

УДК 339.13:669.27:669.018.25

ОБЗОР МИРОВОГО РЫНКА ВОЛЬФРАМА. ЧАСТЬ 3. ТОВАРНЫЕ ПОТОКИ КОНЕЧНЫХ ВОЛЬФРАМОВЫХ ПРОДУКТОВ

Боярко Григорий Юрьевич¹,
gub@tpu.ru

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

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

Цель: изучение динамики мировых товарных потоков (производства, импорта, экспорта, потребления) конечных вольфрамовых продуктов (ферровольфрама, вольфрама металлического, карбида вольфрама); оценка критичности мирового рынка конечных вольфрамовых продуктов.

Методы: статистический, графический, логический.

Результаты. Мировой рынок конечных вольфрамовых продуктов достаточно сложный. Мировое производство конечных вольфрамовых продуктов выросло с 42–52 тыс. т/год в 1970-х гг. до 100–119 тыс. т/год в 1910-х гг. с темпом прироста за 50-летний период +2,2%/год. В 1970–1980-е гг. был период обычного состояния медленно растущего мирового потребления конечных вольфрамовых продуктов с темпами прироста спроса на них +1,9%/год. В 1990-е гг. – значительное сокращение спроса на конечные вольфрамовые продукты (–4,9%/год) в военной сфере (завершение холодной войны) и сокращение роли России на вольфрамовом рынке (последствия стагнации российской экономики, в первую очередь, металлообработки). В 2000–2010-е гг. – бурный рост мирового спроса на конечные вольфрамовые товарные продукты, в первую очередь карбида вольфрама, ввиду экспоненциального наращивания возможностей китайской промышленности. Темпы прироста мирового спроса на конечные вольфрамовые продукты в этот период составили +6,7%/год. Китай доминирует в мировом производстве, потреблении и торговле конечными вольфрамовыми продуктами, поэтому его торговая политика по сдерживанию (квотированию) экспорта этих товаров задает динамику мирового рынка вольфрама. К 2020 г. лидером производства конечных вольфрамовых продуктов является Китай: 68 % мирового предложения ферровольфрама, 57 % вольфрама металлического и 75 % карбида вольфрама. Большая часть этих товарных продуктов остается в Китае и идет на национальное потребление: 69 % мирового спроса на ферровольфрам, 53 % вольфрам металлический и 55% карбид вольфрама. Начиная с 1990 г. рынок мировой торговли вольфрамовыми продуктами перестает быть сырьевым, в нем начинают преобладать конечные вольфрамовые товары. Доли стоимости конечных вольфрамовых продуктов в мировой торговле суммы всех вольфрамовых продуктов составляли 20–30 % в 1970–1980-е гг., начали увеличиваться в 1989 г. превысив 50 % в 1993 г. и колеблется в диапазоне 45–65 % в 2000–2010-е гг. Главными экспортёрами к настоящему времени являются: для ферровольфрама – Китай, для вольфрама металлического – Китай, США и Германия, для карбида вольфрама – Китай. Главные импортёры: для ферровольфрама – Германия, Япония, Нидерланды и Австрия, для вольфрама металлического – Германия и США, для карбида вольфрама – Германия, Япония и США. Большая часть промышленно развитых стран – потребители конечных вольфрамовых продуктов: США, страны Европейского Союза и Япония стали зависимыми от импорта вольфрамовых продуктов и будут продолжать оставаться таковыми в обозримом будущем.

Ключевые слова:

Ферровольфрам, вольфрам металлический, карбид вольфрама, производство, экспорт, импорт, потребление, ценообразование.

Введение

Мировое предложение вольфрамовых продуктов отличается сложностью рыночных отношений, обусловленной доминированием предложения из одной страны (Китай), множеством стран-импортеров и значительными динамическими изменениями объемов спроса и предложения товарных вольфрамовых продуктов за последние 50 лет [1–4]. В 1990-е гг. произошло резкое сокращение спроса на вольфрамовые продукты в военной сфере, уменьшилась роль России на вольфрамовом рынке на фоне стагнации российской экономики [5]. В 2000–2010-е гг. происходил бурный рост мирового спроса и предложения вольфрамовых товарных продуктов ввиду экспоненциального наращивания возможностей китайской промышленности [6–8]. Необходимо оценить состояние мирового производства вольфрама, произвести анализ динамики мирового рынка множественности товарных сырьевых вольфрамовых продуктов (ферровольфрама, вольфрама металлического и карбида воль-

фрама) и определить уровень критичности сырьевых вольфрамовых товаров с позиции их спроса и предложения.

Методы исследования

С целью изучения мирового рынка конечных 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 Британской геологической службы [9], имеющиеся для всего изучаемого периода. Они сравнивались с данными Геологической службы США (USGS) [10], маркетинговых компании TrendEconomy [11] и ИнфоМайн [12], информационной службы ООН (UN) [13], а также другими национальными источниками, включая доклады Федерального агентства недропользования [14]

и Федеральной таможенной службы [15] 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). Нетто-потребление конечных вольфрамовых продуктов рассчитывалось по сведению баланса «Производство» + «Импорт» – «Экспорт» = «Нетто-потребление».

Товарные потоки вольфрамовых продуктов

Конечными товарными вольфрамовыми продуктами, выпускаемыми вольфрамовой отраслью, являются: ферровольфрам, вольфрам металлический и карбид вольфрама.

Ферровольфрам используется для производства специализированных сплавов стали (конструкционных, тяжелонагруженных, жаропрочных) путем их легирования. Производится ферровольфрам простой выплавкой из вольфрамитового и шеелитового концентратов или металлотермической плавкой с добавкой алюминия [16–18].

Мировое предложение ферровольфрама возрастало с 9,4 тыс. т в 1970 г. до 16,3 тыс. т в 2017 г. (+1,2 %/год) (рис. 1, а). Ферровольфрам выпускается лишь в отдельных странах мира. В целом изменения в

динамике объемов предложения ферровольфрама определяются доминированием китайского производства, увеличившего свою долю мирового предложения этого продукта с 10 % (1 тыс. т) в 1970 г. до 94 % (10,5 тыс. т) к 2004 г., но в дальнейшем, несмотря на рост его выпуска до 11,5 тыс. т в 2017 г., доля китайского производства снизилась до 70 %. Производство ферровольфрама в СССР, составлявшее в 1970–1980-е годы 3–4 тыс. т/год (33–47 % от мирового предложения), начиная с 1992 г. в России начало сокращаться: 1,3–3,0 тыс. т/год (14–32 %) в 1990-е гг., 0,5–0,7 тыс. т/год (4–5 %) в 2000-е гг., но в 2010-е гг. намечился рост до 1,0–3,0 тыс. т/год (7–20 %). Британия, в 1970-е гг. выпускавшая ферровольфрам в значительных количествах – 3,0–3,5 тыс. т/год (27–32 % от мирового предложения), в 1980-е гг. снизившая выпуск до 1 тыс. т/год, в 1989 г. прекратила производство этого товарного продукта. Начиная с 2009 г. организовано производство ферровольфрама во Вьетнаме – до 2,8 тыс. т/год (до 21 % мирового предложения), но с 2018 г. его выпуск упал до 0,2–0,6 тыс. т/год (2–4 %). Ферровольфрам производится также в США (до 0,9 тыс. т/год), Швеции (до 0,9 тыс. т/год), Японии (до 0,5 тыс. т/год), Португалии (до 0,4 тыс. т/год), Индии (до 0,3 тыс. т/год).

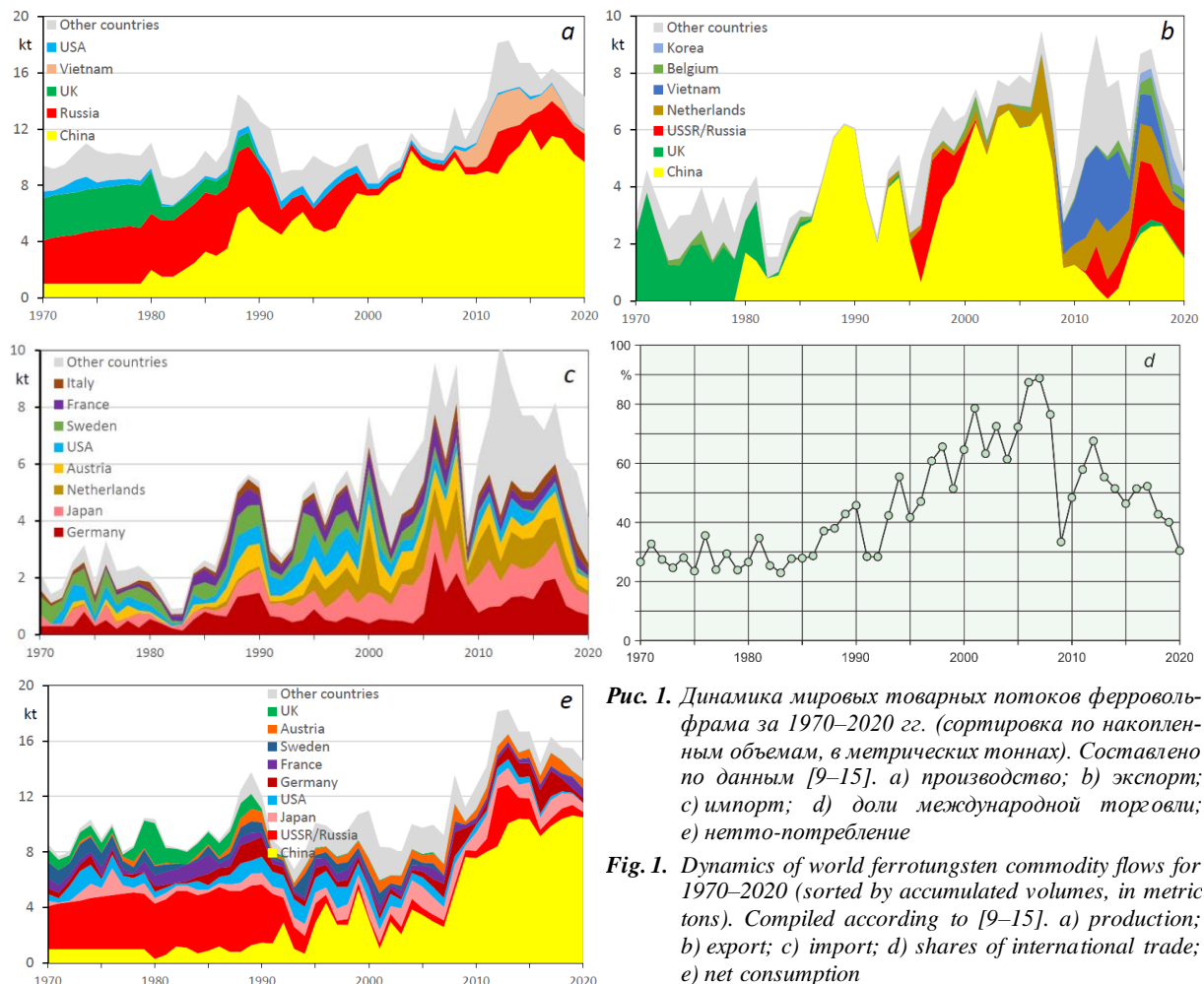


Рис. 1. Динамика мировых товарных потоков ферровольфрама за 1970–2020 гг. (сортировка по накопленным объемам, в метрических тоннах). Составлено по данным [9–15]. а) производство; б) экспорт; в) импорт; д) доли международной торговли; е) нетто-потребление

Fig. 1. Dynamics of world ferrotungsten commodity flows for 1970–2020 (sorted by accumulated volumes, in metric tons). Compiled according to [9–15]. а) production; б) export; в) import; д) shares of international trade; е) net consumption

В динамике международной торговли ферровольфрамом (рис. 1, *b, c*) можно отметить следующее:

- общая тенденция увеличения суммарных объемов мировой торговли ферровольфрамом с 1,5–3,0 тыс. т/год в 1970-х гг., до 6–9 тыс. т/год в 2010-х гг., несмотря на их просадки в 1982–1983 гг., в 2009 г. (весьма значительной) и в 2019–2020 гг.;
- неупорядоченность источников и объемов предложения ферровольфрама на мировой рынок – переменчивость лидеров торговли – Китая (до 84 %), Британии (до 83 %), России (до 36 %), Вьетнама (до 33 %), скачки годового экспорта/импорта от 1,5 до 9,3 тыс. т/год;
- значительное число стран-импортеров, импортирующих небольшие объемы этого продукта (50–300 т/год) кроме лидеров импорта ферровольфрама (Германия, Япония, Нидерланды, Австрия, США, Швеция, Франция, Италия);
- Нидерланды – страна-транзитер ферровольфрама – экспортирует большую часть – 49–100 % своего импорта.

Динамика долей объемов международной торговли ферровольфрамом не отражает динамики мирового потребления этого продукта с просадкой спроса в 1990-е гг. Наоборот первоначально объемы экспорта/импорта возрастали с 26 % в 1970 г. до 88 % в 2007 г., а затем снижались вплоть до 30 % в 2020 г. (рис. 1, *d*).

Лидером потребления ферровольфрама в 1970–1980-е гг. являлся СССР – 3–4 тыс. т/год (36–50 % мирового спроса) – в основном для производства танковой брони, но с 1993 г. наблюдается его снижение до уровня 0,5–1,8 тыс. т/год (3–7 %), сохраняемое до настоящего времени (рис. 1, *e*). Китай же, потребляя в 1970-х гг. 0,5–2,0 тыс. т/год (6–12 % мирового спроса) ферровольфрама, начиная с 1995 г. наращивает его потребление вплоть до 10,7 тыс. т (69 % мирового спроса) в 2019 г. Для Японии, США и Австрии практически весь период имеет место стабильное потребление ферровольфрама на уровне, соответственно, по странам (тыс. т/год): 0,5–1,5, 0,1–0,8, 0,2–1,2. В 2000–2010-е гг. выросло потребление ферровольфрама в Германии (с 0,1–0,5 до 1,3 тыс. т/год). В 1970–1990-е гг. достаточно высокий уровень потребления ферровольфрама (0,5–1,5 тыс. т/год) наблюдался во Франции, Швеции и Британии, но начиная с 2000-х гг. он сократился до исчезающе малых величин.

В целом на производство ферровольфрама приходится до 11 % мирового потребления вольфрамового сырья, что соответствует уровню его использования на производство данного продукта в США, так и в Европейском Союзе [19].

Металлический вольфрам, как и ферровольфрам, большей частью используется для производства специализированных износостойких и коррозионностойких сплавов из стали, а также высокопрочных изделий военного назначения (броневые кинетические снаряды и пули, элементы брони). Используется также в виде проволоки в электротехнике для ламп накаливания, электрических контактов; элементов в осветительных и электронных лампах; рентгеновских

трубок; электродов для аргоно-дуговой сварки; нагревательных элементов в высокотемпературных вакуумных электропечах.

Производится металлический вольфрам преимущественно путем отжига паравольфрамата аммония до оксида вольфрама и последующего термического восстановления этого оксида водородом в трубчатых печах [20]. Развиваются также технологии электрохимического производства металлического вольфрама (преимущественно при переработке вольфрамовых отходов) [21, 22].

В динамике мирового предложения вольфрама металлического за последние 50 лет можно выделить три периода (рис. 2, *a*):

- 1970–1980-е гг. в условиях холодной войны при спросе на броневую сталь и броневые элементы оружия – тренд слабого, но прогрессивного роста, с 22,6 тыс. т в 1970 г. до 33,2 тыс. т в 1990 г. (+2,0 %/год);
- 1990-е гг. – просадка мирового предложения на 50–58 % в результате сокращения продукции военного назначения и стагнации экономики СССР/России до 14–16 тыс. т/год;
- 2000–2010-е гг. – бурный рост мирового потребления вольфрама на фоне соответствующего экономического развития промышленности Китая с 19,7 тыс. т в 2001 г. до 42,3 тыс. т в 2016 г. (+5,2 %/год).

В 1970–1980-е гг. в производстве металлического вольфрама лидировал СССР, выпускавший 4–10 тыс. т/год (17–34 % от мирового предложения), но в кризисные 1990-е гг. российский выпуск этого продукта снизился до 0,6–1,6 тыс. т/год (4–10 %), а в 2000–2010-е гг. объемы его выпуска несколько возросли (до 0,9–1,7 тыс. т/год), но доли российского предложения от мирового уменьшились (2–4 %).

Китай, являясь лидером предложения вольфрамового сырья, в течении всего периода неуклонно увеличивает производство вольфрама металлического с 3,1 тыс. т в 1970 г. (14 % от мирового предложения) до 20–25 тыс. т/год в 2010-е гг. XXI в. (50–64 % мирового спроса) при темпах прироста его выпуска +3,8 %/год. Даже в период мирового спада производства металлического вольфрама в 1990-е гг. и в период экономического кризиса 2008 г. падение предложения этого продукта в Китае было незначительным.

Третий мировой лидер производства металлического вольфрама в 1970-е гг. – США (2,3–4,8 тыс. т/год, 10–15 % от мирового предложения) к 1990-м гг. снизил предложение до 0,5–1,5 тыс. т/год (1–3 %), но в 2000–2010-е гг. нарастил выпуск этого товарного продукта до 4,0–8,6 тыс. т/год (1–5 %), а с 2015 г. опять свернул производство до 1,1–2,8 тыс. т/год (3–7 %). Наиболее стабильно производство металлического вольфрама в Австрии, чье предложение в течении всего периода составляет 1–4 тыс. т/год. Британия, в 1970–1980-е гг. выпускавшая значительное количество вольфрама металлического – 1,0–2,9 тыс. т/год, в последующий период выпускает 0,5–1,0 тыс. т/год. В Японии при стабильном производстве металличе-

ского вольфрама 1,0–1,5 тыс. т/год в 1990–2000-е гг. наблюдалось повышение объемов выпуска до 2,0–2,5 тыс. т/год. Аналогично, Германия, произво-

дившая 0,5–2,0 тыс. т/год вольфрама металлического, начиная с 2010 г. нарастила предложение этого товарного продукта до 3,4–11,8 тыс. т/год.

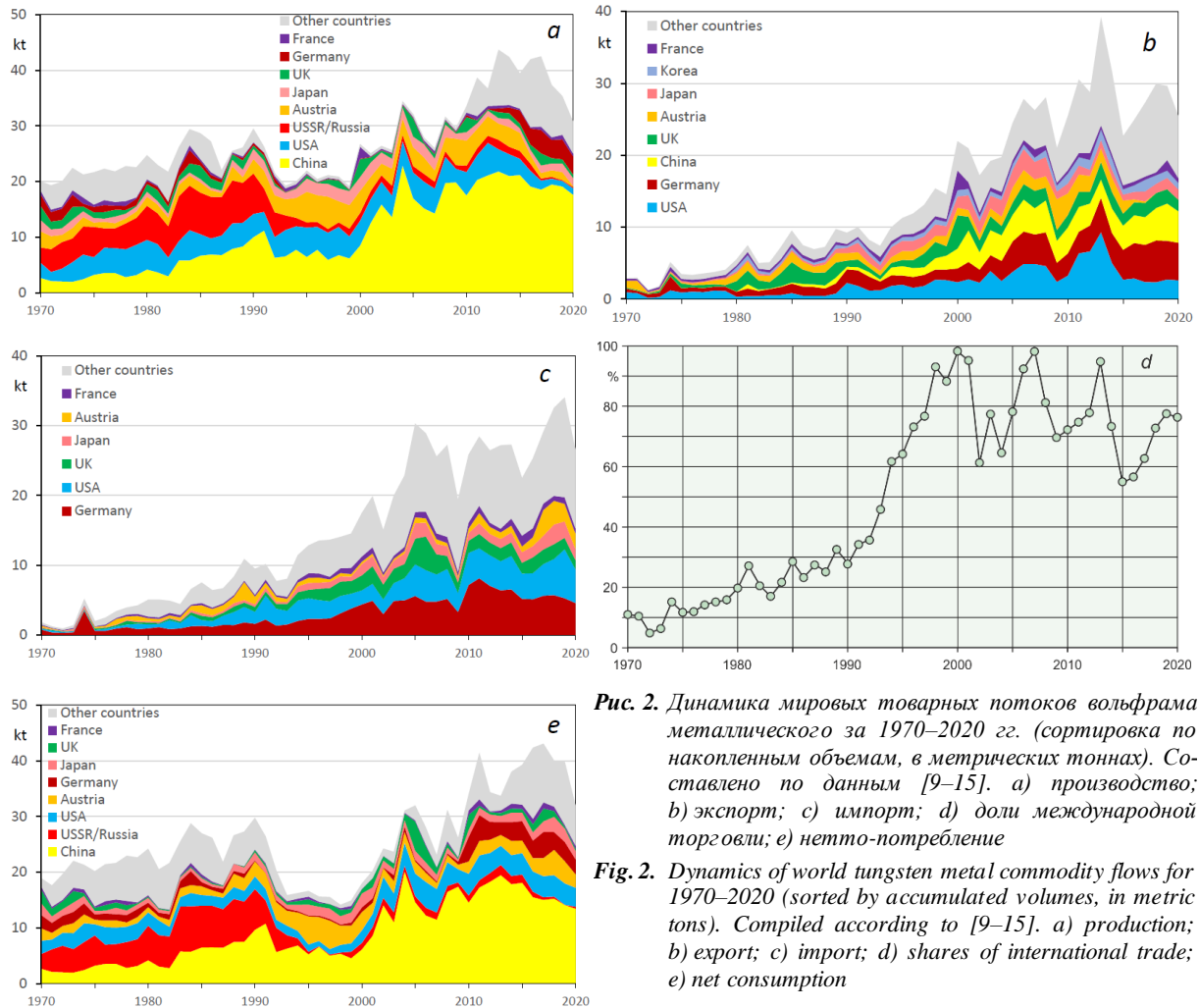


Рис. 2. Динамика мировых товарных потоков вольфрама металлического за 1970–2020 гг. (сортировка по накопленным объемам, в метрических тоннах). Составлено по данным [9–15]. а) производство; б) экспорт; в) импорт; д) доли международной торговли; е) нетто-потребление

Fig. 2. Dynamics of world tungsten metal commodity flows for 1970–2020 (sorted by accumulated volumes, in metric tons). Compiled according to [9–15]. a) production; b) export; c) import; d) shares of international trade; e) net consumption

В международной торговле металлическим вольфрамом (рис. 2, б, в) имеет место уверенный рост его физических объемов с 2–5 тыс. т/год в 1970-е гг. до 25–30 тыс. т/год в 2010-е гг. с темпами прироста +5,6 %/год. Это обусловлено увеличением объемов экспорта из Китая (+5,2 %/год), Германии (+11,2 %/год) и Австрии (+10,8 %/год), а также из множества источников других стран-производителей (Италия, Бельгия, Чехия и др.) и стран транзитной торговли (Нидерланды, Швейцария, Израиль и др.). Следует отметить снижение экспорта металлического вольфрама из США (с 6 тыс. т в 2006 г. до 1,3–2,7 в 2015–2017 гг.). Увеличился импорт в Германию (+22,0 %/год) и США (+17,2 %/год). Основные экспортеры металлического вольфрама – Германия (до 20 % мировой торговли), Китай (до 17 %) и США (до 15 %). Основные импортеры – США (до 34 %) и Германия (до 28 %). Налицо крупные объемы транзитной торговли карбидом вольфрама в Германии, США, Британии, Японии и Нидерландах.

Доля объемов международной торговли металлическим вольфрамом от его производства первонач-

ально медленно возрастала с 5 % в 1973 г. до 36 % в 1992 г., а затем резко увеличилась до 98 % в 2000 г., что обусловлено значительном возрастанием объемов транзитной торговли этим товарным продуктом (рис. 2, д). В дальнейшем доля международной торговли вольфрамом металлическим меняется в широких пределах (от 55 до 98 %), что тоже свидетельствует о высоких объемах транзитных операций.

Лидером потребления металлического вольфрама в 1970–1980-е гг. являлся СССР – 4,0–7,5 тыс. т/год (15–29 % мирового спроса), но с 1993 г. в результате стагнации промышленного производства наблюдается его снижение до уровня 0,3–1,6 тыс. т/год (2–8 %), сохраняемое до настоящего времени (рис. 2, е). Китай же, первоначально потребляя в 1970-х гг. 2,1–4,2 тыс. т/год (9–17 % мирового спроса) вольфрама металлического, начиная с 1983 г. наращивает его использование вплоть до 17,4 тыс. т (66 %) в 2009 г., а в дальнейшем в 2010-е гг. сохраняет высокий уровень потребления этого продукта – 14–19 тыс. т/год (35–53 % мирового потребления). Относительно стабильное потребление металлического вольфрама имеет место

в США (3–4 тыс. т/год) и Австрии (1,5–3,0 тыс. т/год), причем в 1990-е гг. была просадка потребления в США до 1–2 тыс. т/год и почти синхронное увеличение спроса в Австрии до 3–5 тыс. т/год. Германия длительное время потребляла 1–3 тыс. т/год вольфрама металлического, но начиная с 2010 г. произошло значительное увеличение спроса до 3–5 тыс. т/год. Также следует отметить значительное увеличение спроса на металлический вольфрам в 2010-е гг. во множестве остальных стран мира – до 10–12 тыс. т/год, тогда как ранее они потребляли не более 1–2 тыс. т/год.

Карбид вольфрама используется преимущественно для производства износостойких элементов режущих инструментов, в выплавке самой инструментальной стали, в составе напыления (стеллита) металлических деталей для повышения их износостойкости, а также высокопрочных изделий военного назначения.

Производится карбид вольфрама, как и металлический вольфрам, путем отжига паравольфрамата аммония до оксида вольфрама, с последующим восстановлением его в трубчатых печах углеродом [20].

Развиваются также технологии электрохимического [21, 22] и плазмохимического [23, 24] производства карбида вольфрама.

Динамика мирового производства карбида вольфрама в принципе повторяет тренды изменений мирового рынка вольфрама металлического с теми же тремя знаковыми периодами его развития (рис. 3, а):

- 1970-е гг. – с трендом прогрессивного роста с 19,0 тыс. т в 1970 г. до 28,7 тыс. т в 1980 г. (+4,3 %/год);
- 1980–1990-е гг. – не сопровождался просадками объемов производства, что указывает на меньшую долю использования карбида вольфрама в военных приложениях, и его мировое предложение оставалось по-прежнему достаточно высоким (17–28 тыс. т/год);
- 2000–2010-е гг. XXI в. – бурный рост мирового производства WC на фоне соответствующего экономического развития китайской промышленности с 22,9 тыс. т в 2000 г. до 63,0 тыс. т в 2016 г. (+7,5 %/год).

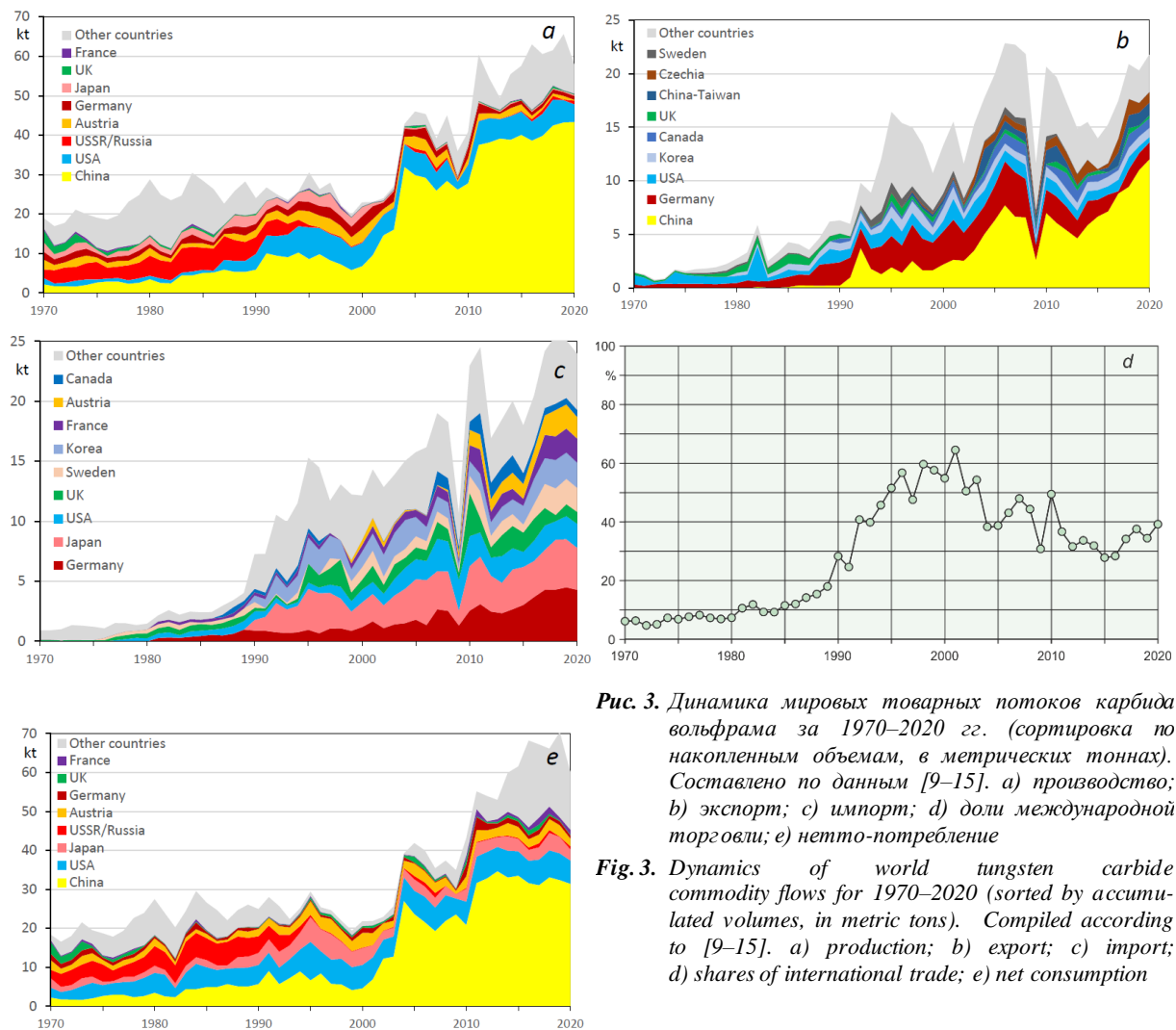


Рис. 3. Динамика мировых товарных потоков карбида вольфрама за 1970–2020 гг. (сортировка по накопленным объемам, в метрических тоннах). Составлено по данным [9–15]. а) производство; б) экспорт; в) импорт; д) доли международной торговли; е) нетто-потребление

Fig. 3. Dynamics of world tungsten carbide commodity flows for 1970–2020 (sorted by accumulated volumes, in metric tons). Compiled according to [9–15]. а) production; б) export; в) import; д) shares of international trade; е) net consumption

Первоначально, в 1970–1980-е гг., в производстве карбида вольфрама лидировал СССР, выпускавший 3–6 тыс. т/год (15–25 % от мирового предложения), но начиная с 1995 г. на фоне свертывания объемов металлообработки российский выпуск этого продукта снизился до 0,1–0,8 тыс. т/год (0,2–2,0 %) с сохранением такого низкого уровня до настоящего времени.

Китай в 1970–1980-е гг. наращивал производство карбида вольфрама с 2,2 тыс. т в 1970 г. до 10,0 тыс. т/год в 1991 г. (8–24 % от мирового предложения) при темпах прироста его выпуска +7,5 %/год. В 1990-е гг. китайское предложение этого товарного продукта составляло 6,8–10,2 тыс. т/год (29–40 %), причем имелся слабый тренд снижения предложения. Начиная с 2001 г. (9,6 тыс. т) начался стремительный рост китайского производства WC вплоть до 31,9 тыс. т в 2004 г. (75 % от мирового производства) при темпах прироста +49,5 %/год. В 2001–2010 гг. уровень китайского предложения карбида вольфрама уже составлял 26–30 тыс. т/год (65–73 %), но с 2011 до 2013 гг. его производство опять увеличилось до 39,1 тыс. т (79 %) и находится в таком состоянии до настоящего времени (39–43 тыс. т/год, 61–70 %). В целом прирост производства карбида вольфрама в Китае составил за период с 1970 по 2020 гг. +6,2 %/год.

США, производившие в 1970–1980-е гг. 0,7–1,4 тыс. т/год карбида вольфрама (2–8 % от мирового предложения), начиная с 1987 г. нарастили выпуск этого товарного продукта к 1994 г. до 6,6 тыс. т (26 %) и в последующее время сохраняют этот относительно высокий уровень (4–7 тыс. т/год, 10–25 %), занимая вторую позицию в мировом рейтинге производителей.

Стабильно производство карбида вольфрама в Австрии, чье предложение в течение всего периода составляло, соответственно, 1–2 тыс. т/год, причем в 1994–2000 гг. наблюдалось локальное повышение до 2,3–3,5 тыс. т/год. Япония, в 1970–1990-е гг. выпускавшая 1,2–2,8 тыс. т/год карбида вольфрама, в последующий период сократила производство до 0,1–0,3 тыс. т/год, перейдя преимущественно на импорт этого товарного продукта. В Британии до 1973 г. производилось 2,4–3,1 тыс. т/год карбида вольфрама, в дальнейшем сократился его выпуск до 0,2–0,5 тыс. т/год. Напротив, Германия, производившая 0,5–2,0 тыс. т/год карбида вольфрама, начиная с 2010 г. нарастила предложение этого товарного продукта до 3,4–11,8 тыс. т/год. Следует отметить, что значительная доля производства карбида вольфрама в 1970–1980-е гг. приходится на прочие страны мира (5,2–12,5 тыс. т/год, 23–49 % от мирового предложения), причем в 1990–2000-е гг. его выпуск из этой группы стран сократился (0,5–3,9 тыс. т/год, 2–12 %), но в 2010-е гг. опять возрос до 7,3–11,8 тыс. т/год. При этом доля прочих стран в мировом предложении карбида вольфрама начиная с 1990-х гг. уже ниже – 12–26 %.

В международной торговле карбидом вольфрама (рис. 3, *b, c*) темпы роста его объемов более значительны, чем для металлического вольфрама – с 0,7–1,5 тыс. т/год в 1970-е гг. до 15–20 тыс. т/год в 2020-е гг. с темпами +5,5 %/год. Это обусловлено в первую очередь ростом объемов экспорта из Китая с

0,25 тыс. т в 1990 г. до 12,0 тыс. т в 2020 г. (+12,5 %/год). Снижился экспорт из Германии с 2–4 тыс. т/год в 1990-е и 2000-е гг. до 1,6 тыс. т в 2020 г. (–2,0 %/год). Основной экспортер карбида вольфрама – Китай, поставляющий на мировой рынок 30–55 % объемов торговли этим продуктом. С большим отрывом по объемам экспорта идут поставки из Германии, США и Южной Кореи. Главными импортерами карбида вольфрама являются Германия, Япония, США, Швеция, Южная Корея, Франция и Австрия. Увеличился импорт в Германию – до 4,5 тыс. т в 2019 г. (+8,1 %/год), и Японию – до 4,0 тыс. т в 2018 г. (+2,9 %/год). Налицо крупные объемы транзитной торговли карбидом вольфрама в Германии, США, Южной Корее и Британии.

Доли объемов международной торговли карбидом вольфрама первоначально медленно возрастали с 5 % в 1972 г. до 18 % в 1989 г., а затем резко увеличились до максимума 65 % в 2001 г. (рис. 3, *d*). В дальнейшем наблюдается тенденция снижения доли до 25 % в 2015 г., что обусловлено увеличением внутреннего потребления карбида вольфрама в Китае для производства продукции с большей прибавочной стоимостью. Лишь в дальнейшем наметился слабый тренд роста международной торговли карбидом вольфрама вплоть до 40 % в 2020 г., как результат увеличения транзитной торговли этим товарным продуктом.

Лидером потребления карбида вольфрама (как и металлического вольфрама) в 1970–1980-е гг. являлся СССР – 3–6 тыс. т/год (15–28 % мирового спроса), но с 1993 г. в результате стагнации промышленного производства и, в первую очередь, металлообработки наблюдается его снижение до уровня 0,2–1,0 тыс. т/год (0,5–1,2 %), сохраняемое до настоящего времени (рис. 3, *e*).

Китай, потребляя в 1970-х гг. 1,7–3,5 тыс. т/год (10–14 % мирового спроса) карбида вольфрама, начиная с 1983 г. наращивает его использование, в 1986 г. опередив по объемам спроса СССР, вплоть до локального максимума 27,0 тыс. т (69 %) в 2004 г., с просадкой спроса до 19,3 тыс. т (55 %) в 2007 г., дальнейшим ростом до 34,6 тыс. т (55 %) в 2014 г. и сохраняет высокий уровень потребления этого продукта (в первую очередь при металлообработке) в дальнейшем (31–33 тыс. т/год, 46–54 %). Средний прирост потребления карбида вольфрама в Китае за весь период 19970–2020 гг. составил +5,5 %/год.

В США в 1970–1980-е гг. потребление карбида вольфрама составляло 0,5–1,7 тыс. т/год, 2–8 % мирового потребления), но начиная с 1987 г. спрос начал расти до 6,7 тыс. т в 1995 г. (30 %). В дальнейшем потребление WC в США сохраняется на этом высоком уровне (4,4–6,6 тыс. т/год), отвечая второму месту в мировом рейтинге потребления, но в объемах мирового спроса доля потребления карбида вольфрама в США сокращается (с 28 % в 2001 г. до 8 % в 2020 г.).

Япония, являясь третьим лидером мирового потребления карбида вольфрама, стабильно использует 1,2–3,3 тыс. т/год этого продукта, но в 1990-х гг. имело место увеличение его спроса до 3,3–6,5 тыс. т/год. Достаточно стабильное потребление карбида воль-

фрама имеет место в Австрии (1,3–3,7 тыс. т/год). Также следует отметить значительное увеличение спроса на карбид вольфрама (как и в случае вольфрама металлического) в 2010-е гг. в остальных странах мира – до 10–22 тыс. т/год, когда ранее они потребляли не более 1–4 тыс. т/год.

В совместной динамике долей объемов мирового потребления конечных вольфрамовых продуктов отмечаются следующие тенденции:

- наличие трех периодов изменчивости спроса: слабого тренда роста в 1970–1980-е гг. с 39 до 63 тыс. т/год от суммы конечных вольфрамовых продуктов в пересчете на 100 % W, спада потребления в 1990-х гг. до 40 тыс. т/год и бурного роста спроса на

конечные вольфрамовые продукты в 2000–2010-х гг. (до 119 тыс. т/год) (рис. 4, a, b);

- изменения объемов потребления металлического вольфрама и карбида вольфрама конформно друг другу, но начиная с 1991 г. спрос на карбид вольфрама превышает объемы потребления вольфрама металлического (за счет большего снижения спроса на последний в 1990-е гг.), а начиная с 2011 г. превышение спроса на карбид вольфрама стало весьма значительным (рис. 4, b, c)
- доли вольфрама металлического и ферровольфрама во времени имеют тенденцию к снижению: соответственно, с 44 и 16 % в 1970 г. до 32 и 11 % в 2020 г., а для карбида вольфрама – тренд роста с 40 % в 1970 г. до 57 % в 2020 г. (рис. 4, c).

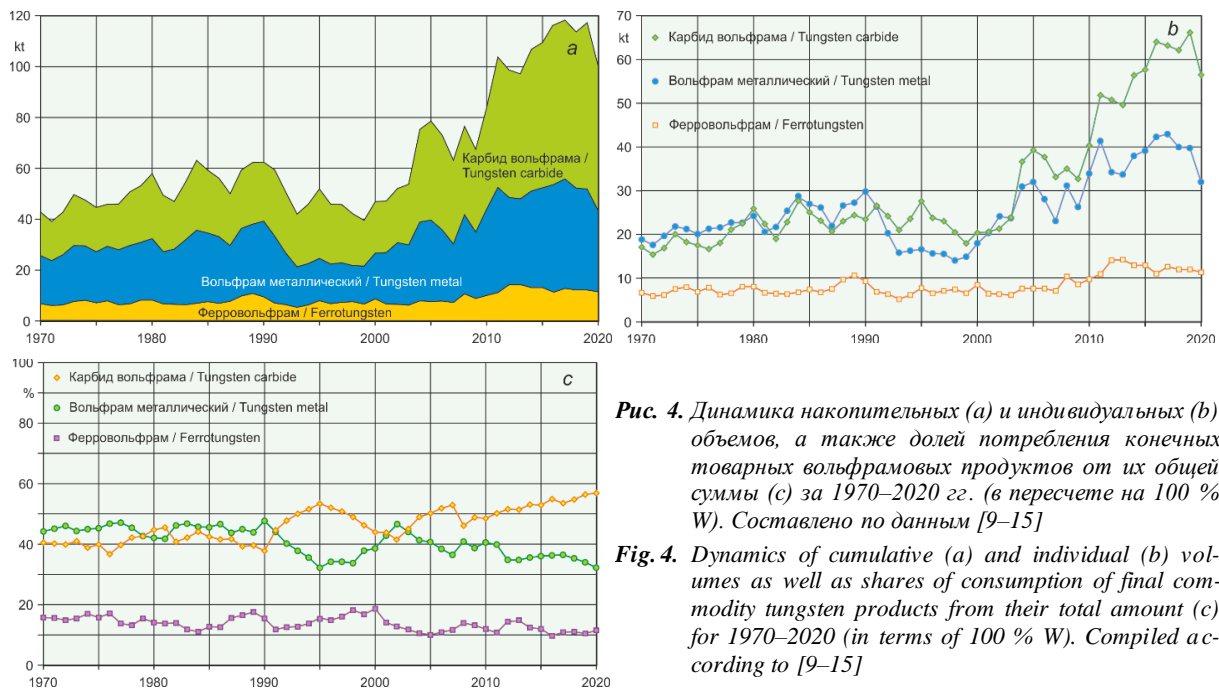


Рис. 4. Динамика накопительных (a) и индивидуальных (b) объемов, а также долей потребления конечных товарных вольфрамовых продуктов от их общей суммы (c) за 1970–2020 гг. (в пересчете на 100 % W). Составлено по данным [9–15]

Fig. 4. Dynamics of cumulative (a) and individual (b) volumes as well as shares of consumption of final commodity tungsten products from their total amount (c) for 1970–2020 (in terms of 100 % W). Compiled according to [9–15]

В динамике долей международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами от суммы объемов их мирового предложения (в пересчете на 100 % W) отмечаются следующие тенденции (рис. 5, a):

- рост долей международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами с 20 % в 1970 г. вплоть до максимума в 2000 г. (91 % суммы конечных продуктов и 63 % металлического вольфрама) с темпами приращения +10,1 %/год для суммы конечных продуктов и +10,7 %/год для металлического вольфрама; рост долей мировой торговли карбида вольфрама тоже имеет место, но площадка максимальных долей в 20–25 % была достигнута к 1995 г. хотя темпы прироста были соизмеримыми с изменениями товарных потоков вольфрама металлического (+10,7 %/год);
- начиная с 2001 г. происходит спад доли международной торговли и суммы конечных вольфрамовых продуктов (до 34 %), вольфрама металличе-

ского и (до 22 %) и карбида вольфрама (до 12 %) в 2015 г.; темпы изменений были соответственно: –6,3, –6,8 и –4,8 %/год.

В динамике долей экспорта конечных вольфрамовых продуктов из Китая (лидера их мирового производства) отмечается период роста долей вольфрама металлического и карбида вольфрама в 1970–2001 гг., когда доля W выросла с 5 до 32 %, а WC – с 1 до 35 % (рис. 5, b). В дальнейшем доли экспорта этих товарных продуктов соизмеримы между собой и флуктуируют в диапазоне 15–30 %. Для ферровольфрама примечателен высокий уровень доли экспорта в период 1980–2008 гг. (50–95 %) и довольно низкий уровень доли экспорта в дальнейшем (5–22 %). Отмечаются синхронные просадки долей экспорта всех конечных вольфрамовых продуктов в 1996, 2002, 2004, 2009, 2012–2014 гг., что свидетельствует о серьезной зависимости объемов реализации конечных вольфрамовых продуктов от внутренних и внешних экономических факторов.

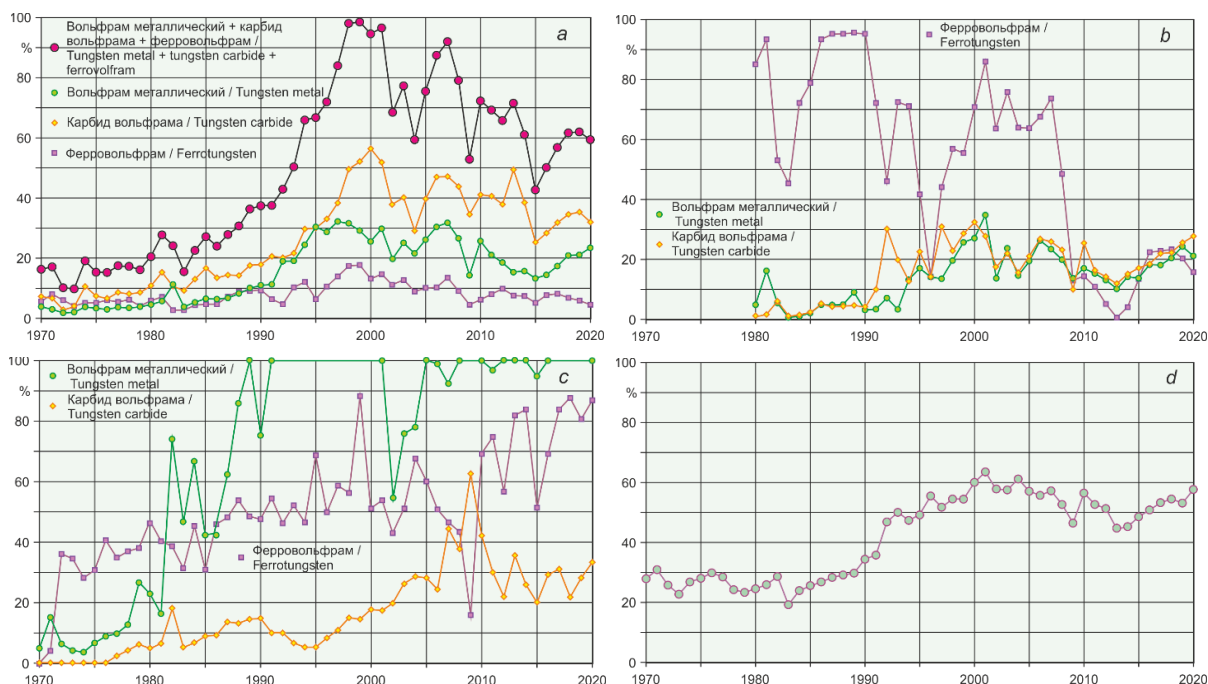


Рис. 5. Динамика долей международной торговли конечными товарными вольфрамовыми продуктами от суммы объемов их мирового предложения (в пересчете на 100 % W), а также долей в международной торговле стран-лидеров национального экспорта (от производства) и импорта (от потребления) конечных товарных вольфрамовых продуктов за 1970–2020 гг. Составлено по данным [9–15]. а) доли международной торговли конечными товарными вольфрамовыми продуктами от суммы объемов предложения первичного вольфрама и вольфрама в составе вторичных отходов (в пересчете на 100 % W); б) доля экспорта конечных вольфрамовых продуктов из Китая от их национального производства; в) доля импорта конечных вольфрамовых продуктов в США от их национального потребления; д) доли объемов международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами от суммарных мировых объемов торговли всеми вольфрамовыми продуктами

Fig. 5. Dynamics of shares of international trade in final commodity tungsten products from the sum of their world supply (in terms of 100 % W), as well as the shares in international trade of the leading countries of national exports (from production) and imports (from consumption) of final commodity tungsten products for 1970–2020. Compiled according to [9–15]. a) share of international trade in final commodity tungsten products from the sum of the supply of primary tungsten and tungsten in the composition of secondary waste (in terms of 100 % W); b) share of China's exports of final tungsten products from its national production; c) share of U.S. imports of final tungsten products from its national consumption; d) share of international trade volumes of final tungsten products from the total world trade volumes of all tungsten products

В динамике долей импорта конечных вольфрамовых продуктов в США (лидера их мирового импорта) следует отметить тенденцию общего для всех продуктов роста долей импорта во времени: для карбида вольфрама с 3 % в 1978 г. до 33 % в 2020 г. (с локальным максимумом в 2009 г. (63 %), для ферровольфрама – с 5 % в 1971 г. до 100 % в 2017 г. (со значительным локальным минимумом в 2009 г. (19 %), а для вольфрама металлического – с 5 % в 1970 г. до 100 % в 1989 г., и в последующем объемы импорта W в большей части времени превышали объемы национального потребления (рис. 5, с).

В целом доля объемов конечных вольфрамовых продуктов в международной торговле всех вольфрамовых продуктов увеличилась с 19–30 % в 1970–1980-е гг. до 64 % в 2001 г., но впоследствии несколько снизилась, флуктуировала в диапазоне 45–58 %, в 1910-е гг. (рис. 5, d). Последнее снижение обусловлено увеличением национального потребления вольфрама металлического и карбида вольфрама непосредственно в странах их производства (Китай,

США, Германия и др.) и увеличением международной торговли более ценными товарами, включающими в свой состав вольфрамовые продукты (инструменты с твердосплавными деталями, тугоплавкие, жаропрочные и кислотоупорные стали, износостойкие покрытия и др.).

Цены на конечные вольфрамовые продукты (рис. 6) в принципе повторяют динамику цен на вольфрамовый концентрат с различной степенью интенсивности изменений.

Отчетливо наблюдается всплеск цен в 1977–1981 гг.: ферровольфрам – с 5–7 до 20–21 USD/кг (300–400 %), вольфрам металлический – с 7–11 до 26–35 USD/кг (320–370 %) и карбид вольфрама – с 8–11 до 27–34 USD/кг (310–340 %).

В дальнейшем с 1983 г. цены на ферровольфрам снизились до уровня начала 1970-х гг., в то же время просадка цен на металлический вольфрам и карбид вольфрама была незначительна, и до 2001 г. они составляли 16–24 и 18–25 USD/кг, соответственно. Примечательно, что в 1983–1995 гг. цены на карбид воль-

фрама превышали цены на вольфрам металлический, а в 2004–2006 и 2111–2012 гг. темпы прироста цен первых опережали увеличение цен вторых, но при этом не превысили цен на металлический вольфрам.

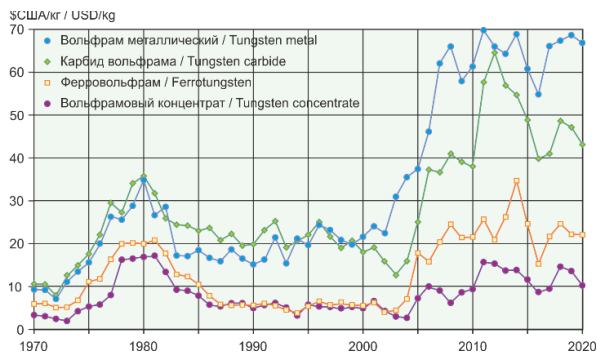


Рис. 6. Динамика среднмировых цен на товарные конечные вольфрамовые продукты за 1970–2020 гг. Составлено по данным Геологической службы США [9], информационного агентства TrendEconomy [11] и информационной службы ООН [13]

Fig. 6. Dynamics of global average prices of commodity final tungsten products for 1970–2020. Compiled according to the US Geological Survey [9], the TrendEconomy [11] and the UN Information Service [13]

В 2001–2003 гг. начался рост цен на все вольфрамовые продукты, продолжавшийся до их относительной стабилизации в 2007–2020 гг.: ферровольфрам – с 4–6 до 17–25 USD/kg (410–420 %), вольфрам металли-

ческий – с 20–23 до 55–70 USD/kg (270–300 %) и карбид вольфрама – с 15–20 до 40–55 USD/kg (260–270 %).

Примечательно, что изменения цены на ферровольфрам (учитываемый как конечный товарный продукт) за весь исследуемый период 1970–2020 гг. больше коррелирует с сырьевыми вольфрамовыми продуктами (и ближе к ним по уровню цен), чем с ценами на конечные товары (вольфрам металлический и карбид вольфрама).

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) [25] (рис. 6).

Стоимость товарных потоков конечных вольфрамовых продуктов. Динамика оцененной стоимости суммы конечных вольфрамовых продуктов в принципе повторяет динамику изменений цен на вольфрамовые продукты с периодами повышения в 1973–1985 гг. (до 2,0 млрд USD/год) и в 2004–2020 гг. (до 6,4 млрд USD/год), а также снижения в период провала спроса в 1993–2002 гг. (0,6–1,1 млрд USD/год) (рис. 7, а). При этом стоимость суммы конечных вольфрамовых продуктов в течение всего периода превышает стоимость производства сырьевых вольфрамовых продуктов в 2–4 раза (рис. 7, б), что и определяет выгодность торговли товарами с большей прибавочной стоимостью.

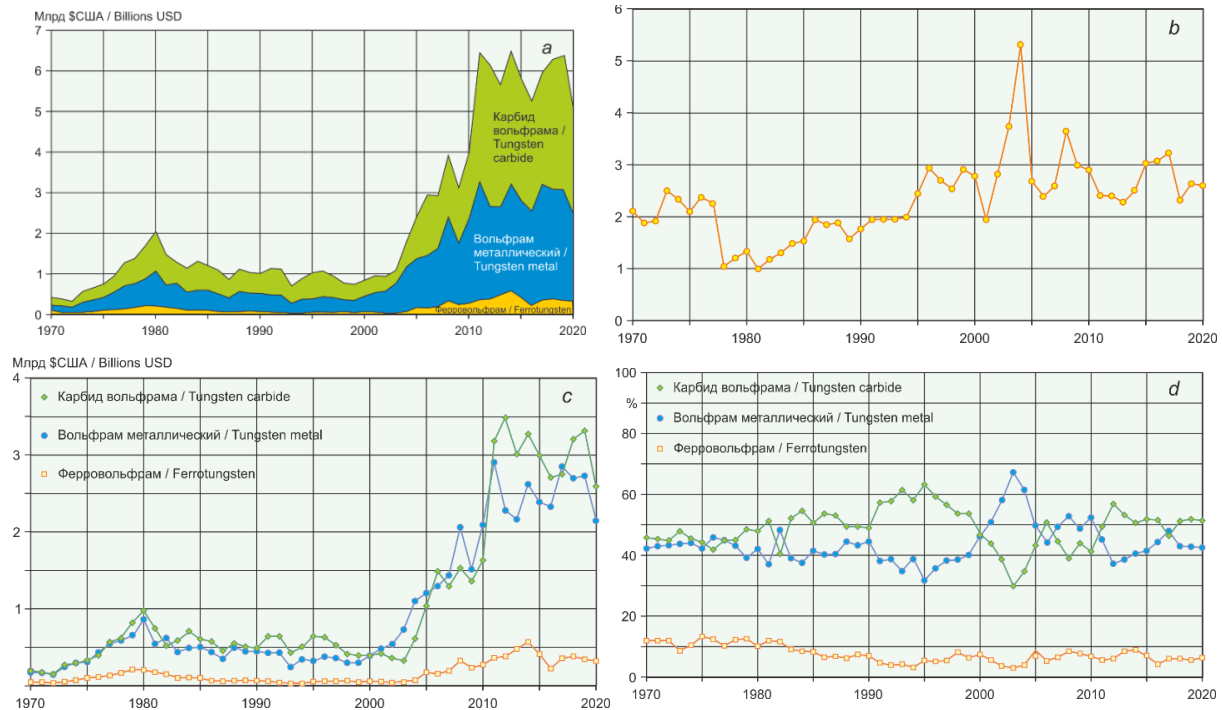


Рис. 7. Динамика накопительной (а) и индивидуальной (с) стоимости мирового производства конечных товарных вольфрамовых продуктов, их индивидуальных долей стоимости от общей суммы (d) и отношения стоимости производства конечных вольфрамовых продуктов к стоимости производства сырьевых вольфрамовых продуктов (b) за 1970–2020 гг. Составлено по данным [9–15]

Fig. 7. Dynamics of cumulative (a) and individual (c) costs of world production of final commodity tungsten products, their individual cost shares of the total amount (d) and the ratio of the cost of production of final tungsten products to the cost of production of raw tungsten products (b) for 1970–2020. Compiled according to [9–15]

Динамика оцененной стоимости *ферровольфрама* повторяет динамику стоимости суммы конечных продуктов, но в значительно меньших масштабах с повышениями в 1974–1985 гг. (до 211 млн USD/год) и в 2005–2020 гг. (до 579 млн USD/год), а также снижением в 1993–2004 гг. (29–69 млн USD/год) (рис. 7, а, с). Доли же стоимости ферровольфрама в сумме стоимости конечных вольфрамовых продуктов во времени снижаются с 12 % в 1970 г. до 4 % в 2016 г. (рис. 7, с), как и доли его физических объемов (рис. 4, с).

Для *металлического вольфрама* и *карбида вольфрама* отмечаются синхронные периоды увеличения стоимости их производства в 1972–1980 гг. и 2003–2011 гг. и периоды относительной стабилизации в 1981–2002 гг. и 2012–2020 гг., полностью обусловленные влиянием ценового фактора, особенно подъемом цены и стоимости 2003–2011 гг. (рис. 7, с). В части долей стоимости металлического вольфрама и карбида вольфрама наблюдается их антагонизм в динамике, когда увеличение доли одного товара сопровождается снижением доли другого (рис. 7, d). Наиболее отчетливо это проявилось в период снижения объемов потребления вольфрама металлического на военные нужды в 1991–1999 гг. (фактор спроса) и опережения темпов роста цены металлического вольфрама над ростом цены карбида вольфрама в 2001–2004 гг. (ценовой фактор).

В динамике суммарной стоимости международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами наблюдается три периода изменений, отличающихся от динамики стоимости их мирового производства (рис. 8, а, h):

- 1) тренд роста в 1970–1990-е гг. с 60 млн USD в 1970 г. до 588 млн USD в 2002 г. (+7,4 %/год) с небольшими всплесками в 1979–1982 гг., 1992 г., 1994–1998 гг.;
- 2) исключительно резкое увеличение стоимости при ажиотажном спросе после 2002 г. вплоть до 2,9 млрд USD в 2008 г. (+32 %/год);
- 3) значительные скачки стоимости (с коэффициентом вариации 21 %) с подъемами до 3,6 млрд USD в 2011–2013 гг. и 3,2 млрд USD в 2018–2019 г., а также с просадками до 1,7 млрд USD в 2009 г. и 2,1 млрд USD в 2016 г.

Последнее является результатом резких изменений цен на отдельные конечные вольфрамовые продукты в периоды экономического кризиса 2008–2009 гг. и избытка предложения на мировом рынке в 2013–2016 гг.

Динамика стоимости мировой торговли *ферровольфрамом* отличается от динамики стоимости других конечных вольфрамовых продуктов только малой величиной изменений. Первый период роста стоимости для ферровольфрама завершился в 1981 г. достижением локального максимума в 60 млн USD, после чего вплоть до 2003 г. имел место низкий уровень стоимости спроса – 12–35 млн USD/год (+4 %/год), во второй период увеличение составило до 191 млн USD в 2007 г. (+30 %/год), после чего в третьем периоде уровень колебаний стоимости FeW составил 99–269 млн USD/год (с вариацией 35 %) (рис. 8, а, b, e). Но в долях стоимости торговли ферровольфрамом от суммы стоимости торговли конечными вольфрамовыми продуктами наоборот первоначально имеется тренд сни-

жения с 39 % в 1972 г. до 3 % в 1992 г., после чего они находились в диапазоне малых значений 3–7 % до настоящего времени (рис. 9, с). Доли стоимости торговли ферровольфрамом от стоимости их производства в 1970–1980-е гг. составляли 25–51 %, в 1990–2000-е гг. наметился тренд их увеличения до 75–100 %, а в 2010-е гг. опять снизились до прежнего диапазона 30–60 % (рис. 9, d). Доли стоимости ферровольфрама от суммы стоимости торговли всеми вольфрамовыми продуктами ожидаемо имеют более низкие значения: тренд снижения с 14 % в 1972 г. до 2 % в 1992 г., после чего они находились в диапазоне малых значений 3–6 % до настоящего времени (рис. 8, f, g). Динамика международной торговли ферровольфрамом значительно отличаются от параметров изменений мировой торговли вольфрамом металлическим и карбидом вольфрама (объемами, трендами изменений долей в торговле) и более схожи с изменениями торговли сырьевыми вольфрамовыми продуктами.

В динамике стоимости мировой торговли первый период роста для *вольфрама металлического* закончился в 1981 г. в виде локального максимума в 199 млн USD, после чего вплоть до 1993 г. для стоимости спроса наблюдался относительно стабильный уровень 110–175 млн USD/год, в конце 1990-х гг. наметилось увеличение торговых операций по металлическому вольфраму до 591 млн USD в 2003 г. с темпами роста +18,1 %/год, а в дальнейшем еще с большим ускорением вплоть до 1,8 млрд USD в пик экономического кризиса 2008 г. (+24,1 %/год), после чего наступил период 2009–2020 гг. со значительными по амплитуде колебаниями стоимости от 1,5 до 2,5 млрд USD/год (с вариацией 21 %) (рис. 8, а, b, e). Доли стоимости торговли вольфрамом металлическим от суммы стоимости торговли конечными вольфрамовыми продуктами в период стабильности в 1970–1980-е гг. находились примерно на одном уровне – в диапазоне 44–57 %, в начале 1990-х гг. за счет сокращения спроса на вольфрам для военного назначения доли этого товара уменьшились до 37 % в 1995 г., но в дальнейшем на фоне роста цен на вольфрам металлический его доля в стоимости конечных вольфрамовых продуктов опять начала возрастать вплоть до 72 % в 2003 г. В 2004–2020 гг., несмотря на опережающее увеличение объемов торговли карбидом вольфрама, доли торговли металлическим вольфрамом в конечных продуктах опять находятся на одном уровне – в диапазоне 57–70 % (рис. 8, с). По стоимости вольфрам металлический большую часть времени (кроме просадки в 1992–1997 гг.) остается главным товаром международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами. Доли стоимости торговли металлическим вольфрамом от стоимости его мирового производства с 15 % в 1970 г. непрерывно росли до 38 % в 1991 г., после чего темпы роста долей торговли этим товаром ускорились вплоть до 100 % в 1998 г., и высокие значения долей (60–100 %) в 1999–2020 гг. лишь свидетельствуют о появлении значительных объемов транзитной торговли вольфрамом в товарных потоках многих стран (рис. 8, d).

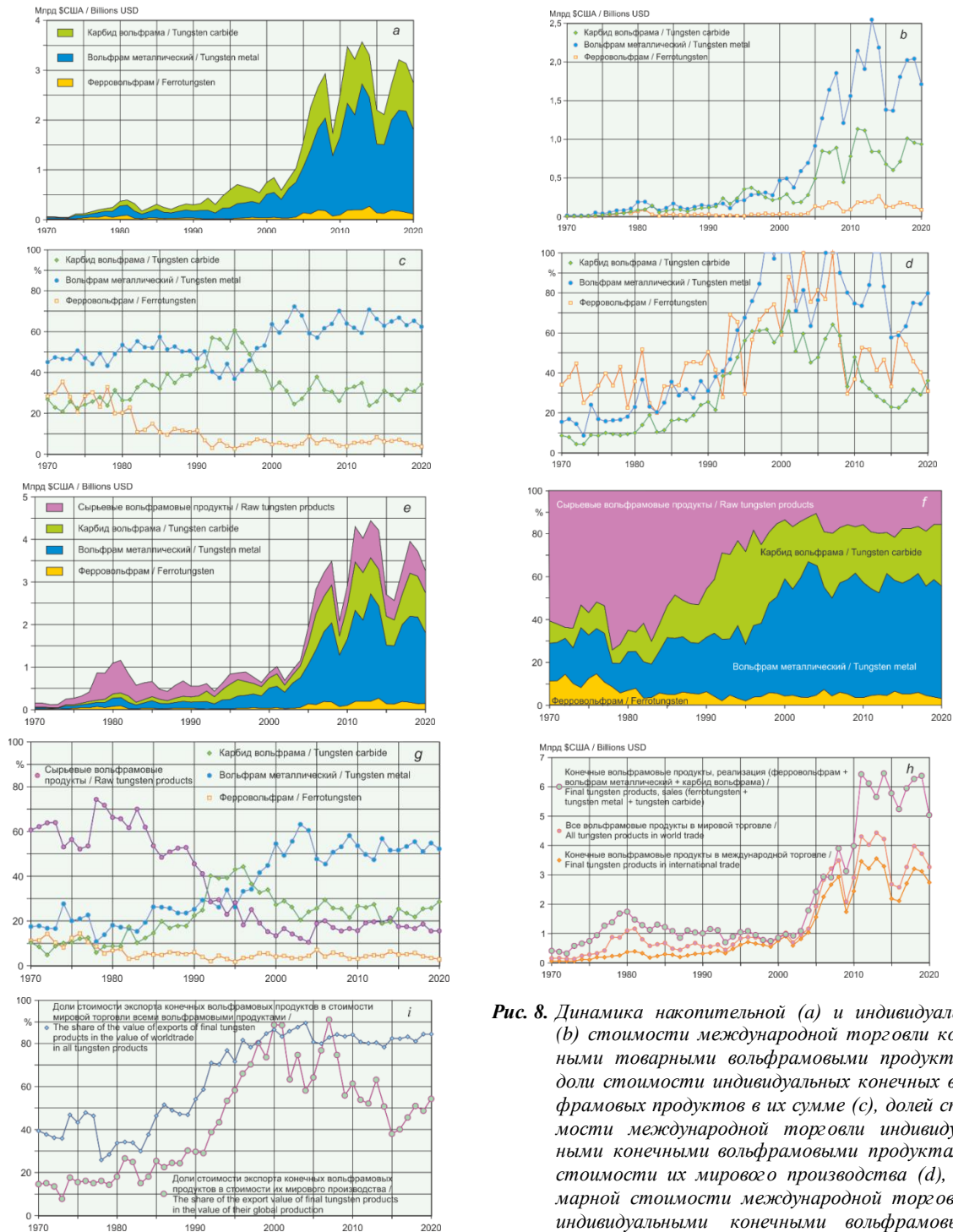


Рис. 8. Динамика накопительной (а) и индивидуальной (б) стоимости международной торговли конечными товарными вольфрамовыми продуктами, доли стоимости индивидуальных конечных вольфрамовых продуктов в их сумме (с), долей стоимости международной торговли индивидуальными конечными вольфрамовыми продуктами в стоимости их мирового производства (d), суммарной стоимости международной торговли и индивидуальными конечными вольфрамовыми

продуктами и вольфрамовым сырьем в накопленном (е) и абсолютном исчислении (f), долей индивидуальных конечных вольфрамовых продуктов суммы сырьевых вольфрамовых продуктов в мировой торговле (g), а также динамика стоимости мирового производства и международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами и всеми вольфрамовыми продуктами (h), и доли стоимости международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами от их производства и от мировой торговли всеми вольфрамовыми продуктами (i) за 2002–2020 гг. Составлено по данным [9–15]

Fig. 8. Dynamics of cumulative (a) and individual (b) value of international trade of final commodity tungsten products, the share of the value of individual final tungsten products in their sum (c), the share of the value of international trade of individual final tungsten products in the value of their world production (d), the total value of international trade of individual final tungsten products and tungsten raw materials in the accumulated (e) and absolute calculation (f), the shares of individual final tungsten products and the sum of raw tungsten products in world trade (g), as well as the dynamics of the cost of global production and international trade of final tungsten products and all tungsten products (h), and the share of the value of international trade in final tungsten products from their production and from world trade in all tungsten products (i) for 2002–2020. Compiled according to [9–15]

Доли стоимости вольфрама металлического от суммы стоимости торговли всеми вольфрамовыми продуктами (и сырьевыми, и конечными) ожидаемо ниже изменений долей только в сумме конечных продуктов, но при этом появился отчетливый тренд роста долей с 18 % в 1970 г. до 63 % в 2003 г., а в 2004–2020 гг. стабилизация примерно на одном уровне долей в диапазоне 45–58 % (рис. 8, *f, g*). Начиная с 1998 г. по стоимости вольфрам металлический стал главным товарным продуктом международной торговли вольфрамовыми товарами.

В динамике стоимости мировой торговли для *карбида вольфрама* выделяются несколько периодов изменений (рис. 8, *a, b, e*): 1) умеренного роста с 16 млн USD в 1970 г. до 138 млн USD в 1991 г. (+11,9 %/год); 2) периода активного спроса 1992–2003 гг. в диапазоне 170–384 млн USD/год, причем в 1992–1997 гг. карбид вольфрама являлся лидером продаж среди вольфрамовых продуктов; 3) увеличения торговых операций со 191 млн USD в 2003 г. до 892 млн USD в 2008 г. с темпами роста +35,8 %/год; 4) периода 2009–2020 гг. с колебаниями стоимости от 0,7 до 1,1 млрд USD/год (с вариацией 24 %). Доли стоимости торговли карбидом вольфрама от суммы стоимости торговли конечными вольфрамовыми продуктами в первый период роста стоимости увеличиваются с 27 % в 1970 г. до 43 % в 1991 г., а в период максимума объемов продаж карбида вольфрама в 1992–1997 гг. доли увеличились до пиковых 52–60 % торговли конечными вольфрамовыми продуктами. В дальнейшем имел место тренд снижения доли стоимости торговли карбидом вольфрама от конечных вольфрамовых продуктов вплоть до 24 % в 2003 г., а начиная с 2004 г. наблюдаются гармоничные колебания долей в диапазоне 26–38 % (рис. 8, *c*). Динамика долей стоимости торговли карбидом вольфрама от стоимости его мирового производства в 1970–1990-е гг. конформна динамике изменений долей вольфрама металлического, но в меньшем масштабе: рост с 8 % в 1970 г. до 25 % в 1990 г., ускоренный рост долей торговли этим товаром до 71 % в 2001 г. Но в дальнейшем появился тренд снижения долей международной торговли WC до 22 % в 2016 г. и последующий рост вплоть до 36 % в 2020 г. (рис. 8, *d*). Динамика долей стоимости карбида вольфрама от суммы стоимости торговли всеми вольфрамовыми продуктами, конечно же, ниже по уровню изменений долей в сумме конечных продуктов: рост с 8 % в 1970 г. до 25 % в 1991 г., пиковые значения в 39–44 % от торговли конечными вольфрамовыми продуктами в период максимума объемов продаж карбида вольфрама в 1992–1997 гг., снижение долей вплоть до 21 % в 2003 г. и гармоничные колебания долей в диапазоне 19–29 % долей торговли карбидом вольфрама в сумме конечных вольфрамовых продуктов в 2004–2020 гг. (рис. 8, *f, g*).

На рис. 9, *h* приводится динамика суммарной стоимости мирового производства конечных вольфрамовых продуктов с динамикой стоимости этой группы товаров и всех вольфрамовых продуктов в международной торговле.

Доли стоимости международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами от их мирового производства первоначально имели тренд слабого роста с 14 % в 1970 г. до 29 % в 1991 г., после чего произошло ускорение роста долей торговли вплоть до 89 % в 2000 г., спад же уровня долей произошел после максимума в 91 % в 2007 г. до 38 % в 2015 г., а в дальнейшем произошло медленное увеличение до 54 % в 2020 г. (рис. 8, *i*). Таким образом, в 1970–1990-е гг. наблюдался процесс замещения в международной торговле сырьевых вольфрамовых продуктов конечными вольфрамовыми продуктами с большей прибавочной стоимостью, а в 2000–2010-е гг. – снижение долей торговли конечными вольфрамовыми продуктами ввиду увеличения объемов их использования в национальном производстве. Доля же стоимости конечных вольфрамовых продуктов в мировой торговле суммы всех вольфрамовых продуктов, составлявшая в 1970–1980-е гг. 25–50 %, в 2010-е гг. увеличилась до 80–90 % (рис. 8, *i*).

Обсуждение результатов и выводы

Мировое производство конечных вольфрамовых продуктов (в пересчете на 100 % W) выросло с 42–52 тыс. т/год в 1970-х гг. до 100–119 тыс. т/год в 2010-х гг. с темпом прироста за 50-летний период +2,2 %/год.

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

- В 1970–1980-е гг. период обычного состояния мирового потребления конечных вольфрамовых продуктов с темпами прироста спроса на них +1,9 %/год.
- В 1990-е гг. значительное сокращение спроса на конечные вольфрамовые продукты (–4,9 %/год) в военной сфере (завершение холодной войны) и сокращение роли России на вольфрамовом рынке (последствия стагнации российской экономики, в первую очередь, металлообработки).
- В 2000–2010-е гг. бурный рост мирового спроса на конечные вольфрамовые товарные продукты, в первую очередь карбида вольфрама, ввиду экспоненциального наращивания возможностей китайской промышленности и, соответственно, мирового спроса и предложения вольфрамового сырья. Темпы прироста спроса на конечные вольфрамовые продукты в этот период составили +6,7 %/год. Лидерами производства к 2020 г. являются:
- ферровольфрама – Китай (12,0 тыс. т, 68 % от мирового предложения), Россия (2,0 тыс. т, 14 %) и Вьетнам (0,25 тыс. т, 1,7 %);
- вольфрама металлического – Китай (17,7 тыс. т, 57 %), Германия (2,1 тыс. т, 11 %), Япония (1,4 тыс. т, 4,9 %) и США (1,2 тыс. т, 3,8 %);
- карбида вольфрама – Китай (43,4 тыс. т, 75 %), США (4,5 тыс. т, 7,8 %), Германия (1,0 тыс. т, 1,7 %) и Россия (0,9 тыс. т, 1,6 %).

На промышленность Китая в 2020 г. приходится 68 % производства ферровольфрама, 57 % металличе-

ского вольфрама и 75 % карбида вольфрама. Поэтому в динамике мировых товарных потоков всех вольфрамовых продуктов отчетливо отмечается ведущая роль китайской продукции (таблица).

Таблица. Темпы изменений объемов товарных потоков вольфрамовых продуктов за 1970–2020 гг., %/год

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

Территория Territory	Производство Production	Экспорт Export	Импорт Import	Потребление Consumption
Ферровольфрам/Ferrotungsten				
Мир/World	+1,2	+0,9	+1,3	+1,1
Китай/China	+2,7	+0,1	0,0	+4,8
Вольфрам металлический/Tungsten metal				
Мир/World	+0,8	+4,4	+5,6	+1,1
Китай/China	+3,8	+5,2	+0,8	+3,3
Карбид вольфрама/Tungsten carbide				
Мир/World	+2,3	+5,5	+6,8	+2,4
Китай/China	+6,2	+12,5	0,0	+5,5

Цветом обозначены позиции с темпами изменений +5...+10 % и более +10 %.

The color indicates positions with a rate of change of +5...+10 % and more than +10 %.

Динамика производных показателей изменения (прироста/спада) объемов мировых товарных потоков не критична только для ферровольфрама (менее ± 5 %/год), причем для Китая имеет место лишь небольшое увеличение значений прироста производства и потребления этого товарного продукта.

Для объемов мировых товарных потоков вольфрама металлического имеет место высокий показатель роста интенсивности импортного потока (+6,8 %/год) при отставании увеличения темпов экспорта. Это обусловлено как раз динамикой китайского рынка этого товарного продукта с высоким приращением его экспортного потока (+5,2 %/год).

Наибольшие изменения в динамике товарных потоков у карбида вольфрама: увеличение мирового экспорта (+5,5 %/год) и импорта (+6,8 %/год). Оно обусловлено увеличением производства (+6,2 %/год), потребления (+5,4 %/год) и, особенно, экспорта (+12,5 %/год) этого товарного продукта в Китае.

В целом во времени имеется системное увеличение роли международной торговли вольфрамом металлическим и, особенно, карбидом вольфрама, при незначительных темпах роста торговли ферровольфрамом.

В динамике международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами за последние 50 лет следует отметить следующие знаковые события и тенденции:

- исключительно резкое увеличение стоимости торговли всеми конечными вольфрамовыми продуктами за счет ценового фактора после 2002 г. вплоть до 2,9 млрд USD в 2008 г. (+32 %/год); особенно значительное увеличение стоимости имеет место для вольфрама металлического и карбида вольфрама;
- увеличение долей стоимости международной торговли всеми видами конечных вольфрамовых

продуктов от стоимости их производства с 20–40 % в 1991 г. до 70–100 % к 2001 г. в результате падения спроса на военную продукцию с использованием вольфрама и переориентации конечных вольфрамовых продуктов на другие приложения (в первую очередь – твердые сплавы); расширение в 1990–2010 гг. свободы торговли конечными вольфрамовыми продуктами между странами; увеличение объемов транзитной торговли конечными вольфрамовыми продуктами в 2000–2010-е гг.;

- снижение долей торговли ферровольфрамом от суммы стоимости торговли конечными вольфрамовыми продуктами (несмотря на увеличение объемов торговли) с 39 % в 1972 г. до 3–7 % в 2010-е гг.;
- преобладание спроса на карбид вольфрама в сумме конечных вольфрамовых продуктов приходится на период спада спроса на металлический вольфрам на военные приложения в 1992–2003 гг., причем в 1992–1997 гг. карбид вольфрама являлся лидером продаж среди вольфрамовых продуктов.

Вольфрам металлический большую часть времени анализируемого периода (кроме просадки в 1992–1997 гг.) остается главным товаром международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами по стоимости (37–72 % от емкости рынка), несмотря на меньшую долю физических объемов его продаж по сравнению с карбидом вольфрама, что обусловлено именно ценовым фактором.

В 2020 г. мировой экспорт конечных вольфрамовых продуктов составил 4,5 тыс. т ферровольфрама, 21,5 тыс. т вольфрама металлического и 21,8 тыс. т карбида вольфрама, а мировой импорт – 4,1 тыс. т FeW, 26,6 тыс. т вольфрама металлического и 24,0 тыс. т WC.

Главными экспортерами конечных вольфрамовых продуктов являются: для ферровольфрама в 1970–1979 гг. – Британия, 40–83 % от мирового спроса, 1980–2020 гг. – Китай 50–99 %, для вольфрама металлического – Китай (максимально до 20 %, в 2020 г. – 17 %), США (максимально до 25 %, в 2020 г. – 10 %) и Германия (до 20 %), для карбида вольфрама – Китай, нарастивший экспорт до 30–58 %.

Главными импортерами конечных вольфрамовых продуктов к настоящему времени являются: для ферровольфрама – Германия (55–94 % от национального потребления), Япония (100 %), Нидерланды (100 %) и Австрия (100 %), для вольфрама металлического – Германия (57–65 %) и США (38–44 %), для карбида вольфрама – Германия (54–78 %), Япония (59–80 %) и США (41–46 %). Все вышеперечисленные страны-импортеры являются промышленно развитыми, но выработавшими свои вольфрамовые месторождения и критически зависимыми от импорта и сырьевых, и конечных вольфрамовых продуктов.

Динамика суммарного производства и потребления конечных вольфрамовых продуктов (ферровольфрама, вольфрама металлического и карбида вольфрама), в принципе, конформно повторяет изменения объемов потребления сырьевых вольфрамовых продуктов и включает период слабого роста объемов с 39

тыс. т в 1971 г. до 64 тыс. т в 1990 г., период спада потребления в 1992–2003 гг. на уровне 41–53 тыс. т/год и период значительного роста начиная с 75 тыс. т в 2004 г. до 118 тыс. т в 2019 г. (в пересчете на 100 % W).

В 2020 г. мировое потребление вольфрамовых продуктов составило (в физическом весе): 15 тыс. т ферровольфрама, 32 тыс. т вольфрама металлического и 60 тыс. т карбида вольфрама.

Лидером потребления ферровольфрама в 1970–1980-е гг. являлся СССР (36–50 % мирового спроса) – в основном для производства танковой брони, но с 1993 г. наблюдается его снижение (3–7 %), сохраняемое до настоящего времени. Китай же, потребляя в 1970-х гг. 0,5–2,0 тыс. т/год (6–12 % мирового спроса) ферровольфрама, начиная с 1995 г. наращивает его потребление вплоть до 10,7 тыс. т (69 % мирового спроса) в 2019 г. Стабильное потребление ферровольфрама за весь исследуемый период имеет место в Японии, США и Австрии. Выросло потребление этого продукта в Германии, сократилось во Франции, Швеции и Британии.

Лидером потребления металлического вольфрама, как и для ферровольфрама, в 1970–1980-е гг. являлся СССР (15–29 % мирового спроса), но с 1993 г. в результате стагнации промышленного производства наблюдается его снижение (2–8 %). Китай, потребляя в 1970-х гг. 2,1–4,2 тыс. т/год (9–17 % мирового спроса) вольфрама металлического, начиная с 1983 г. наращивает его использование вплоть до 17,4 тыс. т (66 %) в 2009 г., а в 2010-е гг. сохраняет высокий уровень потребления этого продукта – 13,5–19,4 тыс. т/год (35–53 % мирового потребления). Стабильно потребление металлического вольфрама в США и Австрии. Увеличивается потребление этого продукта в Германии. Следует отметить значительное увеличение спроса на металлический вольфрам в 2010-е гг. в остальных странах мира – до 10–12 тыс. т/год, когда ранее они потребляли не более 1–2 тыс. т/год.

Как и в отношении ферровольфрама с вольфрамом металлическим, лидером потребления карбида вольфрама в 1970–1980-е гг. также являлся СССР (15–28 % мирового спроса), но с 1993 г. в результате стагнации промышленного производства и, в первую очередь, металлообработки наблюдается его снижение. Китай, потребляя в 1970-х гг. 1,7–3,5 тыс. т/год (10–14 % мирового спроса) карбида вольфрама, начиная с 1983 г. наращивает его использование, вплоть до 34,6 тыс. т (55 %) в 2014 г. Возрастает потребление карбида вольфрама в США, но с небольшими темпами прироста. Стабильно потребление этого товарного продукта в Японии и Австрии. Также следует отметить значительное увеличение спроса карбида вольфрама (как и в случае вольфрама металлического) в 2010-е гг. в остальных странах мира – до 10–22 тыс. т/год, хотя ранее они потребляли не более 1–4 тыс. т/год.

Цены на конечные вольфрамовые продукты, как и на вольфрамовое сырье, длительный период (до 2004 г.) испытывали обычное инфляционное увеличение (+0,3 %/год для ферровольфрама, +3,7 % для вольфрама металлического и +0,6 % для карбида вольфрама), за исключением всплесков повышения

цен в кризисный период после отмены золотого обеспечения доллара США в 1977–1981 гг. Примечательно также, что в 1983–1995 гг. цены на карбид вольфрама превышали цены на вольфрам металлический, что свидетельствует о повышении спроса на него до начала спада потребления вольфрамовых продуктов на производство военных приложений. В 2004–2008 гг. начался значительный рост цен на все конечные вольфрамовые продукты (+42 %/год для ферровольфрама, +15,2 % для вольфрама металлического и +26,4 % для карбида вольфрама) в результате бурного роста экономики Китая, сопровождавшегося резким увеличением их национального потребления. В дальнейшем наблюдается относительная стабилизация цен на конечные вольфрамовые продукты на достигнутых высоких уровнях. 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).

Примечательно также, что изменения цены на ферровольфрам (учитываемый как конечный товарный продукт) за весь исследуемый период 1970–2020 гг. больше коррелирует с сырьевыми вольфрамовыми продуктами (и ближе к ним по уровню цен), чем с ценами на конечные товары (вольфрам металлический и карбид вольфрама).

Цены на конечные вольфрамовые продукты (в физическом весе) составили в 2020 г. для ферровольфрама 11,0 USD/кг, для вольфрама металлического – 67,1 USD/кг и для карбида вольфрама – 43,1 USD/кг.

Динамика оцененной стоимости производимых в мире конечных вольфрамовых продуктов, в принципе, повторяет динамику изменений цен на вольфрамовые продукты с периодами повышения в 1973–1985 гг. (до 2,0 млрд USD/год) и в 2004–2020 гг. (до 6,4 млрд USD/год), а также снижение в период провала спроса в 1993–2002 гг. (0,6–1,1 млрд USD/год). При этом стоимость конечных вольфрамовых продуктов в течение всего периода превышает стоимость производства сырьевых вольфрамовых продуктов в 2–4 раза, что определяется выгодностью торговли товарами с большей прибавочной стоимостью.

В динамике суммарной стоимости международной торговли конечными вольфрамовыми продуктами наблюдается три локальных периода изменений, не совпадающих с изменениями динамики стоимости их мирового производства: тренд роста в 1970–1990-е гг. (до 588 млн USD в 2002 г.; исключительно резкое увеличение стоимости при ажиотажном спросе после 2002 г. вплоть до 2,9 млрд USD в 2008 г. и колебаний стоимости в последующий период с подъемами до 3,6 млрд USD., а также с просадками до 2,1 млрд USD). Начиная с 1990 г. рынок мировой торговли вольфрамовыми продуктами перестает быть сырьевым, в нем по стоимости начинают преобладать конечные вольфрамовые товары. Лидируют по стоимости продажи вольфрама металлического, а по объемам – поставки карбида вольфрама.

Китай доминирует в мировом производстве, переработке и потреблении конечных вольфрамовых продуктов, и его новая торговая политика по сдерживанию (квотированию) экспорта этих товаров, по сути дела, определяет динамику мирового рынка вольфрамовых продуктов. Китай поставляет на мировой рынок до 99 % ферровольфрама, до 20 % вольфрама металлического и до 58 % карбида вольфрама, причем темпы роста экспорта последнего продукта только возрастают. Другие промышленно развитые страны – потребители конечных вольфрамовых продуктов – США, страны Европейского Союза и Япония – стали зависимыми от импорта вольфрамовых продуктов и будут продолжать оставаться такими в обозримом будущем. Доли мировой торговли конечными вольфрамовыми продуктами от стоимости их мирового производства достаточно высоки, но имеется тенденция их снижения с 82 % в 2006 г. до 55 % в 2020 г. Доли же стоимости конечных вольфрамовых продуктов в мировой торговле суммы всех вольфрамовых продуктов составляли 20–30 % в 1970–1980-е гг., начали увеличиваться в 1989 г., превысив 50 % в 1993 г., и колеблются в диапазоне 50–65 % в 2000–2010-е гг.

Политические противостояния в мире влияют на рынок конечных вольфрамовых продуктов. События

2022 г. могут привести к значительному увеличению спроса на вольфрамовые продукты в производстве военных изделий. Уже появляются ограничения в международной торговле отходами и ломом вольфрама [26, 27]. Возможны и другие ограничения международной торговли сырьевыми вольфрамовыми продуктами отдельными странами и их группами в результате давления политических санкций и их последствий. Из развитых промышленных стран относительно самодостаточны в обеспечении производства конечных вольфрамовых продуктов собственным сырьем только Китай и Россия. В ограниченных масштабах возможно возобновление собственной добычи вольфрамового сырья путем реанимации старых производств в США, Англии, Франции, Австрии и Южной Корее. Наиболее проблемно обстоит обеспечение сырьем вольфрамовых производств в Германии и Японии, не имеющих собственных добывающих производств. Поэтому риски обеспечения поставок вольфрамовых продуктов их потребителям во многих странах только возрастают.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Oehman B. Tungsten supply and demand / Tungsten: 1990. Proc. of the 5th International tungsten symposium. – Ramsar, Iran, 14–18 October 1990. – Code 15251. – P. 26–39.
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://pubs.usgs.gov/circ/0930/o/pdf/c930-o.pdf> (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. Хатков 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.
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. 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.
8. 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.
9. Геологическая служба Британии (BGS). URL: [Commodities & statistics | MineralsUK \(bgs.ac.uk\)](https://commodities&statistics|MineralsUK(bgs.ac.uk)) (дата обращения 09.09.2022).
10. Геологическая служба США (U.S. Geological Survey). URL: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/tin/index.html#mcs> (дата обращения 09.09.2022).
11. TrendEconomy. URL: [TrendEconomy](https://trendeconomy.com/) - Портал открытых данных (дата обращения: 09.09.2022).
12. Исследовательская группа «Инфомайн». URL: <https://infomine.ru/> (дата обращения 09.09.2022).
13. A world of information. UNdata. URL: [UNdata](https://data.un.org/) (дата обращения: 09.09.2022).
14. Государственные доклады «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации». 2000–2020 гг. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennyye_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения 09.09.2022).
15. Таможенная статистика внешней торговли РФ: анализ данных. Федеральная таможенная служба. URL: stat.customs.gov.ru/analysis (дата обращения 09.09.2022).
16. Extraction of ferrotungsten from ores with low WO₃ content / N. Golovchenko, O. Bairakova, S. Aknazarov, G. Ksandopulo, A. Mukasyan // International journal of self-propagating high-temperature synthesis. – 2012. – V. 21. – № 3. – P. 156–161. DOI: 10.3103/S1061386212030041.
17. Gasik M. Technology of tungsten ferroalloys // Handbook of ferroalloys. Theory and technology. – Butterworth-Heinemann is an Imprint of Elsevier, 2013. – P. 377–385. DOI: 10.1016/B978-0-08-097753-9.00011-3.
18. Komarov O.N., Zhilin S.G. Formation of alloy chemical composition produced by aluminothermy on alloying with tungsten extracted from scheelite concentrate // Metallurgist. – 2022. – V. 65. – № 9–10. – P. 995–1007. DOI: 10.1007/s11015-022-01240-2.
19. 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 09.09.2022).
20. Никонов В.Н. Вольфрам. Свойства, применение, производство, продукция. – 12 с. URL: https://www.metotech.ru/articles/at_volfram_1.pdf (дата обращения 09.09.2022).
21. Malyshev V.V., Kushchevska N.F. Production of tungsten and tungsten carbide powders // Powder metallurgy and metal ceramics. – 2019. – V. 58. – № 3–4. – P. 237–242. DOI: 10.1007/s11106-019-00069-w.
22. Electrochemical production of tungsten powders from tungsten hardmetal waste / G.G. Tulskij, L.V. Liashok, M.P. Osmanova, I.N. Kolupaev // Powder metallurgy and metal ceramics. – 2020. – V. 58. – № 9–10. – P. 499–502. DOI: 10.1007/s11106-020-00102-3.
23. Plasma synthesis of tungsten carbide nanopowder from ammonium paratungstate / T. Ryu, H.Y. Sohn, K.S. Hwang, Z.Z. Fang // Journal of the American ceramic society. – 2009. – V. 92. – № 3. – P. 655–660. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2009.02961.x.

24. Balakhonov D.I., Makarov I.A. Plasma-chemical synthesis of tungsten carbides from multicomponent oxide-containing concentrates // *Russian metallurgy*. – 2020. – № 8. – P. 870–876. DOI: 10.1134/S0036029520080029.
25. Focus on some aspects of market price trends for tungsten / J. Dvořáček, R. Sousedíkova, A. Krzemien, A.S. Sanchez // *Acta montanistica Slovaca*. – 2017. – V. 22. – № 2. – P. 126–135.
26. 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).
27. 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: 23.03.2023 г.

Информация об авторе

Боярко Григорий Юрьевич, доктор экономических наук, кандидат геолого-минералогических наук, профессор, Отделение нефтегазового дела Инженерной школы природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

UDC 339.13:669.27:669.018.25

OVERVIEW OF THE GLOBAL TUNGSTEN MARKET. PART 3. COMMODITY FLOWS OF FINAL TUNGSTEN PRODUCTS

Grigory Yu. Boyarko¹,
gub@tpu.ru

¹ 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 global market of final tungsten products.

Objective: to study the dynamics of global commodity flows (production, import, export, consumption) of final tungsten products (ferrotungsten, tungsten metal, tungsten carbide); to assess the criticality of the world market of tungsten products.

Methods: statistical, graphical, logical.

Results. The global market of final tungsten products is quite complex. The world production of final tungsten products increased from 42–52 kt 100 % W/year in the 70s of the XX century to 100–119 kt 100 % W/year in the 10s of the XXI century with an increase rate of +2,2 %/year over a 50-year period. In 1970–1980, there was a period of the usual low-growth global consumption of final tungsten products with a growth rate of their demand +1,9 %/year. There was a strong decrease in demand for tungsten products (–4,9 %/year) in the military sphere (the end of the Cold War) and reducing the role of Russia in the tungsten market (the consequences of 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, tungsten carbide, due to the exponential increase in the capabilities of the Chinese industry. The growth rate of global demand for final tungsten products during this period amounted to +6,7 %/year. China dominates in the global production, consumption and trade of final tungsten products, so its trade policy of deterrence export quotation of these goods sets the dynamics of the global tungsten market. By 2020, China is the leader in the production of final tungsten products: 68 % of the world ferrotungsten supply, 57 % of tungsten metal and 75 % of tungsten carbide. Most of these commodity products remain in China and go to national consumption: 69 % of the global demand for ferrotungsten, 53 % of tungsten metal and 55 % of tungsten carbide. Since 1990s, the world trade market of tungsten product ceases to be a raw material, and final tungsten products begin to prevail on it. The shares of the value of final tungsten products in world trade totals of all tungsten products were 20–30 % in the 1970–1980s, began to increase in 1989, exceeding 50 % in 1993 and fluctuates in the range of 45–65 % in the 2000–2010s. Top exporters to date are: for ferrotungsten – China, for metal tungsten – China, the USA and Germany, for tungsten carbide – China. Top importers for ferrotungsten are Germany, Japan, Netherlands and Austria, for metal tungsten – Germany and USA, for tungsten carbide – Germany, Japan and USA. Most of the industrialized countries such as the USA, European Union countries and Japan, which are consumers of final tungsten products have become dependent on imports of tungsten products and will continue to remain so in the foreseeable future.

Key words:

Ferrotungsten, metal tungsten, tungsten carbide, production, export, import, consumption, pricing.

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

- Oehman B. Tungsten supply and demand. *Tungsten: 1990. Proc. of the 5th International tungsten symposium*. Ramsar, Iran, 14–18 October 1990. Code 15251, pp. 26–39.
- 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://pubs.usgs.gov/circ/0930/o/pdf/c930-o.pdf> (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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- British geological survey*. Available at: Commodities & statistics | MineralsUK (bgs.ac.uk) (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: TrendEconomy - Портал открытых данных (accessed 9 September 2022).
- InfoMine research group*. Available at: <https://infomine.ru/> (accessed 9 September 2022).
- A world of information*. UNdata. Available at: UNdata (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»] https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvenny_e_doklady/o_sostoyanii_i_ispolzovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (accessed 9 September 2022).
- 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).

16. Golovchenko N., Bairakova O., Aknazarov S., Ksandopulo G., Mukasyan A. Extraction of ferrotungsten from ores with low WO₃ content. *International journal of self-propagating high-temperature synthesis*, 2012, vol. 21, no. 3, pp. 156–161. DOI: 10.3103/S1061386212030041.
17. Gasik M. *Technology of tungsten ferroalloys. Handbook of ferroalloys. Theory and technology*. Butterworth-Heinemann is an Imprint of Elsevier, 2013, pp. 377–385. DOI: 10.1016/B978-0-08-097753-9.00011-3.
18. Komarov O.N., Zhilin S.G. Formation of alloy chemical composition produced by aluminothermy on alloying with tungsten extracted from scheelite concentrate. *Metallurgist*, 2022, vol. 65, no. 9–10, pp. 995–1007. DOI: 10.1007/s11015-022-01240-2.
19. *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> (accessed 9 September 2022).
20. Nikonov V.N. *Volfram. Svoystva, primeneniye, proizvodstvo, produktsiya* [Wolfram. Properties, application, production, products]. 12 p. Available at: https://www.metotech.ru/articles/at_volfram_1.pdf (accessed 9 September 2022).
21. Malyshev V.V., Kushchevskaya N.F. Production of tungsten and tungsten carbide powders. *Powder metallurgy and metal ceramics*, 2019, vol. 58, no. 3–4, pp. 237–242. DOI: 10.1007/s11106-019-00069-w.
22. Tulsikij G.G., Liashok L.V., Osmanova M.P., Kolupaev I.N. Electrochemical production of tungsten powders from tungsten hard-metal waste. *Powder metallurgy and metal ceramics*, 2020, vol. 58, no. 9–10, pp. 499–502. DOI: 10.1007/s11106-020-00102-3.
23. Ryu T., Sohn H.Y., Hwang K.S., Fang Z.Z. Plasma synthesis of tungsten carbide nanopowder from ammonium paratungstate. *Journal of the American ceramic society*, 2009, vol. 92, no. 3, pp. 655–660. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2009.02961.x.
24. Balakhonov D.I., Makarov I.A. Plasma-chemical synthesis of tungsten carbides from multicomponent oxide-containing concentrates. *Russian metallurgy*, 2020, no. 8, pp. 870–876. DOI: 10.1134/S0036029520080029.
25. Dvořáček J., Sousediková 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.
26. 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 vremennyye zaprety ili kolichestvennyye 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).
27. 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: 23 March 2023.

Information about the author

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