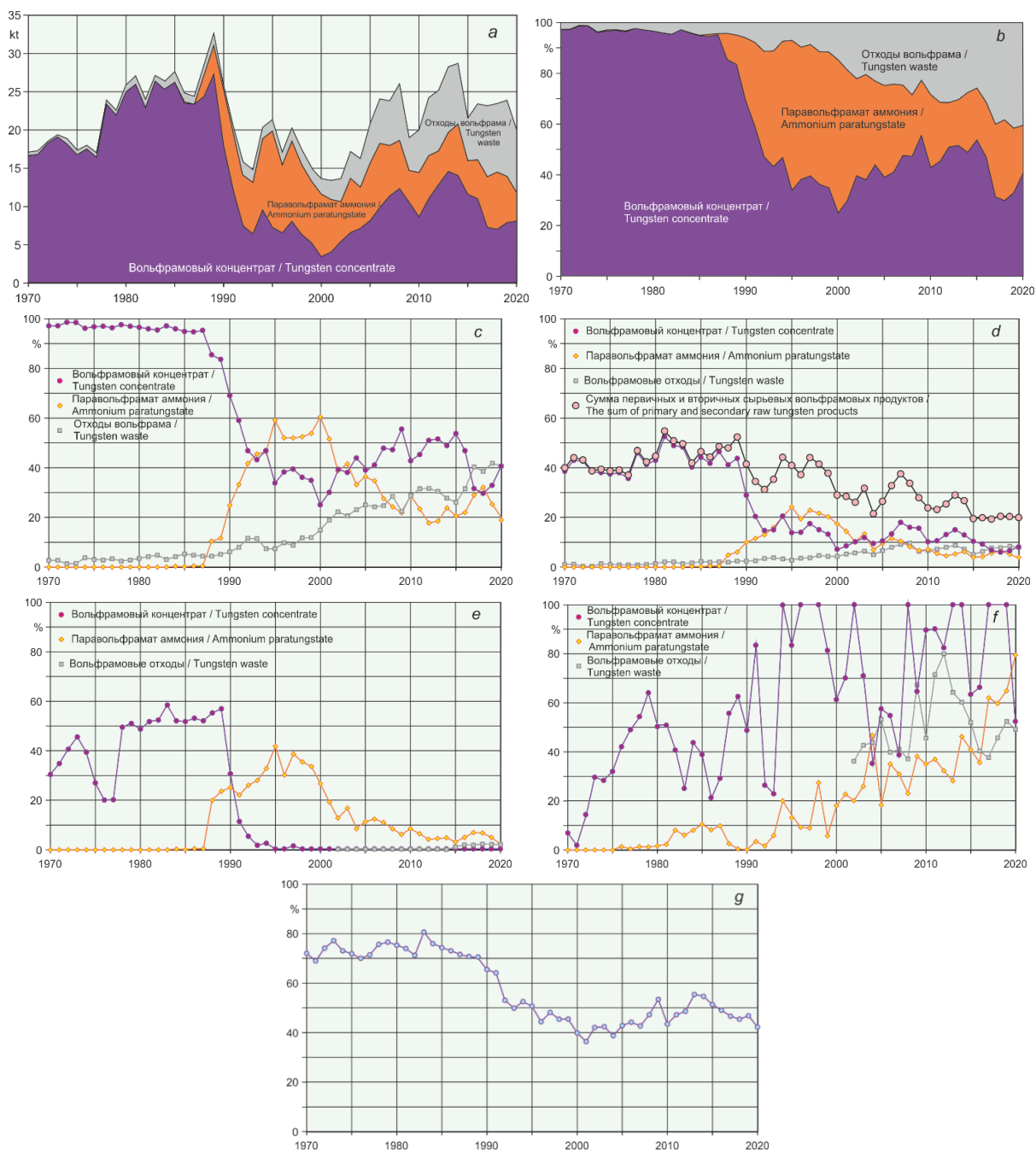


Рис. 5. Динамика мировых товарных потоков международной торговли первичными (вольфрамовый концентрат и ПА) и вторичными (вольфрамовые отходы и скрап) сырьевыми вольфрамовыми продуктами за 1970–2020 гг. (исходные данные в пересчете на 100 % W). Составлено по данным [10–16]. а) объемы сырьевых товарных вольфрамовых продуктов; б) доли сырьевых товарных вольфрамовых продуктов в сумме их объемов; в) доли объемов международной торговли первичными и вторичными сырьевыми вольфрамовыми продуктами от их суммарного мирового предложения; д) доли объемов международной торговли индивидуальными сырьевыми вольфрамовыми продуктами от суммарных мировых объемов произведенных из них конечных вольфрамовых продуктов; е) доли экспорта Китая от его национального производства; ф) доли импорта США от его национального потребления; г) доли объемов международной торговли сырьевыми вольфрамовыми продуктами от суммарных мировых объемов всех вольфрамовых продуктов

Fig. 5. Dynamics of global commodity flows of international trade of primary (tungsten concentrate and ammonium paratungstate) and secondary (tungsten waste and scrap) raw tungsten products for 1970–2020 (initial data in terms of 100 % W). Compiled according to [10–16]. a) volumes of raw tungsten commodity products; b) shares of raw tungsten commodity products in the sum of their volumes; c) shares of international trade volumes of primary and secondary raw tungsten products from their total world supply; d) share of international trade volumes of individual raw tungsten products from the total world volumes of final tungsten products produced from them; e) share of China's exports from its national production; f) share of US imports from its national consumption; g) share of international trade volumes of raw tungsten products from the total world volumes of all tungsten products

Цены на сырьевые вольфрамовые продукты. Наиболее полные данные по динамике цен за 1930–2020 гг. собраны для вольфрамовых концентратов на рынке США (в пересчете на 1 кг 100 % W) (рис. 6). Кроме обычного инфляционного роста цен (до +1,0 %/год) были периоды их значительного повышения:

- в 1952–1956 гг. 5,9–7,0 USD/kg на фоне 2–3 USD/kg (рост 335–345 %) приходится на период значительного послевоенного роста мирового потребления вольфрамовых продуктов (+11,9 %/год), приведшего к увеличению объемов добычи вольфрамового сырья в Китае, США и СССР;

- с 4,5 USD/kg в 1973 г. до 14–16 USD/kg в 1977–1981 гг. (рост 310–360 %) после отмены золотого обеспечения доллара США и последующего мирового энергетического кризиса, когда выросли цены на все товарные продукты; падение цен на вольфрамовое сырье произошло только в конце 1980-х гг. до 4–6 USD/kg в результате бурного роста добычи вольфрамового сырья в Китае начиная с 1985 г.;
- с 6,3 USD/kg в 2004 г. до абсолютного максимума 38,08 USD/kg в 2011 г. (до 600 % роста) в результате бурного роста экономики Китая, сопровождавшегося резким увеличением национального потребления вольфрамовых продуктов.

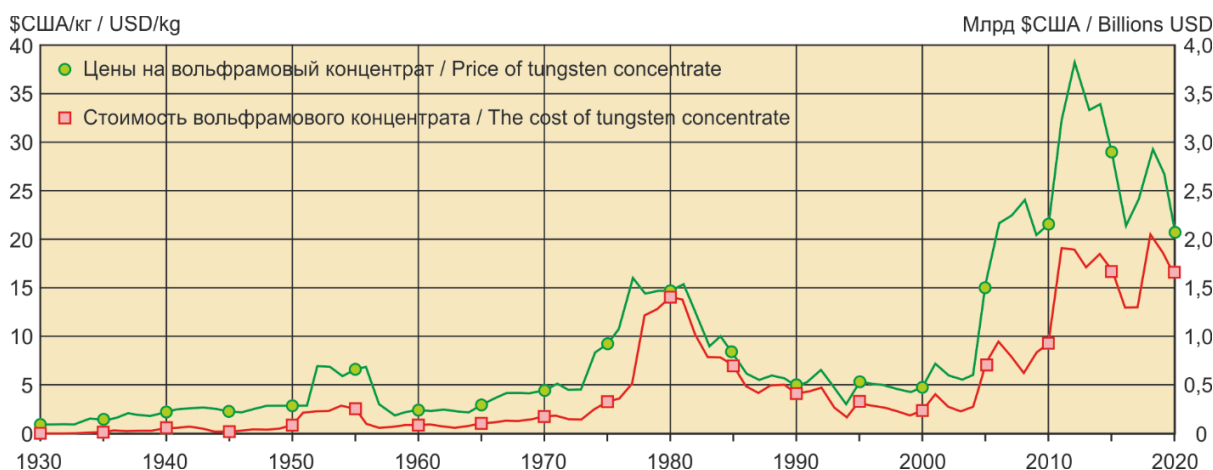


Рис. 6. Динамика цены (в пересчете на содержание 100 % W) и стоимости (оценка) вольфрамовых концентратов за 1930–2020 гг. Составлено по данным Геологической службы США [11], информационного агентства TrendEconomy [12] и информационной службы ООН [14]

Fig. 6. Dynamics of price (in terms of 100 % W content) and cost (estimate) of tungsten concentrates for 1930–2020. Compiled according to the US Geological Survey [11], the TrendEconomy [12] and the UN Information Service [14]

Цены на остальные вольфрамовые продукты (рис. 7) повторяют динамику цен на вольфрамовый концентрат с различной степенью интенсивности изменений. Отчетливо наблюдается всплеск цен в 1977–1981 гг.: ПВА – с 4–5 до 20–22 USD/kg (рост 440–500 %), вольфрамовые отходы – с 3–5 до 16–19 USD/kg (380–450 %). В дальнейшем с 1983 г. цены на сырьевые вольфрамовые продукты снизились до уровня начала 1970-х гг. В 2001–2003 гг. начался рост цен на все вольфрамовые продукты, продолжавшийся до их относительной стабилизации в 2007–2020 гг.: паравольфрамат аммония – с 5–9 до 17–26 USD/kg (рост 290–340 %), вольфрамовые отходы – с 4–6 до 12–20 USD/kg (300–330 %). Следует отметить локальные периоды просадки цен одновременно для всех вольфрамовых продуктов в 2009–2010 гг. (последствия всемирного финансового кризиса) и в 2015–2016 гг. (отклик на временное избыточное предложение вольфрамовых продуктов, в первую очередь из Китая) [26] (рис. 7).

Следует отметить, что изменения цен на ферровольфрам (учитываемый как конечный товарный продукт) за весь исследуемый период – 1970–2020 гг. – и по величине, и по динамике больше коррелируют с сырьевыми вольфрамовыми продуктами, нежели с конечными товарами (вольфрамом металлическим и карбидом вольфрама).

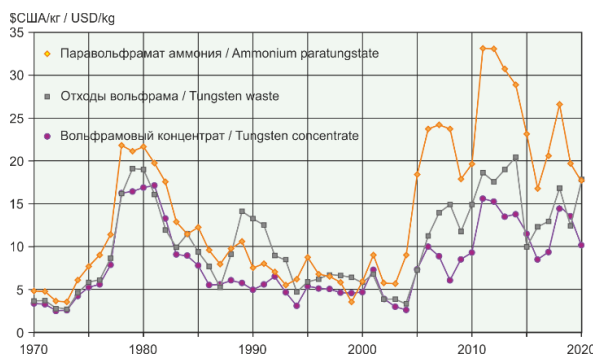


Рис. 7. Динамика среднимированных цен товарных сырьевых вольфрамовых продуктов в физическом весе за 1970–2020 гг. Составлено по данным [11, 12, 14, 16]

Fig. 7. Dynamics of global average prices of commodity tungsten products in physical weight for 1970–2020. Compiled according to [11, 12, 14, 16]

Стоимость товарных потоков сырьевых вольфрамовых продуктов. Динамика оцененной стоимости добытого первичного вольфрамового концентрата в длительном периоде 1930–2020 гг. конформна динамике изменений его цен (рис. 6) в периодах их повышения в 1952–1956 гг. (до 289 млн USD/год), в 1973–1985 гг. (до 1,4 млрд USD/год) и в 2004–2020 гг.

(до 2,0 млрд USD/год). Ценовой фактор является определяющим в формировании стоимости вольфрамового сырья – коэффициент корреляции пары показателей цены и стоимости вольфрамового концентрата составляет 0,98, в то время, когда корреляция объемов производства вольфрамового концентрата и его стоимости значительно ниже – 0,84.

Если в 1970–1990-х гг. стоимость утилизированных вольфрамовых отходов была невелика (12–15 млн USD/год), то начиная с 1999 г. она увеличивается – с

22 млн USD в 1999 г. до 769 млн USD в 2011 г., и остается на высоком уровне до настоящего времени (рис. 8, a, b). Доли вольфрамовых отходов в предложении суммы первичного и вторичного сырья в начальный период 1970–1987 гг. составляли 7–11 %, в 1988–2006 гг. – 15–25 %, в 1997–2020 гг. – 24–42 % с просадками в период экономического кризиса 2009 г. до 20 % и в период кризиса китайского потребления 2015 г. до 15 % (рис. 8, c). Налицо тенденция роста востребованности утилизации все больших объемов вольфрамовых отходов.

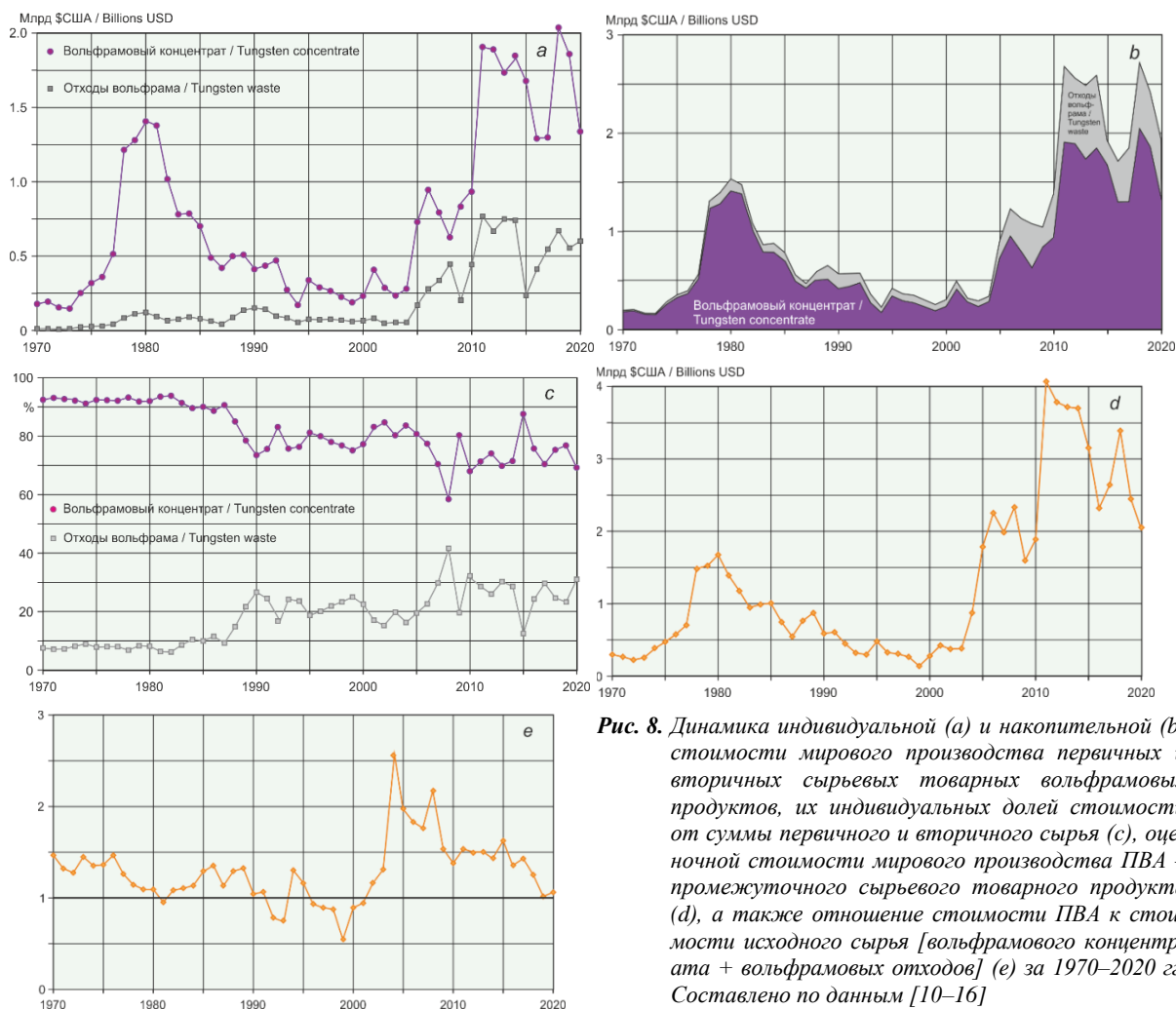


Рис. 8. Динамика индивидуальной (a) и накопительной (b) стоимости мирового производства первичных и вторичных сырьевых товарных вольфрамовых продуктов, их индивидуальных долей стоимости от суммы первичного и вторичного сырья (c), оценочной стоимости мирового производства ПВА – промежуточного сырьевого товарного продукта (d), а также отношение стоимости ПВА к стоимости исходного сырья [вольфрамового концентрата + вольфрамовых отходов] (e) за 1970–2020 гг. Составлено по данным [10–16]

Fig. 8. Dynamics of individual (a) and (b) cumulative cost of world production of primary and secondary commodity tungsten products, their individual cost shares from the sum of primary and secondary raw materials (c), estimated cost of world production of ammonium paratungstate – intermediate commodity product (d), as well as the ratio of the ammonium paratungstate cost to the cost of raw materials [tungsten concentrate + tungsten waste] (e) for 1970–2020. Compiled according to [10–16]

ПВА является промежуточным продуктом переработки вольфрамового сырья и большей частью без стадии торговли перерабатывается на конечные вольфрамовые продукты непосредственно в технологическом процессе производства вольфрама металлического и карбида вольфрама. Но этот продукт с 1988 г. занимает значительную долю мировой торговли вольфрамовым сырьем, и для сравнительной оценки его товарных потоков произведена оценка стоимости производства ПВА на основе среднемиро-

вых цен (рис. 8, d). Отношение стоимости ПВА к стоимости исходного сырья (вольфрамового концентрата + вольфрамовых отходов) ожидаемо выше 1,0 и наибольшее в период роста цен на все вольфрамовые продукты в 2004–2015 гг. (рис. 8, e).

В динамике стоимости международной торговли сырьевых вольфрамовых продуктов отмечаются те же самые периоды изменений, что и для динамики стоимости их производства: подъем в 1970–1980-е гг., спад в 1990-е гг. и рост в 2000–2010-е гг. (рис. 9).

Стоимость мировой торговли вольфрамовым концентратом возрастала в первый период с 90 млн USD в 1970 г. до 728 млн USD в 1981 г., но в дальнейшем, ввиду сокращения объемов продаж и замены в торговле концентрата на ПВА, к 1992 г. стоимость годового предложения этого продукта снизилась до 80 млн USD. В период 2005–2020 гг. ввиду роста цен на концентрат его торговая стоимость увеличилась до 120–320 млн USD/год (рис. 9, *a, b, e*). Доли стоимости торговли вольфрамовым концентратом от вольфрамового сырья снизились с 91–99 % в 1970–1988 гг. до 27 % в 1995 г. и находились в диапазоне 25–45 % до настоящего времени (рис. 9, *c, d*). Доли стоимости всех вольфрамовых продуктов от их общей суммы ожидаемо имеют более низкие значения: снижение с 48–69 % в 1970–1987 гг. до 3 % в 2000 г. и исключительно низкий уровень – 3–8 % – до настоящего времени (рис. 9, *f, g*). Доли стоимости торговли вольфрамовым концентратом от стоимости его мирового производства в 1970–1980-е гг. составляли 41–52 %, в начале 1990-х гг. они упали до 17 %, а с 1992 г. находятся в диапазоне 8–21 %, снижаясь во времени (рис. 9, *h*).

Динамика стоимости мировой торговли ПВА имеет тенденцию к росту с 3 млн USD в 1986 г. до 156 млн USD в 1997 г. (период замещения в торговле вольфрамового концентрата соразмерными объемами ПВА) с последующим низким уровнем – 40–89 млн USD/год – в 1998–2004 гг., в дальнейшем в результате увеличения цен на все вольфрамовые продукты стоимость ПВА в мировой торговле возрастает – 95–279 млн USD/год (рис. 9, *a, b*). Доли стоимости торговли ПВА от стоимости всего вольфрамового сырья возрастали с 1,3 % в 1986 г. до 66 % в 1995 г., после чего начался тренд снижения вплоть до 18 % в 2020 г. (рис. 9, *c, d*). Доли стоимости торговли ПВА от суммы всех вольфрамовых продуктов соответственно изменялись (на более низком уровне) с 0,6 % в 1986 г. до 19 % в 1995 г. с дальнейшим снижением до 3 % в 2000 г., после чего отмечается весьма низкий уровень – 3–8 % – до настоящего времени (рис. 9, *f, g*). Доли стоимости мировой торговли ПВА от стоимости его производства повторяет динамику его долей в сумме стоимости сырьевых продуктов (рис. 9, *d, g*), возрастая с 0,4 % в 1986 г. до 32 % в 1995 г., после чего начался тренд снижения вплоть до 5 % в 2020 г. (рис. 9, *h*).

Стоимость мировой торговли вольфрамовыми отходами в 1970–2004 гг. была невысокой ввиду их низких цен (3–25 млн USD/год) с небольшим всплеском до 40–25 млн USD/год в 1990–1995 гг. (в период увеличения объемов утилизации вольфрамсодержащих военных материалов), но начиная с 2005 г. появился тренд роста стоимости отходов на фоне увеличения и цены и объемов поставок этого товарного продукта вплоть до максимума в 324 млн USD в 2014 г. По долям стоимости международной торговли вольфрамовыми отходами от стоимости вольфрамового сырья низкий уровень наблюдался в период 1970–1995 гг. (3–8 %) с всплеском до 13–21 % в 1989–1993 гг. и последующий тренд роста доли торговли отходами вплоть до 56 % в 2020 г. (рис. 9, *c, d*). Доли стоимости торговли вольфрамовыми отходами от стоимости сум-

мы всех вольфрамовых продуктов изменялись аналогично последним (на более низком уровне) – 1–4 % в 1970–2004 гг. с небольшим подъемом в 1989–1993 гг. (5–8 %) и дальнейшим слабым ростом до 9 % в 2020 г. (рис. 9, *f, g*). Доли стоимости международной торговли вольфрамовыми отходами от стоимости их мирового производства имеют общую тенденцию к росту с 20 % в 1970 г. до 48 % в 2020 г. (рис. 9, *h*).

На рис. 9, *i* приводится динамика изменений стоимости мирового производства сырьевых вольфрамовых продуктов, а также стоимости международной торговли вольфрамовым сырьем и суммы вольфрамовых продуктов. Доли стоимости международной торговли вольфрамовым сырьем от их мирового производства имеют общий тренд сокращения за анализируемый период с 47 % в 1970 г. до 27 % в 2020 г., причем в 1995–2001 гг. имело место увеличение долей торговли сырьем за счет выхода на мировой рынок России, начавшей активный экспорт вольфрамового концентрата (рис. 9, *j*). Доля стоимости вольфрамового сырья в мировой торговле от суммы всех вольфрамовых продуктов сократилась с 60–70 % в 1970–1980-е гг. до 15–20 % в 2010-е гг. (рис. 9, *j*).

Обсуждение результатов и выводы

Мировая добыча первичного вольфрамового сырья выросла с 4–7 тыс. т/год (100 % W) в 1913–1915 гг. до 75–90 тыс. т/год (100 % W) в 2011–2020 гг. с темпом прироста за более чем столетний период +2,9%/год.

Утилизация вторичного вольфрамового сырья в целом по миру выросла с 2–3 тыс. т/год (100 % W) в 1970-е гг. до 14–23 тыс. т/год (100 % W) в 2008–2020 гг. с темпом прироста +4,3%/год. Доля мировой утилизации вольфрамовых отходов от суммы первичного и вторичного вольфрамового сырья увеличилась с 5–6 % в 1970-е гг. до 21 % в 2019 г.

В динамике изменений мирового спроса на вольфрамовые продукты за последние 50 лет произошли значимые трансформации, обусловленные политическими и экономическими факторами:

- В 1970–1980-е годы был период медленно растущего мирового потребления вольфрамовых продуктов с темпами прироста спроса на вольфрамовое сырье +3,4%/год.
- В 1990-е годы – значительное сокращение спроса на вольфрамовые продукты (–6,9%/год) в военной сфере (завершение холодной войны); в торговле вольфрамовым сырьем – замена предложения вольфрамового концентрата на ПВА); сокращение присутствия России на вольфрамовом рынке (последствия стагнации российской экономики, в первую очередь, металлообработки).
- В 2000–2010-е гг. – значительный рост мирового потребления конечных вольфрамовых товарных продуктов, в первую очередь карбида вольфрама, ввиду экспоненциального наращивания возможностей китайской промышленности и, соответственно, мирового спроса и предложения вольфрамового сырья. Темпы прироста спроса на вольфрамовое сырье в этот период составили +6,4%/год.

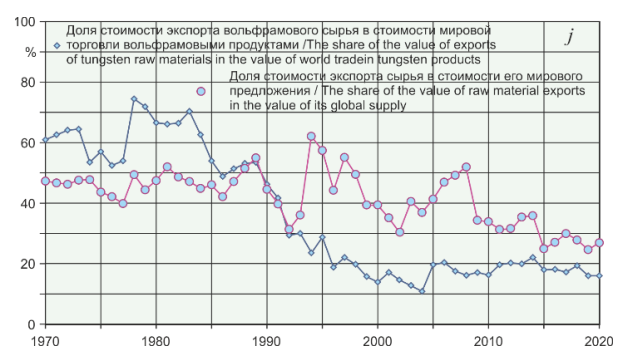
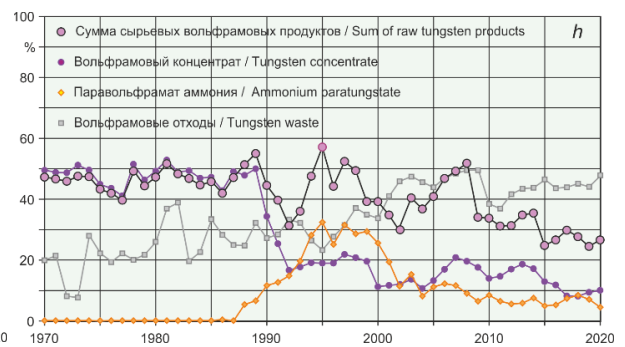
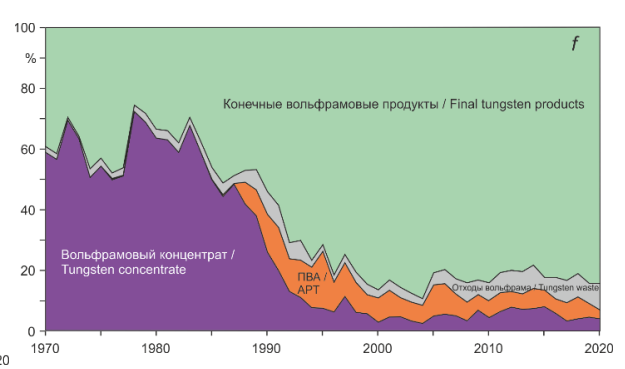
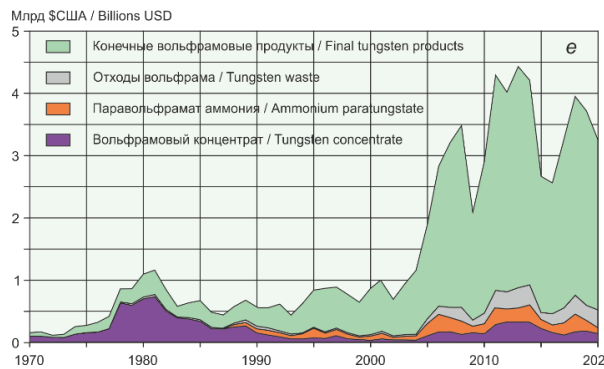
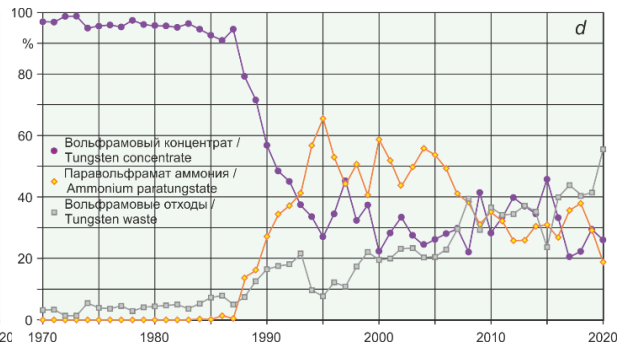
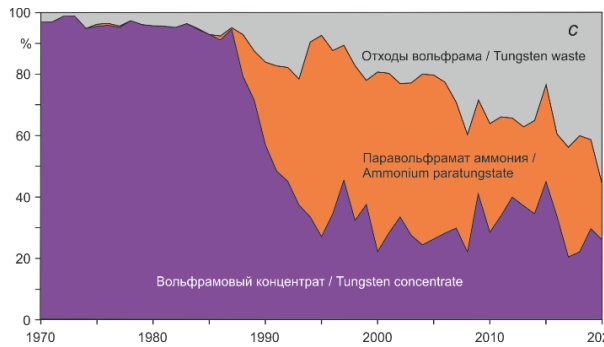
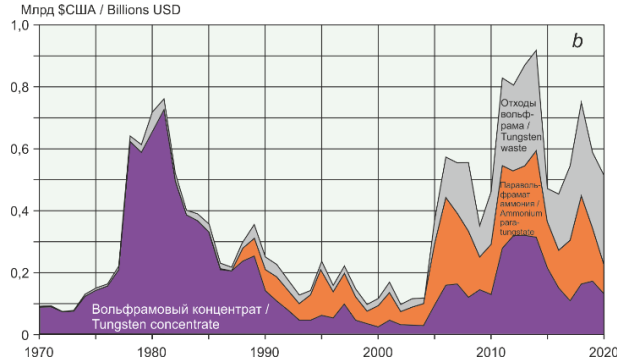
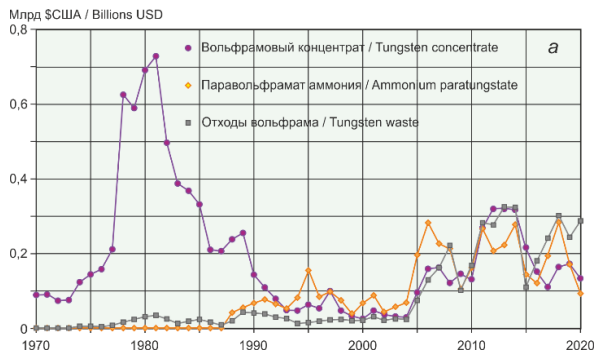


Рис. 9. Динамика стоимости международной торговли сырьевыми товарными вольфрамовыми продуктами (а), накопленной стоимости в абсолютном (б) и относительном (с) исчислении, доли индивидуальных сырьевых продуктов в общей стоимости мировой торговли всего вольфрамового сырья (д), суммарной стоимости международной торговли продуктами вольфрамового сырья и суммы стоимости конечных вольфрамовых продуктов в абсолютном (е) и относительном (ф) исчислении, долей стоимости отдельных продуктов вольфрамового сырья и суммы стоимости конечных вольфрамовых продуктов (г), долей стоимости международной торговли индивидуальными сырьевыми вольфрамовыми продуктами и суммы сырья в стоимости соответствующего их мирового производства (h), а также стоимости мирового производства и международной торговли первичным вольфрамовым сырьем и суммы вольфрамовых продуктов (i), а также долей стоимости международной торговли сырьем от его производства и мировой торговли всеми вольфрамовыми продуктами (j) за 2002–2020 гг. Составлено по данным [10–16]

Fig. 9. Dynamics of the value of international trade of raw commodity tungsten products (a), accumulated value in absolute (b) and relative (c) terms, share of individual raw products in the total value of world trade of tungsten raw materials (d), total cost of international trade of tungsten raw materials products and the sum of the cost of final tungsten products in absolute (e) and relative (f) terms, share of the cost of individual tungsten raw materials products and the sum of the cost of final tungsten products (g), share of the value of international trade of individual raw tungsten products and their sum in the value of their global production (h), as well as the cost of world production and international trade of primary tungsten raw materials and all tungsten products (i) and share of the cost of international trade of raw material from production and world trade all tungsten products (j) for 2002–2020. Compiled according to [10–16]

- Имеются временные просадки мировой торговли сырьевыми вольфрамовыми продуктами в период мирового финансового кризиса 2008–2009 гг. и в период избыточного предложения конечных вольфрамовых продуктов на мировом рынке в 2014–2016 гг.

Лидерами добычи вольфрамовых руд и концентратов к 2020 г. являются: Китай (108 тыс. т в физическом весе, 82 % от мирового предложения), Вьетнам (7,3 тыс. т, 5,5 %), Россия (3,9 тыс. т, 3,0 %), Монголия (3,1 тыс. т, 2,4 %) и Боливия (2,2 тыс. т, 1,7 %).

Лидерами производства ПВА к 2020 г. являются (оценка): Китай (98 тыс. т, 98 % от мирового предложения), Россия (2,1 тыс. т, 2,0 %), Вьетнам (1,7 тыс. т, 1,6 %), Австрия (1,2 тыс. т, 1,1 %) и США (0,9 тыс. т, 0,8 %).

Лидерами утилизации вольфрамовых отходов и скрапа к 2020 г. являются: Китай (21 тыс. т, 62 % от мирового предложения), США (3,7 тыс. т, 11 %), Германия (2,1 тыс. т, 6,2 %), Япония (2,0 тыс. т, 5,9 %) и Австрия (1,0 тыс. т, 3,0 %).

На промышленность Китая приходится до 84 % мировой добычи вольфрамовых руд и концентратов, до 88 % выпуска ПВА и до 81 % сбора вольфрамовых отходов. Поэтому в динамике изменений объемов мировых товарных потоков вольфрамовых продуктов отчетливо видна ведущая роль китайской продукции (таблица). Именно торговая политика Китая по сдерживанию экспорта сырьевых вольфрамовых продуктов и определяет фактическую динамику изменений объемов этих товаров на мировых рынках предложения, спроса и потребления.

Динамика производных показателей изменения (прироста/спада) объемов мировых товарных потоков не критична только для вольфрамовых концентратов (менее ± 5 %/год), но для китайских потоков этого сырья все же имеет место системный спад экспорта (–8,3 %/год) и ускоренный рост объемов национального потребления (+5,2 %/год).

Для объемов мировых товарных потоков ПВА имеет место высокий показатель роста интенсивности импортного потока (+8,1 %/год) при отсутствии уве-

личения роста темпов экспорта. Это обусловлено динамикой китайского рынка ПВА – ростом производства (+5,1 %/год) и потребления (+5,1 %/год) с параллельным ростом импорта (+7,8 %/год).

Таблица. Темпы изменений объемов товарных потоков сырьевых вольфрамовых продуктов по Китаю и всему миру за 1970–2020 гг., %/год

Table. Rate of change in the volume of commodity flows of raw tungsten products in China and the world for 1970–2020, %/year

Объект Object	Производство Production	Экспорт Export	Импорт Import	Потребление Consumption
Вольфрамовые руды и концентраты Tungsten ores and concentrates				
Мир World	+1,7	–1,4	–2,9	+1,3
Китай China	+4,3	–8,3	+4,8	+5,2
Паравольфрамат аммония/Ammonium paratungstate				
Мир World	+1,1	+0,7	+8,1	+1,3
Китай China	+5,1	–1,4	+7,8	+5,1
Вольфрамовые отходы и скрап/Tungsten waste and scrap				
Мир World	+4,3	+5,6	+6,0	+6,0
Китай China	+7,5	0,0	–7,5	+5,6

Цветом обозначены позиции с темпами прироста +5...+10 %.

The color indicates positions with growth rates of +5...+10 %.

Наибольшие изменения в динамике товарных потоков у вольфрамовых отходов: увеличение мирового экспорта (+5,6 %/год) и импорта (+6,0 %/год) и, соответственно, у потока потребления (+6,0 %/год). Это обусловлено увеличением производства (+7,5 %/год) и потребления (+5,6 %/год) этих вторичных продуктов в Китае, причем в условиях отсутствия экспорта из Китая и снижения китайского импорта (–7,5 %/год).

В целом во времени имеется системное снижение доли международной торговли первичного вольфрамового сырья (вольфрамовых руд и концентратов) на фоне роста объемов его товарного производства, временный всплеск в 1990-е гг. международной торговли

промежуточными вольфрамовыми продуктами (ПВА и производного от него оксида вольфрама) и системное увеличение объемов утилизации вторичного вольфрамового сырья (вольфрамовых отходов и скрапа) и его предложения для мировой торговли.

В динамике международной торговли вольфрамовым сырьем за последние 50 лет следует отметить следующие знаковые события и тенденции:

- инверсия экспорта/импорта вольфрамового сырья (вольфрамовых концентратов и ПВА) в Китае с окончательным переходом в 1994 г. на его импорт;
- инверсия импорта/экспорта вольфрамового концентрата в СССР/России с переходом в 1992 г. на его преимущественный экспорт;
- появление в 1988 г. и быстрое насыщение мирового рынка новым для него сырьевым продуктом – ПВА, вплоть до максимума в 18 тыс. т в 1995 г. (27 % от суммы торговли первичным и вторичным вольфрамовым сырьем) и дальнейшее уменьшение его продаж до 5 тыс. т в 2020 г. (4,3 %);
- доли вольфрамового концентрата в сумме объемов торговли вольфрамовым сырьем в 1970–1980-е гг. медленно росли с 40 % в 1970 г. до 49 % в 1989 г., но в дальнейшем, ввиду перехода торговли с первичного концентрата на промежуточный ПВА, произошло резкое снижение доли вольфрамового концентрата до 17,8 % в 1992 г., и вплоть до 8,0 % в 2018 г., что однозначно показывает усиление непривлекательности международной торговли первичным вольфрамовым сырьем (впервые очередь со стороны Китая);
- значительный рост объемов международной торговли вторичным сырьем (вольфрамовых отходов и его скрапа) с сопутствующим ростом их доли в суммарных объемах торговли первичным и вторичным вольфрамовым сырьем (с 21 % в 1970 г. до 48 % в 2020 г.);
- общий тренд сокращения долей мировой торговли вольфрамовым сырьем от суммы стоимости добытого первичного и утилизированного вторичного сырья по объемам и стоимости, соответственно, с 39 и 47 % в 1970 г. до 21 и 27 % в 2020 г.

В 2020 г. мировой экспорт сырьевых вольфрамовых продуктов составил 13,2 тыс. т вольфрамовых руд и концентратов, 5,4 тыс. т ПВА и 16,1 тыс. т вольфрамовых отходов. Главным экспортером вольфрамовых концентратов в 1970–1992 гг. был Китай, в последующем периоде – Россия. Значимые поставки на экспорт вольфрамовых руд и концентратов осуществляют также Руанда и Боливия. Основным экспортером ПВА является тот же Китай, а с 2008 г. значительные поставки этого продукта осуществляет Вьетнам. В экспорте вольфрамовых отходов лидируют Германия, Британия, США и Япония.

Главными импортерами сырьевых вольфрамовых продуктов к настоящему времени являются: для вольфрамовых концентратов – Китай и США, для ПВА – Германия, США и Япония, для отходов вольфрама – Германия, США, Австрия и Британия. Следует отметить, что для Германии, Британии и США

имеются встречные потоки импорта и экспорта вольфрамового сырья, скорее всего, различного состава и качества. Все вышеперечисленные страны-импортеры (кроме Китая) являются промышленно развитыми, но выработавшими собственные вольфрамовые месторождения и поэтому критически зависимыми от импорта вольфрамовых продуктов. Примечательно увеличение в последние годы импорта ПВА и вольфрамовых отходов во множество других стран, самостоятельно перерабатывающих их малые объемы для собственных нужд (Тайвань, Чехия, Швеция, Италия и др.) или для транзитной торговли (Нидерланды, Бельгия, Сингапур, Гонконг и др.).

Мировое потребление сырьевых вольфрамовых продуктов в 2020 г. составило 130 тыс. т вольфрамовых руд и концентратов (в физическом весе), 116 тыс. т ПВА и 32 тыс. т вольфрамовых отходов.

Лидером потребления вольфрамового концентрата в 1970–1980-е гг. являлись США (20–35 % мирового спроса), но начиная с 1993 г. наблюдается значительное снижение его спроса (до 3 % в 2020 г.). Китай с 1983 г. наращивает его переработку внутри страны, в 1990 г. становится мировым лидером потребления и продолжает увеличивать объемы его переработки вплоть до 119 тыс. т в 2018 г. (85 % мирового спроса). СССР в 1980-е гг. занимал 2-е место в мировом рейтинге потребления вольфрамового концентрата, но в России в 1990-е гг. оно значительно сократилось. 4-е место по переработке вольфрамового концентрата традиционно сохраняет Австрия. В 1970–1980-е гг. достаточно высокий уровень переработки вольфрамового концентрата наблюдался в Японии, Южной Корее и Германии, но начиная с 1990-х гг. объемы его передела сократились в этих странах до исчезающе малых величин.

ПВА является промежуточным продуктом переработки вольфрамовых руд и концентратов, и мировые потоки потребления этих товаров практически тождественны (с небольшими различиями в рейтингах лидеров спроса). Абсолютным лидером потребления ПВА остается Китай, переработавший до 100 тыс. т (81 % мирового спроса) в 2018 г.

В потреблении вторичных сырьевых вольфрамовых отходов также лидирует Китай с наращиванием объемов их использования до 25 тыс. т (81 % мирового спроса) в 2019 г.

Цены на вольфрамовое сырье длительный период (до 2004 г.) испытывали обычное инфляционное увеличение (до 1 % отн/год), за исключением локальных всплесков повышения их цен в период роста потребления вольфрамовых продуктов в 1952–1956 гг. и в кризисный период после отмены золотого обеспечения доллара США в 1977–1981 гг. В 2004–2008 гг. начался значительное увеличение цен на все вольфрамовые продукты в результате бурного роста экономики Китая, сопровождавшегося резким увеличением их национального потребления, после чего наблюдается стабилизация уровня цен вольфрамовых продуктов на достигнутых высоких значениях. Были и локальные периоды просадки цен одновременно для всех вольфрамовых продуктов – в 2009–2010 гг.

(последствия всемирного финансового кризиса) и в 2015–2016 гг. (отклик на временное избыточное предложение вольфрамовых продуктов, в первую очередь из Китая). Цены на вольфрамовое сырье в 2020 г.: для вольфрамового концентрата – 29,35 USD/кг W (10,1 USD/кг концентрата в физическом весе), для ПВА – 17,6 USD/кг, для скрапа и отходов вольфрама – 17,9 USD/кг.

Динамика оцененной стоимости первичного вольфрамового концентрата в длительном периоде – 1930–2020 гг. – конформна ценовым показателям с периодами повышения в 1952–1956 гг. (до 289 млн USD/год), в 1973–1985 гг. (до 1,4 млрд USD/год) и в 2004–2020 гг. (до 2,0 млрд USD/год), при этом ценовый фактор является определяющим в формировании величины стоимости вольфрамового сырья. Стоимость вторичных утилизированных вольфрамовых отходов в 1970–1990-х гг. была невелика (12–15 млн USD/год), но начиная с 1999 г. (22 млн USD) она начинает увеличиваться вплоть до 769 млн USD в 2011 г. и остается на высоком уровне до настоящего времени. Налицо тенденция роста востребованности утилизации все больших объемов вольфрамовых отходов.

В динамике изменений стоимости международной торговли сырьевыми вольфрамовыми продуктами отмечаются те же самые периоды изменений: подъем в 1970–1980-е гг. (до 763 млн USD в 1981 г.), спад в 1990-е гг. (до 99 млн USD в 1999 г.) и рост в 2000–2010-е гг. (до 919 млн USD в 2014 г.). Отличие – высокая доля стоимости ПВА (до 66 % от стоимости вольфрамового сырья) после его появления на мировом рынке в 1988 г. и рост его стоимости (и ее долей рынка) в международной торговле вольфрамовыми отходами (до максимума в 326 млн USD в 2013 г. и до 56 % в 2020 г.).

В 1990-х гг. рынок мировой торговли вольфрамовыми продуктами перестает быть сырьевым (в 1990 г.

– по стоимости, а в 1994 г. – по физическим объемам продаж в пересчете на 100 % W), в нем начинают преобладать конечные вольфрамовые товары.

В целом Китай доминирует в мировом производстве, переработке и потреблении сырьевых вольфрамовых продуктов, поэтому его торговая политика по сдерживанию (квотированию) экспорта этих товаров, по сути дела, определяет динамику мирового рынка вольфрамового сырья. Китай в международной торговле изменил стратегию экспорта сырья на его импорт, причем став при этом также лидером импортирования вольфрамовых концентратов. Другие промышленно развитые страны – потребители вольфрамового сырья – США, Германия, Британия, Франция, Япония и Южная Корея – стали критически зависимыми от импорта вольфрамовых сырьевых продуктов (доля импорта свыше 50 % от потребления) и будут продолжать оставаться такими в обозримом будущем.

Политические противостояния в мире накладывают свое влияние и на рынок сырьевых вольфрамовых продуктов. Коллегией Евразийской экономической комиссии в «Перечень возможного ограничения экспорта из стран-участников ЕАЭС» в 2016 г. включены отходы и лом вольфрама [27]. В России этот товарный продукт входит в «Перечень возможного ограничения экспорта ...» с 2007 г. [28], а с 08.03.2022 г. запрет российского экспорта отходов и лома вольфрама вступил в силу [29]. Возможны и другие ограничения международной торговли сырьевыми вольфрамовыми продуктами отдельными странами и их группами в результате давления политических санкций и их последствий.

Статья написана в рамках выполнения гранта Российского научного фонда на 2022–2023 гг. по теме «Критические минеральные продукты в российском и мировом хозяйстве» (проект № 22-28-01742).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Analyzing the raw materials market and methods for processing tungsten concentrates to obtain competitive products // E.I. Gedgagov, A.D. Besser, V.Ya. Yanakov, V.P. Smolyarchuk // Theoretical foundations of chemical engineering. – 2009. – V. 43. – № 4. – P. 529–538.
2. Zafirov B. The strategic challenges on world tungsten market // International journal on information technologies and security. – 2010. – № 3. – P. 69–80.
3. Werner A.B.T., Sinclair W.D., Amey E.B. International strategic mineral issues summary report. Tungsten. U.S. Geological Survey. – 2014. – 86 p. URL: <https://www.usgs.gov/publications/international-strategic-mineral-issues-summary-report-tungsten> (дата обращения: 09.09.2022).
4. Global tungsten demand and supply forecast / J. Dvořáček, R. Sousedíková, T. Vrátný, Z. Jureková // Archives of mining sciences. – 2017. – V. 62. – № 1. – P. 3–12.
5. Mapping the global flow of tungsten to identify key material efficiency and supply security opportunities / D.R. Leal-Ayala, J.M. Allwood, E. Petavratzi, T.J. Brown, G. Gunn // Resources, conservation and recycling. – 2015. – V. 103. – P. 19–28. DOI: 10.1016/j.resconrec.2015.07.003.
6. International market power analysis of China's tungsten export market – from the perspective of tungsten export policies / X. Zhu, X. Li, H. Zhang, J. Huang // Resources policy. – 2019. – V. 61. – P. 643–652. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.11.005.
7. Клячко Л.И., Лейтман М.С. Лом вольфрама: технология вторичной переработки и российский рынок // Цветные металлы. – 2005. – № 3. – С. 101–104.
8. Shedd K.B. Tungsten recycling in the United States in 2000. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. – 2011. – 26 p. URL: https://pubs.usgs.gov/circ/circ1196-R/pdf/circular_1196-R.pdf (дата обращения 09.09.2022).
9. Recycling of secondary tungsten resources / D. Mishra, S. Sinha, K.K. Sahu, A. Agrawal, R. Kumar // Transactions of the Indian institute of metals. – 2017. – V. 70. – № 2. – P. 479–485. DOI: 10.1007/s12666-016-1003-8.
10. Геологическая служба Британии (BGS). URL: <https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/> (дата обращения 09.09.2022).
11. Геологическая служба США (U.S. Geological Survey). URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/index.html#mcs> (дата обращения 09.09.2022).
12. TrendEconomy. URL: <https://trendeconomy.ru/> (дата обращения: 09.09.2022).
13. Исследовательская группа «ИнфоМайн». URL: <https://infomine.ru/> (дата обращения 09.09.2022).
14. A world of information. UNdata. URL: <https://data.un.org/> (дата обращения: 09.09.2022).
15. Государственные доклады «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации». 2000–2020 гг. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resurso_v_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 09.09.2022).

16. Данные по таможенной статистике внешней торговли Российской Федерации. Федеральная таможенная служба. URL: stat.customs.gov.ru/analysis (дата обращения 09.09.2022).
17. Минеральное сырье. Вольфрам. Справочник / Б.С. Чернов, С.В. Белов, Л.С. Бронницкая, Т.И. Гетманская, А.А. Бурмистров. – М.: Геоинформмарк, 1998. – 37 с.
18. Review of tungsten resource reserves, tungsten concentrate production and tungsten beneficiation technology in China / X. Wang, W.-Q. Qin, F. Jiao, L.-Y. Dong, J.-G. Guo, J. Zhang, C.-R. Yang // Transactions of nonferrous metals society of China. – 2022. – V. 32. – № 7. – P. 2318–2338. DOI: 10.1016/S1003-6326(22)65950-8.
19. Efficient extraction of tungsten, calcium, and phosphorus from low-grade scheelite concentrate / J. Li, J. Yang, Z. Zhao, X. Chen, X. Liu, L. He, F. Sun // Minerals engineering. – 2022. – V. 181. – Article No 107462. DOI: 10.1016/j.mineng.2022.107462.
20. Хатгков 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.
21. Lassner E. From tungsten concentrates and scrap to highly pure ammonium paratungstate (APT) // International journal of refractory metals and hard materials. – 1995. – V. 13. – № 1–3. – P. 35–44. DOI: 10.1016/0263-4368(95)00002-X.
22. Dan N., Li J. Preparation technology status and development prospect of high purity ammonium paratungstate product [高纯仲钨酸铵产品制备工艺现状及发展前景] // Fenmo yejin cailliao kexue yu gongcheng [Materials science and engineering of powder metallurgy]. – 2020. – V. 25. – № 5. – P. 363–368.
23. Recycling of tungsten carbide scrap metal: a review of recycling methods and future prospects / A. Shemi, A. Magumise, S. Ndlovu, N. Sacks // Minerals engineering. – 2018. – V. 122. – P. 195–205. DOI: 10.1016/j.mineng.2018.03.036.
24. Studies on the preparation of pure ammonium paratungstate from tungsten alloy scrap / S. Hairunnisha, G.K. Sendil, J.P. Rethinaraj, G.N. Srinivasan, P. Adaikkalam, S. Kulandaisamy // Hydrometallurgy. – 2007. – V. 85. – № 2–4. – P. 67–71. DOI: 10.1016/j.hydromet.2006.08.002.
25. Xi-Jie C., Li-Qiong J. China raised the first batch production quota over rare-earths and tungsten in 2021 // China geology. – 2021. – V. 4. – № 1. – P. 193–194. DOI: 10.31035/cg2021031.
26. Focus on some aspects of market price trends for tungsten / J. Dvořáček, R. Sousedíková, A. Krzemien, A.S. Sanchez // Acta montanistica Slovaca. – 2017. – V. 22. – № 2. – P. 126–135.
27. Перечень товаров, которые являются существенно важными для внутреннего рынка Евразийского экономического союза и в отношении которых в исключительных случаях могут быть введены временные запреты или количественные ограничения экспорта / Утв. Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 26.07.2016 N 83 (ред. от 31.03.2020).
28. Перечень товаров, являющихся существенно важными для внутреннего рынка Российской Федерации, в отношении которых в исключительных случаях могут быть установлены временные ограничения или запреты экспорта / Утв. Постановлением Правительства РФ от 15.12.2007 N 877 (ред. от 06.08.2022) // Собрание законодательства РФ, 24.12.2007, N 52, ст. 6461.
29. Постановление Правительства РФ от 09.03.2022 N 313 (ред. от 27.08.2022). «О мерах по реализации Указа Президента Российской Федерации от 8 марта 2022 г. N 100» // Собрание законодательства РФ, 21.03.2022, N 12, ст. 1819.

Поступила: 31.10.2022 г.

Прошла рецензирование: 20.03.2023 г.

Информация об авторе

Боярко Г.Ю., доктор экономических наук, кандидат геолого-минералогических наук, профессор, отделение нефтегазового дела, Инженерная школа природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

UDC 339.13:669.273.3:669.273.6

OVERVIEW OF THE GLOBAL TUNGSTEN MARKET. PART 2. COMMODITY FLOWS OF RAW TUNGSTEN PRODUCTS

Grigory Yu. Boyarko,
gub@tpu.ru

National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia.

The relevance of the work is caused by the need to study the problems of quite volatile world market of tungsten raw materials.

Objective: to study the dynamics of global commodity flows (production, import, export, consumption) of raw tungsten products (tungsten ores and concentrates, ammonium paratungstate, tungsten waste and scrap); to assess the criticality of the world market of raw tungsten products.

Methods: statistical, graphical, logical.

Results. The raw tungsten product global market is very complex. The world production of primary tungsten raw materials increased from 4 to 7 kt 100 % W/year in 1913–1915, from 75 to 90 kt 100 % W/year in 2011–2020 with a growth rate of +2,9 %/year. Utilization of secondary tungsten raw materials in the world increased from 2–3 kt 100 % W/year in 1970s to 14–23 kt 100 % W/year in 2008–2020 with an increase rate of +4,3 %/year. The share of global utilization of tungsten waste from the amount of primary and secondary tungsten raw materials increased from 5–6 % in 1970s to 21 % in 2019. In 1970–1980, there was a period of usual low-growth global consumption of tungsten products with the growth rate of tungsten raw materials demand for +3,4 %/year. There was a strong decrease in demand for tungsten products (–6,9 %/year) in the military sphere (the end of the Cold War) and priority shift in the trade of tungsten raw material commodities (increase in the role of ammonium paratungstate trade), reducing the role of Russia in the tungsten market (the consequences of the stagnation of the Russian economy, primarily metalworking) in the 1990s. In the 2000–2010s, there was a rapid growth in global demand for final tungsten commodity products and, accordingly, global demand and supply of tungsten raw materials, with an increase in demand of +6,4 %/year. At the same time, there is a trend of decreasing share in world trade in tungsten raw materials from the amount of extracted primary and recycled secondary raw materials by volume and cost, respectively, 39 and 47 % in 1970 to 21 and 27 % in 2020. The share of raw materials in world trade in tungsten products decreased from 70–80 % by volume and 60–70 % of the cost in 1970–1980s, respectively, up to 42–55 and 15–20 % in the 2010s. China dominates in the global production, processing and consumption of raw tungsten products, therefore, its trade policy to restrain (quota) exports of these goods determines the dynamics of the world market of tungsten raw materials. In international trade, China has changed the strategy of exporting raw materials to importing them, while becoming the leader in importing tungsten concentrates. Other industrialized countries – consumers of tungsten raw materials – the USA, Germany, Britain, France, Japan and South Korea – have become critically dependent on tungsten raw material imports (the share of imports is over 50 % of consumption) and will remain so in the foreseeable future.

Key words:

Tungsten ores and concentrates, ammonium paratungstate, tungsten waste, production, export, import, consumption, pricing, cost.

The article was written as part of the grant from the Russian Science Foundation for 2022–2023 on the topic «Critical Mineral Products in the Russian and World Economy» (project no. 22-28-01742).

REFERENCES

- Gedgagov E.I., Besser A.D., Yanakov V.Ya., Smolyarchuk V.P. Analyzing the raw materials market and methods for processing tungsten concentrates to obtain competitive products. *Theoretical foundations of chemical engineering*, 2009, vol. 43, no. 4, pp. 529–538.
- Zafirov B. The strategic challenges on world tungsten market. *International journal on information technologies and security*, 2010, no. 3, pp. 69–80.
- Werner A.B.T., Sinclair W.D., Amey E.B. *International strategic mineral issues summary report. Tungsten*. U.S. Geological Survey, 2014, 86 p. Available at: <https://www.usgs.gov/publications/international-strategic-mineral-issues-summary-report-tungsten> (accessed 9 September 2022).
- Dvořáček J., Sousedíková R., Vrátný T., Jureková Z. Global tungsten demand and supply forecast. *Archives of Mining Sciences*, 2017, vol. 62, no. 1, pp. 3–12.
- Leal-Ayala D.R., Allwood J.M., Petavratzi E., Brown T.J., Gunn G. Mapping the global flow of tungsten to identify key material efficiency and supply security opportunities. *Resources, conservation and recycling*, 2015, vol. 103, pp. 19–28. DOI: 10.1016/j.resconrec.2015.07.003.
- Zhu X., Li X., Zhang H., Huang J. International market power analysis of China's tungsten export market – from the perspective of tungsten export policies. *Resources policy*, 2019, vol. 61, pp. 643–652. DOI: 10.1016/j.resourpol.2018.11.005.
- Klyachko L.I., Leitman M.S. Lom volframa: tekhnologiya vtorichnoy pererabotki i rossiyskiy rynek [Tungsten scrap: technology of secondary processing and Russian market]. *Tsvetnyye metally*, 2005, no. 3, pp. 101–104.
- Shedd K.B. *Tungsten recycling in the United States in 2000*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 2011. 26 p. Available at: https://pubs.usgs.gov/circ/circ1196-R/pdf/circular_1196-R.pdf (accessed 9 September 2022).
- Mishra D., Sinha S., Sahu K.K., Agrawal A., Kumar R. Recycling of secondary tungsten resources. *Transactions of the Indian institute of metals*, 2017, vol. 70, no. 2, pp. 479–485. DOI: 10.1007/s12666-016-1003-8.
- British Geological Survey*. Available at: <https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/> (accessed 9 September 2022).
- U.S. Geological Survey*. Available at: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/index.html#mcs> (accessed 9 September 2022).
- TrendEconomy*. Available at: <https://trendeconomy.ru/> (accessed 9 September 2022).
- Infomine Research Group*. Available at: <https://infomine.ru/> (accessed 9 September 2022).
- A world of information. UNdata*. Available at: <https://data.un.org/> (accessed 9 September 2022).
- Gosudarstvenny doklad «O sostoyanii i ispolzovanii mineralno-syrevykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2000–2020 godu»* [State report «On the state and use of mineral resources of the

- Russian Federation in 2000–2020». Available at: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (accessed 9 September 2022).
16. *Data on customs statistics of foreign trade of the Russian Federation*. Federal State Statistics Service. Available at: stat.customs.gov.ru/analysis (accessed 9 September 2022).
 17. Chernov B.S., Belov S.V., Bronnickaya L.S., Getmanskaya T.I., Burmistrov A.A. *Mineralnoe syrye. Volfram. Spravochnik* [Mineral raw materials. Tungsten. Guide]. Moscow, Geoinformmark Publ., 1998. 37 p.
 18. Wang X., Qin W.-Q., Jiao F., Dong L.-Y., Guo J.-G., Zhang J., Yang C.-R. Review of tungsten resource reserves, tungsten concentrate production and tungsten beneficiation technology in China. *Transactions of nonferrous metals society of China*, 2022, vol. 32, no. 7, pp. 2318–2338. DOI: 10.1016/S1003-6326(22)65950-8.
 19. Li J., Yang J., Zhao Z., Chen X., Liu X., He L., Sun F. Efficient extraction of tungsten, calcium, and phosphorus from low-grade scheelite concentrate. *Minerals engineering*, 2022, vol. 181, article no. 107462. DOI: 10.1016/j.mineng.2022.107462.
 20. 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. In Rus. DOI: 10.18799/24131830/2019/2/114.
 21. Lassner E. From tungsten concentrates and scrap to highly pure ammonium paratungstate (APT). *International journal of refractory metals and hard materials*, 1995, vol. 13, no. 1–3, pp. 35–44. DOI: 10.1016/0263-4368(95)00002-X.
 22. Dan N., Li J. Preparation technology status and development prospect of high purity ammonium paratungstate product [高纯仲钨酸铵产品制备工艺现状及发展前景]. *Fenmo yeyin cailiao kexue yu gongcheng* [Materials science and engineering of powder metallurgy], 2020, vol. 25, no. 5, pp. 363–368.
 23. Shemi A., Magumise A., Ndlovu S., Sacks N. Recycling of tungsten carbide scrap metal: A review of recycling methods and future prospects. *Minerals engineering*, 2018, vol. 122, pp. 195–205. DOI: 10.1016/j.mineng.2018.03.036.
 24. Hairunnisha S., Sendil G.K., Rethinaraj J.P., Srinivasan G.N., Adaikkalam P., Kulandaisamy S. Studies on the preparation of pure ammonium para tungstate from tungsten alloy scrap. *Hydro-metallurgy*, 2007, vol. 85, no. 2–4, pp. 67–71. DOI: 10.1016/j.hydromet.2006.08.002.
 25. Xi-Jie C., Li-Qiong J. China raised the first batch production quota over rare-earths and tungsten in 2021. *China geology*, 2021, vol. 4, no. 1, pp. 193–194. DOI: 10.31035/cg2021031.
 26. Dvořáček J., Sousedíková R., Krzemien A., Sanchez A.S. Focus on some aspects of market price trends for tungsten. *Acta montanistica Slovaca*, 2017, vol. 22, no. 2, pp. 126–135.
 27. *Reshenie Kollegii Evraziyskoy ekonomicheskoy komissii. Perechen tovarov, kotorye yavlyayutsya sushchestvenno vazhnymi dlya vnutrennego rynka Evraziyskogo ekonomicheskogo soyuza i v otnoshenii kotorykh v isklyuchitelnykh sluchayakh mogut byt vvedeny vremennye zaprety ili kolichestvennye ogranicheniya eksporta* [The list of goods that are essential for the internal market of the Eurasian Economic Union and in respect of which, in exceptional cases, temporary bans or quantitative export restrictions may be imposed]. Approved by the Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission of 07/26/2016, no 83 (ed. of 03/31/2020).
 28. *Postanovlenie Pravitelstva RF. Perechen tovarov, yavlyayushchikhsya sushchestvenno vazhnymi dlya vnutrennego rynka Rossiyskoy Federatsii, v otnoshenii kotorykh v isklyuchitelnykh sluchayakh mogut byt ustanovleny vremennye ogranicheniya ili zaprety eksporta* [The list of goods that are essential for the domestic market of the Russian Federation, in respect of which, in exceptional cases, temporary export restrictions or prohibitions may be established]. Resolution of the Government of the Russian Federation of 12/15/2007, no 877 (ed. of 08/06/2022). Collection of Legislation of the Russian Federation, 12/24/2007, no 52, article 6461.
 29. *Postanovlenie Pravitelstva RF. «O merakh po realizatsii Ukaza Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 8 marta 2022 g. no 100»* [Resolution of the Government of the Russian Federation of 03/09/2022, no 313 (ed. of 08/27/2022). «On measures to implement the Decree of the President of the Russian Federation of March 8, 2022, no 100»]. Collection of Legislation of the Russian Federation, 03/21/2022, no 12, article 1819.

Received: 31 October 2022.

Reviewed: 20 March 2023.

Information about the author

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