

УДК 338.45  
JEL L 660 C 330  
DOI 10.25205/2542-0429-2020-20-4-152-175

## Моделирование тенденций рынка металлического титана

**А. В. Соколов**

*Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН  
Новосибирск, Россия*

*Новосибирский национальный исследовательский государственный университет  
Новосибирск, Россия*

### *Аннотация*

Исследована динамика мирового производства титаносодержащих концентратов и промежуточного продукта при производстве металлического титана – титановой губки. Выявлены различия в динамике этих показателей, объясняемые тем, что титаносодержащие концентраты служат сырьем не только для выпуска металлического титана. Выявлены кластеры основных мировых производителей титаносодержащих концентратов и титановой губки. Исследован круг факторов, потенциально оказывающих влияние на динамику цены титановой губки, показана независимость этой динамики от колебаний предложения и спроса, цены сырья. Проанализированы результаты деятельности ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». Показано, что основным фактором, определяющим рентабельность продаж по валовой прибыли корпорации, является динамика обменного курса; дана количественная оценка степени влияния.

### *Ключевые слова*

металлургия, титан, рутил, ильменит, титановая губка, модели панельных данных, ВСМПО-АВИСМА

### *Источник финансирования*

Статья подготовлена по плану НИР ИЭОПП СО РАН, проект XI.172.1.1. «Интеграция и взаимодействие отраслевых систем и рынков в России и ее восточных регионах: ограничения и новые возможности», № AAAA-A17-117022250132-2

### *Для цитирования*

Соколов А. В. Моделирование тенденций рынка металлического титана // Мир экономики и управления. 2020. Т. 20, № 4. С. 152–175. DOI 10.25205/2542-0429-2020-20-4-152-175

## Modeling of Titanium Metal Market Trends

**A. V. Sokolov**

*Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS  
Novosibirsk, Russian Federation*

*Novosibirsk State University  
Novosibirsk, Russian Federation*

### *Abstract*

The recent trends in the world output of titanium-containing concentrates and titanium sponge – intermediate product in the production of metallic titanium – has been studied. The differences in the dynamics of these indicators have been found due to the fact that titanium-containing concentrates are used not only as

© А. В. Соколов, 2020

raw materials for the production of titanium metal. The clusters of the world's major producers of titanium-containing concentrates and titanium sponge have been identified. The range of factors potentially influencing the titanium sponge price dynamics has been studied; the independence of this dynamics from fluctuations in supply and demand and the price of raw materials has been shown. The results of activity of JSC "Corporation VSMPO-AVISMA" were analyzed. The study shows that the main factor determining the sales profit margin of the Corporation is the dynamics of the exchange rate; a quantitative assessment of the degree of such influence has been made.

*Keywords*

metallurgy, titanium, rutile, ilmenite, titanium sponge, panel data models, JSC "Corporation VSMPO-AVISMA"

*Funding*

The research was carried out with the plan of IEIE SB RAS, project XI.172.1.1 № AAAA-A17-117022250132-2

*For citation*

Sokolov A. V. Modeling of Titanium Metal Market Trends. *World of Economics and Management*, 2020, vol. 20, no. 4, p. 152–175. (in Russ.) DOI 10.25205/2542-0429-2020-20-4-152-175

Металлический титан, благодаря таким качествам, как легкость, прочность, пластичность, высокая температура плавления, высокая коррозионная стойкость, биосовместимость, «запоминание» формы изделия при определенной температуре и пр., находит широкое применение в различных отраслях промышленности, например в авиационной и ракетно-космической промышленности, в судостроении, медицине [1–8]. При этом себестоимость производства металлического титана выше, чем у ряда материалов-заменителей в различных областях применения, в первую очередь ввиду технологических особенностей производства.

Основными проблемами, исследуемыми авторами в области экономики металлического титана, являются:

- основные области применения титана, оценка потенциала использования металла [1];
- обзор сплавов титана, примеры их применения в судостроении и авиастроении, промышленности производства вооружений, средств обороны и защиты [2–6; 9–11];
- обзор российской рудной базы титаносодержащих концентратов; исследование проблемы снижения импортоориентированности отечественного титанового производства, развития отечественного производства ильменита; риски необеспеченности первичным сырьем для обеспечения национальной безопасности [5; 12–15];
- динамика производства титановой губки в основных странах-производителях [16];
- текущее состояние, проблемы, перспективы развития рынка титана в Китае; отличие структуры производства титановой продукции в Китае от общемировых тенденций [17];
- изучение особенностей и структуры кругооборота титана и выявление возможностей его вторичного использования; возможности использования вторичного металла в РФ и за рубежом [18];
- проблемы устойчивого развития титановой отрасли [19];
- возможности кластерного подхода в титановой промышленности [19; 20];

- использование мощностей предприятий черной металлургии при производстве титанового проката [2];
- проблемы обеспечения рационального природопользования в титановом производстве [19];
- возможности, перспективы и проблемы использования аддитивных технологий, в частности порошковой и гранульной металлургии в титановой отрасли [2; 5; 20];
- возможности, перспективы и проблемы получения композитных материалов на основе титановой матрицы [3];
- последствия введения санкций со стороны западных стран для развития отраслей ОПК, и, как следствие, для титановой промышленности [5];
- влияние факторов спроса и предложения на динамику цен на титановую губку и титановый прокат; выявление причин аномального роста цен в США на титановую губку и титановый прокат в 2004–2006 гг. [2; 21];
- проблема создания стратегических запасов металлов и ценовые гарантии производителям при закупке металлов в Государственный резерв [5];
- характеристика результатов деятельности ПАО «Корпорация ВСМПО-Ависма», перспективные направления ее развития [1].

### **Динамика производства титаносодержащих концентратов**

Титан содержится как в непосредственно титановых рудах, так и в поликомпонентных рудах и концентратах. Однако существующие технологии позволяют наладить производство титана только из непосредственно титановых руд, в число которых входят рутил, ильменит, перовскит, лопарит, сфен. Наибольшее практическое значение имеют два первых – рутиловые руды, содержащие более 91 %  $\text{TiO}_2$ , и ильменитовые (42–70 %) [7. С. 13, 34; 8. С. 37; 22. С. 7].

Проанализируем динамику мирового производства этих двух основных титаносодержащих концентратов. Исходные данные для модельных расчетов взяты из двух источников одного и того же издания – U.S. Geological Survey<sup>1</sup>. Тем не менее между двумя источниками (Minerals Yearbook<sup>2</sup> и Mineral Commodity Summaries<sup>3</sup>) в отношении оценки мировых объемов производства ильменита и рутила наблюдаются определенные разногласия. Отметим, что если данные Minerals Yearbook заканчиваются в 2016 г., то данные Mineral Commodity Summaries – в 2019 г. Динамика мирового производства ильменита и рутила начиная с 2003 г. по этим двум источникам представлена на рис. 1.

---

<sup>1</sup> Titanium Mineral Concentrates. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/titanium-statistics-and-information>

<sup>2</sup> Titanium Mineral Concentrates. Minerals Yearbook. Annual Publications. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/titanium-statistics-and-information>

<sup>3</sup> Titanium Mineral Concentrates. Mineral Commodity Summaries. Annual Publications. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/titanium-statistics-and-information>

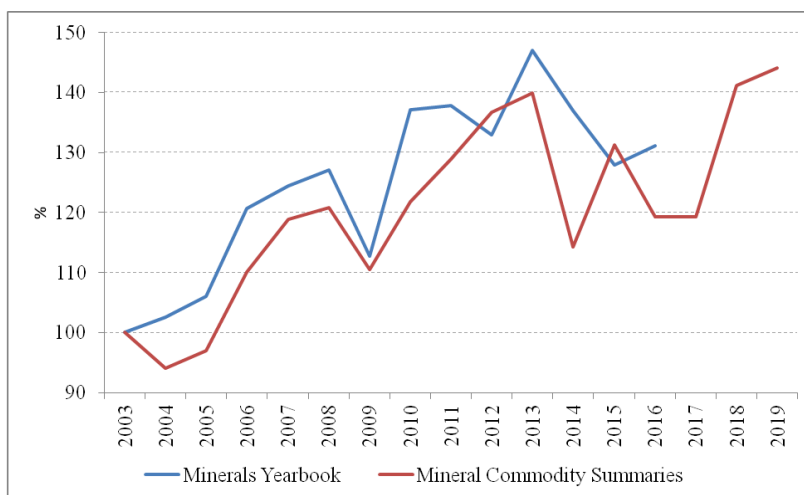


Рис. 1. Динамика мирового производства ильменита и рутила (суммарно) в 2003–2019 гг., %, 2003 г. = 100 %

Источник: рассчитано автором по данным Minerals Yearbook и Mineral Commodity Summaries (U.S. Geological Survey)

Fig. 1. Dynamics of the world production of rutile and ilmenite (total) in 2003–2019, % (2003 = 100 %)

Как видно из представленных на рис. 1 данных, источник Mineral Commodity Summaries, как правило, занижает темпы роста производства по сравнению с источником Minerals Yearbook.

Было проведено два вида расчетов: динамики общемирового производства титаносодержащих концентратов (методом наименьших квадратов), и динамики производства по отдельным странам (модели панельных данных); все виды моделей были рассчитаны по обоим источникам информации отдельно. Зависимой переменной во всех моделях выступает натуральный логарифм объема производства. В случае если модель линейного тренда оказывается значимой, тогда можно говорить о том, что мировой выпуск меняется с примерно одинаковым темпом прироста.

Проанализируем более подробно динамику суммарного производства рутила и ильменита за период 2003–2019 гг. по данным Mineral Commodity Summaries по группам (кластерам) стран. На рис. 2 представлена динамика натурального логарифма объемов добычи рутила и ильменита по странам.

По результатам кластерного анализа из общей совокупности стран-производителей для периода 2003–2019 гг. можно выделить 4 группы (кластера), характеризующихся различными тенденциями изменения натурального логарифма добычи:

1 группа – США (фиктивная переменная  $d_{1-1}$ );

2 группа – Украина, Вьетнам (фиктивная переменная  $d_{2-1}$ );

3 группа – Китай (фиктивная переменная  $d_{3\_1}$ );

4 группа – Австралия, Бразилия, Канада, Индия, Норвегия, ЮАР (фиктивная переменная отсутствует).

По результатам теста Хаусмана ( $\chi^2 = 1,304$ , , уровень значимости – 0,861) после проведения расчетов моделей панельных данных для дальнейшего анализа выбирается модель со случайными эффектами: результаты расчетов этой модели приведены в табл. 1.

Как видно из представленных в табл. 1 данных, все переменные значимы на 1 %-м уровне, качество моделей высокое, индивидуальные эффекты значимо различаются для отдельных стран.

Опуская многочисленные выкладки других модельных расчетов, отметим их высокое качество и значимость коэффициентов регрессии, и сгруппируем итоги расчетов среднегодового темпа прироста мирового производства рутила и ильменита в табл. 2. Для сравнения приведены реальные данные этого показателя.

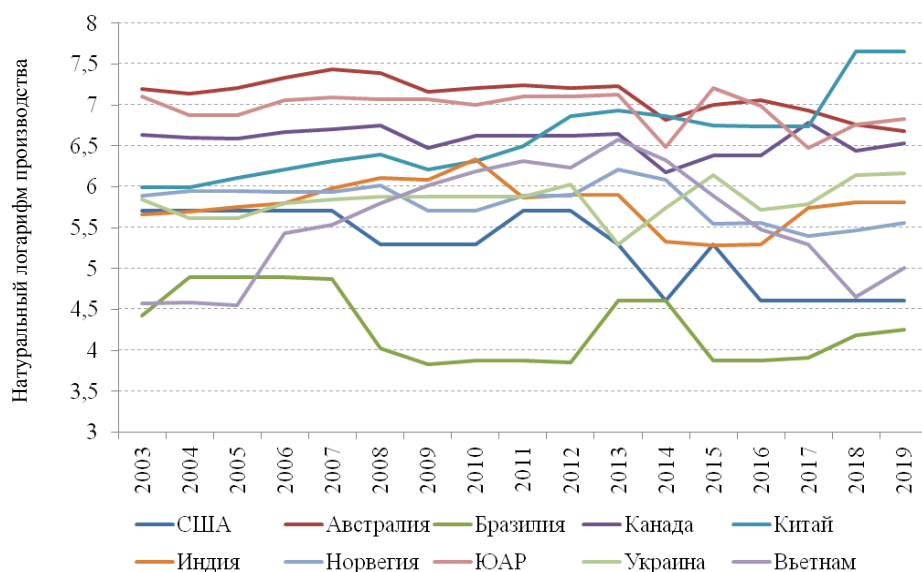


Рис. 2. Динамика натурального логарифма объемов производства рутила и ильменита (суммарно) по странам в 2003–2019 г.

Источник: рассчитано автором по данным Mineral Commodity Summaries (U.S. Geological Survey)

Fig. 2. Dynamics of the natural logarithm of rutile and ilmenite output (total) by the countries in 2003–2019

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа производства рутила и ильменита (суммарно) в 2003–2019 гг. модели со случайными эффектами (исходная информация – Mineral Commodity Summaries; зависимая переменная – натуральный логарифм добычи)

Table 1

The results of regression analysis of rutile and ilmenite world production (total) in 2003–2019. Random effects models (From: Mineral Commodity Summaries; dependent variable – natural logarithm of mining)

Независимая переменная	Значение коэффициента регрессии	<i>t</i> -статистика	Значимость <i>t</i> -статистики
$a_0$	6,058	20,360	0,000
$t$	–0,024	–3,883	0,000
$d_{1\_1}$	–0,054	–3,294	0,001
$d_{2\_1}$	0,047	3,760	0,000
$d_{3\_1}$	0,113	6,868	0,000
Проверка значимости уравнения регрессии (тест Вальда)		$\chi^2 = 80,015$	Значимость $\chi$ -статистики: 0,000
Проверка значимости индивидуальных эффектов (тест Бреша – Пагана)		$\chi^2 = 930,263$	Значимость $\chi$ -статистики: 0,000

Таблица 2

Расчетные среднегодовые темпы прироста производства рутила и ильменита в сравнении с реальными данными, доли единицы

Table 2

Estimated average annual growth rate of rutile and ilmenite production compared to the real data, unit fractions

Источник данных	2003–2016 гг.			2003–2019 гг.		
	Линейный тренд	Панельные данные	Реальные данные	Линейный тренд	Панельные данные	Реальные данные
Minerals Yearbook	0,020	0,003	0,021	–	–	0,023
Mineral Commodity Summaries	0,022	–		0,020	0,002	

Как видно из данных табл. 2, наиболее близкими к реальным оказались данные линейного тренда: наибольшее расхождение с реальными данными составляет

0,3 п. п. Панельные данные дают несколько заниженные оценки показателя. Это объясняется во многом спецификой используемых методов: если при построении линейного тренда в качестве исходных данных выступает агрегированный показатель, то при построении модели панельных данных – группы (кластеры), включающие либо отдельные страны, либо совокупности стран. Кроме того, в качестве исходных данных в модели панельных данных фигурируют только данные для тех стран, для которых имеется полная статистика за рассматриваемый период: в обоих случаях сказалось непопадание в группу стран, по которым проводились расчеты, – Кении, Мадагаскара, Мозамбика и Сенегала (Мадагаскар и Мозамбик становятся серьезными «игроками» на рынке добычи с конца нулевых годов, Кения и Сенегал – с середины десятых).

### **Динамика производства титановой губки**

Сферой применения титаносодержащих концентратов является как производство металлического титана (в итоге производственной цепочки), так и диоксида титана (титановых белил). Опуская второе применение, отметим, что для получения металлического титана изначально из рутила или ильменита необходимо получить титановую губку. Основные доступные для анализа данные содержат сведения не о титановом прокате, а как раз о промежуточном продукте – титановой губке.

Рассмотрим динамику мирового производства титановой губки. Исходными данными для расчетов являются данные U.S. Geological Survey<sup>4</sup>. Стоит отметить, что в ряду исходных данных отсутствуют сведения об объемах выпуска в США – начиная с 1992 г. Таким образом, одной из задач исследования было оценить объемы американского выпуска. Одним из способов оценки был балансовый подход, учитывающий объемы выпуска, импорта, видимого потребления, изменения государственных запасов и запасов фирм в США<sup>5</sup>. Полученные результаты оценки объемов производства титановой губки в США близки к реальным (к сожалению, фрагментарным) данным из ряда источников, например [21], но входят в противоречие с рядом других источников, например [16]. Отметим, что результаты, приведенные в последнем источнике, не представляются возможными с учетом объема производственных мощностей титановой губки в США<sup>6</sup>.

Ввиду неоднозначности оценки анализ динамики мирового производства титановой губки проведен без учета выпуска в США.

Начиная с 2008 г. крупнейшим производителем титановой губки в мире становится Китай, в пиковом 2014 г. увеличив объемы выпуска по сравнению с базовым 2003 г. почти в 27 раз. Таким образом, представляется интересным оценить дина-

---

<sup>4</sup> Titanium. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/titanium-statistics-and-information>

<sup>5</sup> Titanium. Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/historical-statistics-mineral-and-material-commodities-united-states#titanium>

<sup>6</sup> Titanium. Minerals Yearbook. Annual Publications. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/titanium-statistics-and-information>; Titanium. Mineral Commodity Summaries. Annual Publications. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/titanium-statistics-and-information>

мику выпуска титановой губки в мире в двух случаях – с учетом объемов производства Китая и без них. Также рассчитана динамика российского производства титановой губки за этот период. Результаты расчетов приведены на рис. 3: данные представлены в процентах к уровню базового 2003 г.

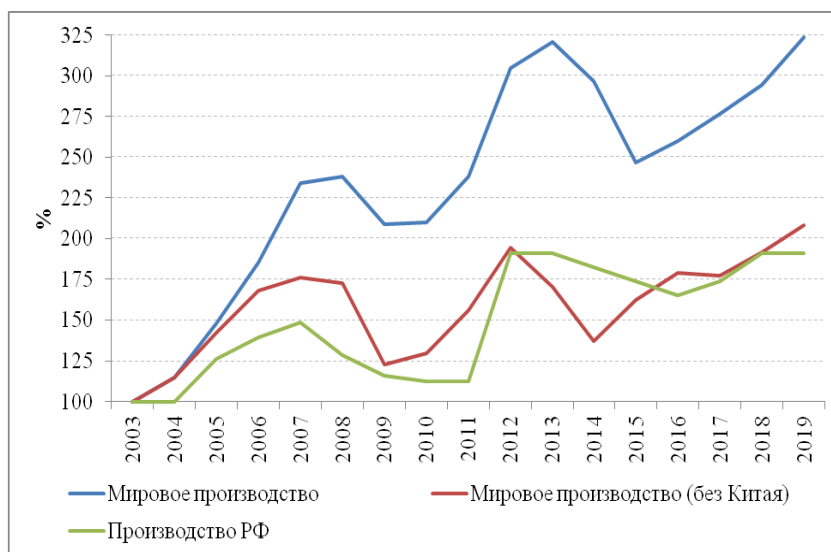


Рис. 3. Динамика выпуска титановой губки в мире в целом, а также в РФ в 2003–2019 гг., % (2003 г. = 100 %)

Источник: рассчитано автором по данным Titanium. Mineral Commodity Summaries

Fig. 3. Dynamics of titanium sponge production in the world and in the Russian Federation in 2003–2019, % (2003 = 100 %)

Как видно из приведенных на рис. 3 данных, мировой выпуск (с учетом Китая) вырос в 3,24 раза, а без учета Китая – в 2,08 раза. За аналогичный период времени выпуск титановой губки в России вырос в 1,91 раза, что близко к тенденции роста выпуска в мире без учета Китая. Отметим, что график выпуска в РФ в отдельные периоды близок к графику мирового выпуска без учета Китая, в отдельные периоды – заметно отклоняется. Это не удивительно, учитывая тот факт, что в данном случае мы сравниваем усредненный (мировой) показатель, и показатель одного объекта (как страны, так, по сути, и компании).

Для оценки характеристики временного ряда мирового производства титановой губки (с учетом Китая) были проведены расчеты двумя способами: путем построения регрессии общемирового объема производства на показатель времени, и путем построения моделей панельных данных (с фиксированными и со случайными эффектами). В качестве зависимой переменной выступал натуральный логарифм объема выпуска – мирового при первом способе и выпуска отдельными странами – при втором.



В табл. 3 представлены результаты регрессионного анализа динамического ряда мирового объема выпуска титановой губки.

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа динамического ряда мирового объема выпуска титановой губки в 2003–2019 гг.

(зависимая переменная – натуральный логарифм выпуска)

Table 3

Results of dynamic series regression analysis of titanium sponge world output in 2003–2019 (dependent variable – natural logarithm of output)

Независимая переменная	Значение коэффициента регрессии	<i>t</i> -статистика	Значимость <i>t</i> -статистики
$a_0$	4,465	45,730	0,000
$t$	0,058	6,059	0,000
Проверка значимости уравнения регрессии ( <i>F</i> -статистика)		$F = 36,716$	Значимость <i>F</i> -статистики: 0,000
Скорректированный $R^2$ : 0,691			
Тест Чоу для 2008 г.		$F = 17,776$	Значимость <i>F</i> -статистики: 0,000

По результатам теста Чоу видно, что динамический ряд неоднороден для различных периодов времени, и необходимо оценить значения коэффициентов регрессии для периодов 2003–2008 и 2008–2019 гг. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Для построения моделей панельных данных рассмотрим изначально динамику выпуска титановой губки для стран, по которым имеется информация за интересующие нас периоды времени: Китай, Япония, Казахстан, РФ, Украина (рис. 4).

По результатам кластерного анализа из общей совокупности стран-производителей для периода 2003–2008 гг. можно выделить 4 группы (кластера), характеризующихся различными тенденциями изменения натурального логарифма выпуска:

- 1 группа – Китай (фиктивная переменная  $d_{1\_2}$ );
- 2 группа – Казахстан, Япония (фиктивная переменная  $d_{2\_2}$ );
- 3 группа – РФ, Украина (фиктивная переменная отсутствует).

По итогам проведенных расчетов моделей панельных данных по результатам теста Хаусмана ( $\chi^2 = 12,495$ , значимость  $\chi^2$ -статистики 0,005) на 1 %-м уровне для дальнейшего анализа выбирается модель с фиксированными эффектами, результаты расчетов по которой приведены в табл. 5.

Таблица 4

Результаты регрессионного анализа динамического ряда мирового объема выпуска титановой губки в 2003–2008 и 2008–2019 гг. (зависимая переменная – натуральный логарифм выпуска)

Table 4

Results of dynamic series regression analysis of titanium sponge world output in 2003–2008 and 2009–2019 (dependent variable – natural logarithm of output)

Независимая переменная	Значение коэффициента регрессии	<i>t</i> -статистика	Значимость <i>t</i> -статистики
<b>2003–2008 гг.</b>			
$a_0$	3,985	60,420	0,000
$t$	0,192	11,310	0,000
Проверка значимости уравнения регрессии ( <i>F</i> -статистика)		127,887	Значимость <i>F</i> -статистики: 0,000
Скорректированный $R^2$ : 0,962			
<b>2008–2019 гг.</b>			
$a_0$	4,970	67,020	0,000
$t$	0,028	2,816	0,018
Проверка значимости уравнения регрессии ( <i>F</i> -статистика)		7,931	Значимость <i>F</i> -статистики: 0,018
Скорректированный $R^2$ : 0,387			

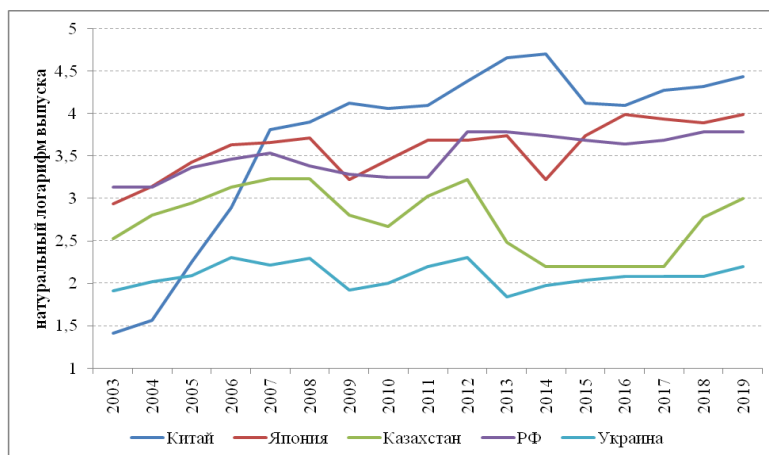


Рис. 4. Динамика натуральных логарифмов объема выпуска титановой губки странами-производителями в 2003–2019 гг.

Источник: рассчитано автором по данным Titanium. Mineral Commodity Summaries

Fig. 4. Dynamics of natural logarithms of titanium sponge output by the producer countries in 2003–2019

Таблица 5

Результаты регрессионного анализа выпуска титановой губки в 2003–2008 гг. модели с фиксированными эффектами и в 2008–2019 гг. модели со случайными эффектами (зависимая переменная – натуральный логарифм выпуска)

Table 5

The results of regression analysis of titanium sponge world output in 2003–2008 fixed-effect models and 2008–2019 random-effect models  
(dependent variable – natural logarithm of output)

Независимая переменная	Значение коэффициента регрессии	<i>t</i> -статистика	Значимость <i>t</i> -статистики
<b>2003–2008 гг.</b>			
$a_0$	2,187	40,560	0,000
$t$	0,076	3,450	0,002
$d_{1\_2}$	0,491	12,950	0,000
$d_{2\_2}$	0,077	2,479	0,021
Проверка значимости уравнения регрессии ( <i>F</i> -статистика)		131,740	Значимость <i>F</i> -статистики: 0,000
Проверка значимости индивидуальных эффектов ( <i>F</i> -статистика)		123,771	Значимость <i>F</i> -статистики: 0,000
<b>2008–2019 гг.</b>			
$a_0$	3,160	16,540	0,000
$t$	0,048	3,977	0,000
$a_{1\_3}$	–0,083	–4,488	0,000
Проверка значимости уравнения регрессии (тест Вальда)		$\chi^2 = 22,581$	Значимость $\chi^2$ -статистики: 0,000
Проверка значимости индивидуальных эффектов (тест Бреша – Пагана)		$\chi^2 = 70,624$	Значимость $\chi^2$ -статистики: 0,000

Как видно из представленных в табл. 5 данных, все переменные значимы на 1 %-м уровне (за исключением переменной  $d_{2\_2}$  – она значима на 5 %-м уровне); качество модели высокое, индивидуальные эффекты значимо различаются для отдельных стран.

По результатам кластерного анализа из общей совокупности стран-производителей для периода 2008–2019 гг. можно выделить 2 группы (кластера), характеризующихся различными тенденциями изменения натурального логарифма выпуска:

1 группа – Украина, Казахстан (фиктивная переменная  $d_{1-3}$ );

2 группа – РФ, Япония, Китай (фиктивная переменная отсутствует).

По результатам теста Хаусмана ( $\chi^2 = 8,569$ , значимость  $\chi^2$ -статистики 0,014) на 1 %-м уровне для дальнейшего анализа выбирается модель со случайными эффектами (см. табл. 5). Как видно из представленных в табл. 5 данных, все переменные значимы на 1 %-м уровне, качество модели высокое, индивидуальные эффекты значимо различаются для отдельных стран.

В табл. 6 приведены общие итоги расчетов среднегодового темпа прироста мирового выпуска титановой губки по разным моделям. Для сравнения приведены реальные данные этого показателя.

Таблица 6

Расчетные среднегодовые темпы прироста выпуска титановой губки  
в сравнении с реальными данными, доли единицы

Table 6

Estimated average annual growth rate of titanium sponge production  
in comparison with real data, unit shares

	2003–2008 гг.			2008–2019 гг.		
	Линейный тренд	Панельные данные	Реальные данные	Линейный тренд	Панельные данные	Реальные данные
Темп прироста	0,192	0,174	0,196	0,028	0,035	0,031

Как видно из данных табл. 6, наиболее близкими к реальным оказались данные линейного тренда: расхождение с реальными данными составляет 0,4 п. п. Панельные данные для периода 2003–2008 гг. дают несколько заниженные оценки показателя, для периода 2008–2019 гг. – близкие к реальным. В 2008–2019 гг. динамика исследуемого показателя мало различается для отдельных стран, в то время как в 2003–2008 гг. – сильно (в первую очередь имеется в виду резкий рост объемов выпуска в Китае). Кроме того, в качестве исходных данных в модели панельных данных фигурируют только данные для тех стран, для которых имеется полная статистика за рассматриваемый период.

#### Анализ динамики цен на титановую губку

Анализ динамики цен на титановую губку несколько затруднен по сравнению, например, с основными цветными металлами (алюминий, медь, олово, свинец, цинк, никель), которые являются биржевыми товарами, и цена на которые устанавливается на Лондонской бирже металлов (ЛБМ). В отличие от данных металлов единой мировой цены на титановую губку не существует, и цены в разных странах могут значимо различаться.

Факторами, которые могут влиять на цену титановой губки, являются: спрос и предложение, цена сырья, цены металлов-заменителей титана. Рассмотрим рынок титановой губки США, по которому имеется доступная информация. На рис. 5

представлена динамика цен на титановую губку, а также на основное сырье для ее производства – ильменит и рутил (все – в сопоставимых ценах). Цены титановой губки – внутренние цены США, цены ильменита и рутила – цены импорта в США. Цены импорта рутила охватывают период по 2015 г. Для удобства сопоставления все показатели представлены в процентах к уровню 1993 г.

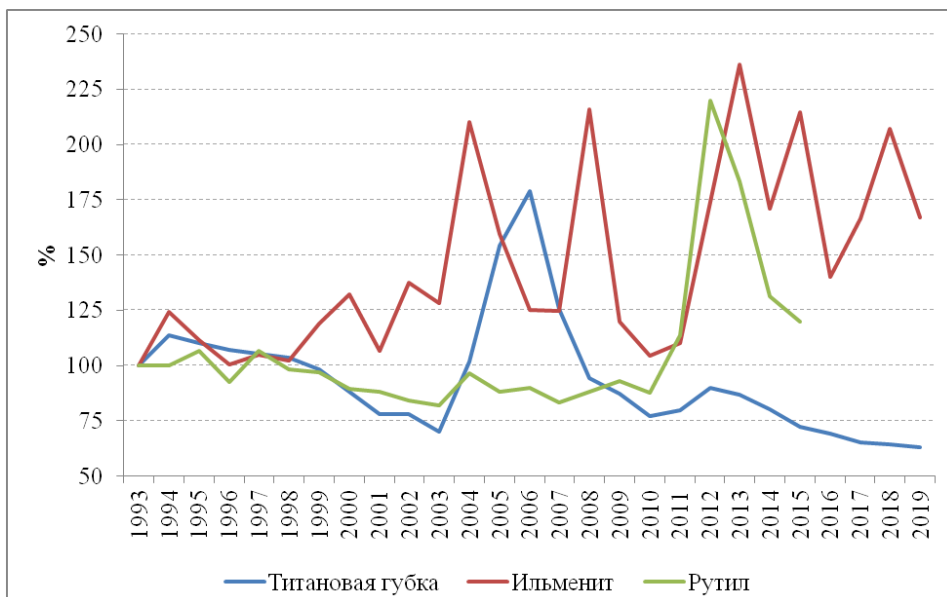


Рис. 5. Динамика среднегодовых сопоставимых цен США на титановую губку и цен импорта в США на ильменит и рутил, 1993–2019 гг., 1993 г. = 100 %

Источник: рассчитано автором по: Titanium. Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States; Mineral Commodity Summaries. Annual Publications. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center

Fig. 5. Dynamics of average annual comparable US prices for titanium sponge and US import prices for ilmenite and rutile, 1993–2019, 1993 = 100 %

Как видно из рис. 5, динамика цен приведенных товаров (с учетом инфляции) разная. Если цена на титановую губку снижается (за исключением всплеска 2004–2008 гг.), то для цены ильменита характерен скачкообразный рост, а динамика цены рутила по 2004 г. включительно была близка к цене титановой губки, однако начиная с 2005 г. у них наблюдаются различные тенденции. Коэффициент корреляции между ценами титановой губки и ценой ильменита за период 1993–2019 гг. отрицателен ( $-0,233$ ) и незначим (уровень значимости составляет 25 %), за период 2003–2019 гг. также отрицателен ( $-0,189$ ) и незначим (уровень значимости составляет 47%). Коэффициент корреляции между ценами титановой губки и ценой рутила за период 1993–2015 гг. также отрицателен ( $-0,198$ ) и незначим (уровень значимости составляет 37 %).

Одним из заменителей металлического титана является алюминий. Анализируя динамику темпов прироста сопоставимых цен титановой губки (в США) и алюминия<sup>7</sup> (мировая цена), отметим, что, по сути единственное, что объединяет динамику цен этих продуктов – это рост в середине нулевых годов. В остальные периоды рассматриваемого временного промежутка динамика цен была различной, что не удивительно, так как на динамику цены алюминия, как биржевого товара, сильно влияют не только (или, скорее, не сколько) объемы покупки и продажи реального металла, а спекулятивные сделки. Для цены на титановую губку, не являющуюся мировым биржевым товаром, это не характерно.

Спрос и предложение титановой губки на американском рынке иллюстрирует динамика видимого потребления и импорта (рис. 6). Временные ряды потребления и импорта между собой близко коррелированы (коэффициент корреляции равен 0,854, уровень значимости 1 %), в то время как динамика цены титановой губки не связана с динамикой ни одного из натуральных показателей: коэффициент корреляции между импортом и ценой равен –0,098 (значим на 64 %-м уровне), между видимым потреблением и ценой равен –0,193 (значим на 35 %-м уровне).

Сопоставляя данные динамики мирового выпуска титановой губки (т. е. выпуска во всем остальном мире за исключением США) и динамику цены титановой губки в США, отметим, что по 2014 г. периоды роста и снижения объемов выпуска и цены примерно совпадают. Однако имеются сильные различия: если в первом периоде (2003–2009 гг.) пиковое значение выпуска достигло отметки 176 %, и цена выросла более чем в 2,5 раза, то во втором периоде (2009–2014 гг.) примерно такой же, как и в первом периоде, рост объемов выпуска сопровождается относительно незначительным ростом цены, а в третьем периоде (2014–2019 гг.) росту выпуска соответствует падение цены.

Подводя итоги анализа причин динамики цены титановой губки, отметим следующее.

- Изменение импортных цен на сырье (рутил, ильменит) не оказывает влияния на изменение цен титановой губки в США. В частности, это связано с тем, что США, особенно с начала нулевых годов, активно импортирует уже произведенную за рубежом титановую губку, а также прочие необработанные и обработанные титановые материалы.
- Изменение цен на металлы-заменители (в первую очередь алюминий) также не оказывает влияния на изменение цен титановой губки. По сути, ввиду того, что титановая губка не является мировым биржевым товаром, а основные цветные металлы являются, сложно проследить корреляцию между изменением цен на них (если она и имеет место).

---

<sup>7</sup> Aluminum. Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/historical-statistics-mineral-and-material-commodities-united-states#aluminum>; Aluminum. Mineral Commodity Summaries. Annual Publications. Titanium Statistics and Information. National Minerals Information Center. URL: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/titanium-statistics-and-information>

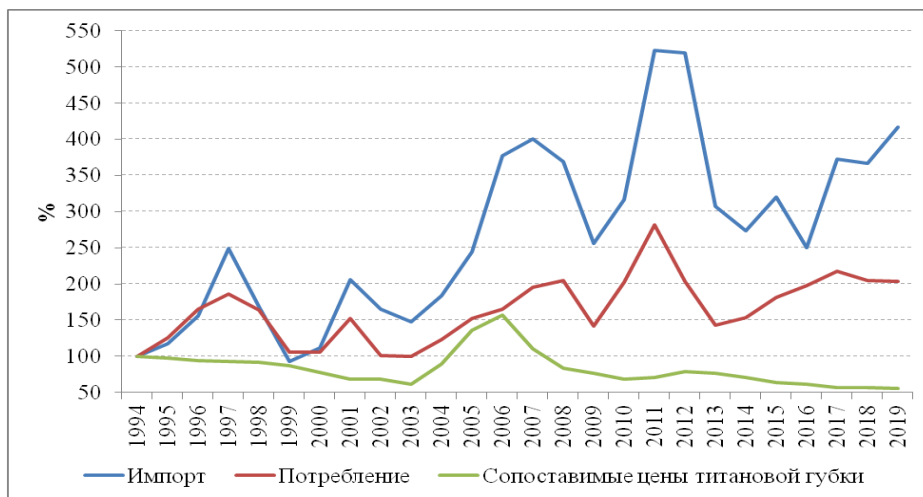


Рис. 6. Динамика импорта, видимого потребления, сопоставимой цены титановой губки в США, 1994–2019 гг., в %, 1994 г. = 100 %

Источник: рассчитано автором на основе информации Titanium. Historical Statistics for Mineral and Material Commodities in the United States. National Minerals Information Center

Fig. 6. Dynamics of imports, visible consumption, comparable price of titanium sponge in the USA, 1994–2019, in%, 1994 = 100 %

- Изменение мирового выпуска (выпуска за пределами США), если разбить временной промежуток 2003–2019 гг. на три примерно равных отрезка, оказывает на каждом из этих отрезков очень разное влияние на цену титановой губки, так что вывести какую-либо закономерность здесь также не представляется возможным.

### Основные тенденции развития ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА»

В России единственным производителем титановой губки является ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», приобретшая нынешний вид в 1998 г. в результате слияния Верхне-Салдинского металлургического производственного объединения (ВСМПО) и Березниковского титано-магниевого комбината. Помимо ВСМПО-АВИСМА, существует ряд предприятий, основной или второстепенной деятельностью которых является производство титановой продукции: ПАО «Уральская кузница», г. Чебаркуль; ПАО «Русполимет», г. Кулебаки; ОАО ВИЛС, г. Москва; ООО «Ступинская титановая компания», г. Ступино; АО «Металлургический завод «ЭЛЕКТРОСТАЛЬ», г. Электросталь; ПАО «Машиностроительный завод», г. Электросталь; АО «Чепецкий механический завод», г. Глазов; ООО «Зубцовский машиностроительный завод», г. Зубцов<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Публичное акционерное общество «Корпорация ВСМПО-АВИСМА». Годовой отчет по результатам работы за 2018 г. С. 16. URL: [http://www.vsm-po.ru/ru/pages/Godovoj\\_otchet](http://www.vsm-po.ru/ru/pages/Godovoj_otchet)

Выпуск высокочистого титана, используемого в авиакосмической промышленности, осуществляется только в четырех странах мира: в США (компании «TIMET» и «ATI»), России («ВСМПО-АВИСМА»), Казахстане («УКТМК») и Японии («Toho Titanium» и «Osaka Titanium Technologies») [23].

Проанализируем некоторые результаты деятельности ВСМПО-АВИСМА за последние годы.

Рассмотрим динамику рентабельности продаж, рассчитанную как отношение двух видов прибыли – валовой и чистой, – к выручке (рис. 7). Как видно из представленных данных, коэффициент рентабельности, рассчитанный по разным видам прибыли, имеет и несколько отличную в каждом случае динамику. Для рентабельности по валовой прибыли исходный промежуток времени 2003–2019 гг. содержательно разбивается на 2 подпериода: 2003–2008 и 2009–2019 гг., в то время как для рентабельности по чистой прибыли выделяются 3 подпериода: 2003–2009, 2010–2014 и 2015–2019 гг.

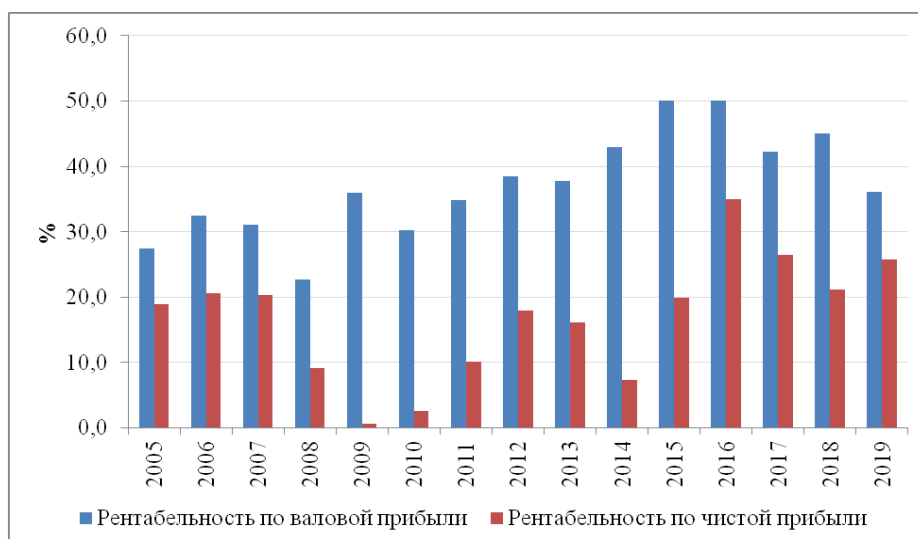


Рис. 7. Рентабельность продаж ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» по валовой и чистой прибыли в 2005–2019 гг., %

Источник: Годовые отчеты. Корпорация ВСМПО-АВИСМА.

URL: [http://www.vsm-po.ru/ru/pages/Godovoj\\_otchet](http://www.vsm-po.ru/ru/pages/Godovoj_otchet)

Fig. 7. Sales margin of VSMPO-AVISMA Corporation PJSC by gross and net profit in 2005–2019, %

Коэффициент рентабельности продаж по валовой прибыли в первый подпериод достигает максимума в 2006 г. – 32,4 %, затем следует некоторое его снижение; далее с 2009 по 2015 г. идет фактически непрерывный рост (исключение составляют 2006 и 2013 гг.), и в 2015–2016 гг. значение коэффициента достигает 50,1 %, после чего следует некоторое его снижение до уровня 36,1 % в 2019 г.



Коэффициент рентабельности по чистой прибыли в 2005–2007 гг. держится на уровне 18,9–20,7 %, но затем происходит его резкое снижение: минимальное значение зафиксировано в 2009 г. – 0,7 %. Во втором подпериоде максимальное значение достигается в 2012 г. – 18,0 % (что ниже, чем в первом подпериоде), и к концу подпериода в 2014 г. снижается до уровня 7,3 %. Рост коэффициента рентабельности за несколько последних лет (максимум – 34,9 % в 2017 г.) сменяется опять же некоторым его снижением.

Отметим, что почти в половине случаев за период 2006–2019 гг. – в шести случаях из четырнадцати, – коэффициенты рентабельности по валовой и по чистой прибыли изменялись в разных направлениях.

Одним из важнейших направлений деятельности компании является экспорт титановой продукции: в натуральном выражении величина экспорта в 2006–2019 гг. колебалась от 14,8 тыс. т в 2009 г. до 26,6 тыс. т в 2019 г., в процентах к общему объему отгрузок титановой продукции компанией – от 53,0 % в 2014 г. до 77,8 % в 2008 г. (рис. 8).

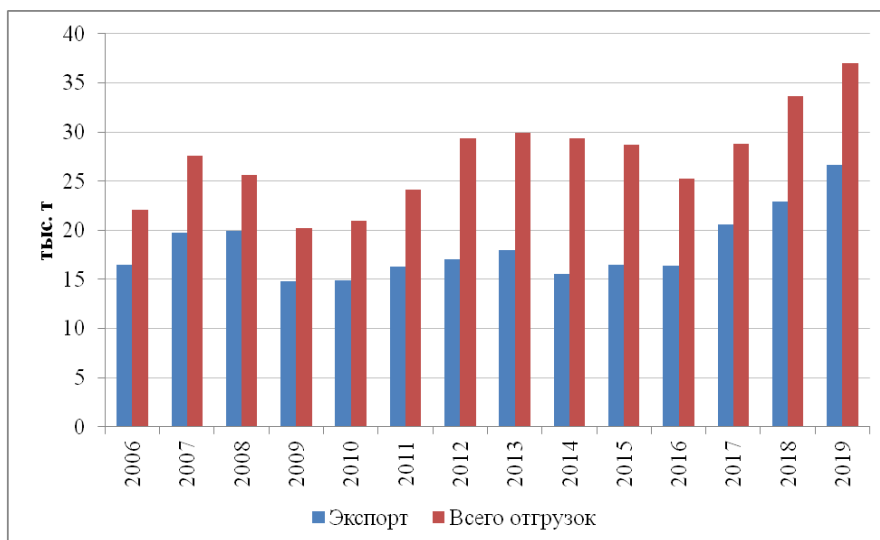


Рис. 8. Объем отгрузок титановой продукции, в том числе экспортных поставок ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» в 2006–2019 гг., тыс. т

Источник: Годовые отчеты. Корпорация ВСМПО-АВИСМА.

URL: [http://www.vsm-po.ru/ru/pages/Godovoj\\_otchet](http://www.vsm-po.ru/ru/pages/Godovoj_otchet)

Fig. 8. Volume of titanium products shipments, including exports of Corporation VSMPO-AVISMA PJSC in 2006–2019, thousand tons

На показатели рентабельности производства, рассчитанные в рублевом эквиваленте, влияет величина обменного курса страны<sup>9</sup>. Для того чтобы учесть послед-

<sup>9</sup> Среднегодовые курсы доллара и евро. URL: <http://kurs-dollar-euro.ru/srednegodovoj-kurs.html>; Ломская Т. Сбербанк улучшил прогноз по курсу рубля на 2020 год. РБК. Финансы. 27.02.2020. URL: <https://www.rbc.ru/finances/27/02/2020/5e57875a9a7947983d895f14>; Курс валют. URL: <https://www.kursvaliut.ru/>.

ствия инфляционных процессов как в РФ, так и за рубежом, была рассчитана динамика реального обменного курса иностранной валюты ( $\epsilon_t$ ) – с учетом динамики инфляции в РФ и за рубежом. Ввиду того, что основным экспортным рынком титановой продукции для компании «ВСМПО-АВИСМА» являются США, то расчет реального обменного курса производился для доллара США.

Проанализируем влияние динамики экспортных поставок компании «ВСМПО-АВИСМА» и величины реального обменного курса по показателям рентабельности производства компании. Для того чтобы добиться стационарности соответствующих временных рядов, перейдем к анализу взаимозависимости следующих переменных: первых разниц рентабельности по валовой и чистой прибыли (соответственно), темпа прироста экспорта титана и темпа прироста реального обменного курса. Переходя к первым разностям и темпам прироста, мы теряем один год наблюдений.

По результатам расширенного теста Дики – Фуллера ряды первых разниц рентабельности по валовой и чистой прибыли стационарны (уровень значимости 1 %), ряд темпов прироста экспорта стационарен при уровне значимости 8 %, а ряд темпов прироста реального обменного курса – при уровне значимости 5 %. В табл. 7 приведены значения парных коэффициентов корреляции Пирсона указанных показателей.

Таблица 7

Значения парных коэффициентов корреляции Пирсона выбранных показателей за период 2007–2019 гг. (в скобках – уровень значимости коэффициента)

Table 7

Values of paired Pearson correlation coefficients of selected indicators for the period 2007–2019 (in parentheses – coefficient significance level)

№	Показатель	1	2	3	4
1	Первая разница рентабельности по валовой прибыли	1	0,125 (0,684)	–0,625 (0,022)	0,647 (0,017)
2	Первая разница рентабельности по чистой прибыли		1	0,185 (0,544)	0,344 (0,250)
3	Темп прироста экспорта титана			1	–0,423 (0,150)
4	Темп прироста реального обменного курса				1

Как видно из приведенных в табл. 7 данных, первая разница рентабельности по валовой прибыли хорошо коррелирована с объясняющими переменными, в то время как первая разница рентабельности по чистой прибыли – нет. Отметим, что не наблюдается статистически значимой связи между показателями рентабельности по разным видам прибыли. В табл. 8 приведены результаты регрессионного анализа первой разницы рентабельности по валовой прибыли ( $d_{\text{Rent}_{\text{вал}}}$ ) от темпов

прироста объема экспорта ( $t\_Ex$ ) и темпов прироста реального обменного курса ( $t\_R_f$ ):

$$d_{\text{Rent}_{\text{real}}} = a_0 + a_1 \cdot t\_Ex + a_2 \cdot t\_R_f + \varepsilon.$$

Таблица 8

Результаты регрессионного анализа первой разницы рентабельности по валовой прибыли от темпов прироста объема экспорта и величины реального обменного курса в 2007–2019 гг. (зависимая переменная – первая разница валовой прибыли компании «ВСМПО-АВИСМА»)

Table 8

Results of regression analysis of the first margin difference in gross profit from export volume growth rate and real exchange rate in 2007–2019 (dependent variable – the first difference in gross profit of VSMPO-AVISMA)

Независимая переменная	Значение коэффициента регрессии	$t$ -статистика	Значимость $t$ -статистики
$a_0$	1,150	0,795	0,445
$t\_Ex$	–0,213	–1,867	0,092
$t\_R_f$	0,164	2,036	0,069
Проверка значимости уравнения регрессии ( $F$ -статистика)		$F = 6,607$	Значимость $F$ -статистики: 0,015
Скорректированный $R^2$ : 0,483			

Как видно из приведенных в табл. 8 данных, коэффициенты объясняющих переменных значимы на 10 % уровне. Рост реального обменного курса на 1 % приводит к росту рентабельности по валовой прибыли компании на 0,164 п. п.; рост объема экспорта на 1 % приводит к снижению валовой прибыли на 1,867 п. п. Сдержательно данная ситуация означает следующее. Во-первых, в данной модели не учитываются колебания ассортимента поставляемой на экспорт продукции и цен на нее ввиду отсутствия подобной информации. Во-вторых, из результатов модели следует, что колебания обменного курса оказывают большее влияние на зависимую переменную, чем колебания объема экспорта: стандартизированный  $\beta$ -коэффициент для переменной  $t\_R_f$  (0,466) по модулю несколько выше аналогичного показателя для переменной  $t\_Ex$  (–0,428). В-третьих, в данной модели (ввиду малой длины ряда) игнорируются такие показатели, влияющие на динамику рентабельности, как динамика себестоимости производства, выручка от поставок на внутренний рынок и пр. Таким образом, рост объема экспорта в натуральном выражении при снижении реального обменного курса и влиянии прочих

факторов может приводить и к снижению рентабельности производства (например, в 2017–2019 гг.).

Несмотря на положительный и во многие годы – высокий уровень рентабельности продаж (см. рис. 7), за последние несколько лет корпорация несколько раз попадала в затруднительные ситуации. Первая из них возникла в 2018 г., когда российская Государственная Дума в ответ на санкции, введенные Правительством США против российских бизнесменов и компаний, предложила запретить поставку в США российской титановой продукции. Тем не менее, данная мера не была осуществлена, и Россия сохранила свое присутствие на американском титановом рынке<sup>10</sup>.

В 2020 г. в связи с эпидемией коронавируса резко сократился объем авиаперевозок в мире, что привело фактически к временной остановке производства авиастроительными корпорациями, что, в свою очередь, привело к резкому сокращению спроса на авиационный титан, производство которого как раз и преваляло в «Корпорации ВСМПО-АВИСМА». Пересматривая производственные программы, корпорация решила сократить объемы товарной титановой продукции с 39 тыс. до 26,5 тыс. т в год, а производство губчатого титана – с 44 тыс. до 35 тыс. т. Компания развивает продажи на промышленный (неавиакосмический) рынок, ищет новые сегменты для продаж и ведет активную работу по диверсификации продукции, а также избавляется от непрофильных активов<sup>11</sup>.

\* \* \*

Подводя итоги исследования, отметим следующее.

В динамике производства титаносодержащих концентратов и титановой губки наблюдаются различия темпов прироста объемов выпуска за рассматриваемый период 2003–2019 гг. Для титаносодержащих концентратов сохраняются примерно одинаковые темпы прироста выпуска для всего периода, в то время как для выпуска титановой губки выделяются два различающихся подпериода – по 2008 г., когда темпы прироста выпуска высоки, и после него, когда они заметно снижаются, т. е. до мирового кризиса и после. Данное различие можно объяснить следующим: производство титаносодержащих концентратов предназначено не только для выпуска титановой губки (в конечном использовании – титанового проката), но и для производства диоксида титана (титановых белил). Таким образом, колебания спроса на рынке металлического титана (в частности, в 2003–2008 гг. вырос спрос на металлический титан в связи с резким ростом объемов производства авиатехники) сильно отражаются на динамике производства титановой губки и в гораздо меньшей степени – титаносодержащих концентратов.

---

<sup>10</sup> Каматов А. Горькое сальдо для Верхней Салды // Россия сегодня. ИНОСМИ. 25.04.2018. URL: <https://inosmi.ru/politic/20180425/242072251.html>; Подлинова А. Титановые страсти: почему РФ продолжит поставлять титан в США // Россия сегодня. ИПРАЙМ. 18.04.2018. URL: <https://1prime.ru/articles/20180418/828731352.html>; Поставки титана в США не запрещены // Эксперт Урал. 2018. № 16-18.

<sup>11</sup> «СМПО-Ависма» сокращает на треть производство титана из-за снижения потребления // finanz.ru. 17.04.2020. URL: <https://www.finanz.ru/novosti/aktsii/vsm-po-avisma-sokrashchaet-na-tret-proizvodstvo-titana-iz-za-snizheniya-potrebleniya-1029103060>; «СМПО-Ависма» не планирует масштабных сокращений // Финмаркет. 06.07.2020. URL: <http://www.finmarket.ru/news/5270542>; «СМПО-Ависма» сливает воду // Коммерсантъ. 29.06.2020. С. 5.

Для динамики цены на титановую губку в США не удалось выявить статистически значимой связи с динамикой факторов, которые содержательно должны ее определять. Колебания цен на титансодержащие концентраты – рутил и ильменит – влияли на цену титановой губки в малой степени, поскольку цена сырья составляет малую долю в себестоимости производства титановой губки. Резкие колебания цен в рассматриваемый период на металлы – потенциальные заменители (в первую очередь алюминий) не приводили к пропорциональным изменениям в объемах их потребления, т. е. к реальной широкомасштабной замене в производстве. Это было вызвано двумя факторами. Во-первых, объем рынка металлического титана не сопоставим с объемом рынка алюминия (он гораздо меньше). Во-вторых, титан – замечательный по своим свойствам, но дорогой относительно того же алюминия металл, поэтому эффект замены, если он и присутствует, очень мал. Резкий рост цен в США на титановую губку в 2004–2006 гг. был непродолжительным и объясняется [21] сочетанием следующих факторов: резким ростом заказов на производство военной и гражданской авиатехники в США; снижением в предшествующий 2003 г. период объемов производственных мощностей титановой губки в США; ликвидацией в США к концу 1990-х гг. государственных запасов титановой губки как стратегического материала; кризисом на рынке ферротитана и использованием в качестве его заменителя титановой губки; рост спроса на титановую губку привел к тому, что американские компании были вынуждены покупать ее не как обычно – в рамках долгосрочных договоров, а на спотовом рынке и по более высоким ценам. Отметим еще раз, что подобный сильный всплеск цены наблюдался по сути один раз за рассматриваемый период. Колебания для титановой губки на рынке США объемов спроса (видимое потребление) и предложения (собственное производство США, по которому данные отсутствуют, и импорт) близко коррелированы между собой, что не приводит к резким изменениям цен.

ПАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА», являющееся основным производителем титановой продукции в России, планомерно наращивало как объемы выпуска, так и объемы экспорта продукции (за исключением ряда лет, в частности снижения объемов после мирового кризиса 2008 г.). Основным фактором, определяющим рентабельность продаж корпорации, является величина реального обменного курса. В самом деле, на затратную часть повышение курса влияет только в росте цен импортируемого сырья и импортного оборудования, в то время как при преобладающей ориентации корпорации в работе на экспорт повышение обменного курса сильно определяет рост рублевой выручки. Несколько неожиданным оказался другой результат – отрицательная зависимость между рентабельностью продаж и объемом экспорта. Можно предположить, что рост объемов экспорта приводил к снижению цены (в иностранной валюте) продаваемой титановой продукции. Однако, например, для рынка США (а это крупнейший рынок для российского экспорта титана) данная зависимость не наблюдается. Таким образом, можно предположить, что влияние изменения величины обменного курса перевешивает влияние всех остальных факторов, влияющих на рентабельность.

## Список литературы

1. **Костыгова Л. А., Ракова Н. Н., Хотинский А. А.** Перспективы развития производства и потребления металлопродукции из титана // Экономика в промышленности. 2009. № 2. С. 17–21.
2. **Александров А. В.** Развитие рынка титана // Титан. 2019. № 1. С. 4–6.
3. **Изотова А. Ю., Гришина О. И., Шавнев А. А.** Композиционные материалы на основе титана, армированные волокнами (обзор) // Тр. ВИАМ. 2017. № 5. С. 42–49.
4. **Каблов Е. Н.** Конструкционные и функциональные материалы – основа экономического и научно-технического развития России // Вопросы материаловедения. 2006. № 1. С. 64–67.
5. **Мастушкин М. Ю., Кусакина Ю. Н., Федорова Л. В.** Развитие титановой отрасли в России как один из технологических факторов обеспечения национальной безопасности // Титан. 2018. № 3. С. 48–57.
6. **Моисеев В. Н.** Титан в России // Металловедение и термическая обработка металлов. 2005. № 8. С. 23–29.
7. **Парфенов О. Г., Пашков Г. Л.** Проблемы современной металлургии титана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.
8. **Тарасов А. В.** Металлургия титана. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003.
9. **Орыщенко А. С., Леонов В. П., Михайлов В. И.** 60 лет по пути создания титановых сплавов для морской техники и энергетики // Титан. 2016. № 4. С. 4–8.
10. **Кусакина Ю. Н., Мастушкин М. Ю., Федорова Л. В.** Комплексные проблемы применения титановых сплавов в базовых технологиях шестого технологического уклада // Титан. 2017. № 4. С. 47–51.
11. **Кусакина Ю. Н., Федорова Л. В.** Применение концепции жизненного цикла производственных технологий при определении перспективных направлений научных исследований титановых сплавов // Титан. 2017. № 3. С. 50–53.
12. **Быховский Л. З., Лапшин А. М., Спорыхина Л. В., Чеботарева О. С.** Реальные, потенциальные и перспективные источники титанового сырья // Титан. 2016. № 3. С. 4–9.
13. **Быховский Л. З., Ремизова Л. И., Чеботарева О. С.** Рудная база титана России: потенциал освоения и развития // Черная металлургия. 2017. № 10. С. 16–22.
14. **Корнилков С. В., Глебов А. В., Пелевин А. Е., Дмитриев А. Н.** Раздельная добыча титановых руд с выделением их технологических типов // Титан. 2017. № 4. С. 8–11.
15. **Газалеева Г. И., Шихов Н. В., Сопина Н. А., Мушкетов А. А.** Современные тенденции переработки титансодержащих руд // Черная металлургия. 2015. № 12. С. 30–36.
16. **Александров А. В.** Особенности современного рынка губчатого титана // Титан. 2016. № 1. С. 47–49.
17. **Zhang L., Wang X., Qu X.** Application Status and Market Analysis of NonAero Titanium in China. *Key Engineering Materials*, 2012, vol. 520, p. 8–14.

18. **Костыгова Л. А.** Кругооборот титана в промышленности РФ // Экономика в промышленности. 2013. № 1. С. 53–57.
19. **Костыгова Л. А.** Соответствие титанового кластера требованиям устойчивого развития отрасли // Экономика в промышленности. 2013. № 4. С. 32–36.
20. **Санников Д. Ю., Костыгова Л. А.** Состояние и перспективы развития аддитивных технологий в производстве титановых изделий // Экономика в промышленности. 2016. № 1. С. 8–11.
21. **Seong S., Younossi O., Goldsmith B. W.** Titanium. Industrial Base, Price Trends, and Technology Initiatives. RAND Corporation, 2009, 128 p.
22. **Тигунов Л. П., Быховский Л. З., Зубков Л. Б.** Титановые руды России: состояние и перспективы освоения // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. М.: Изд-во ВИМС, 2005. № 17.
23. Ситуация на мировом рынке титана // БИКИ. 2008. № 110–111. С. 14–15.

### References

1. **Kostygova L. A., Rakova N. N., Khotinsky A. A.** Prospects for the development of production and consumption of metal products from Titana. *Economics in industry*, 2009, no. 2, p. 17–21. (in Russ.)
2. **Alexandrov A.** Development titan market. *Titan*, 2019, no. 1, p. 4–6. (in Russ.)
3. **Izotova A. Yu., Grishina O. I., Shavnev A. A.** Composite materials based on Titana reinforced with fibers (overview). *Trudy VIAM [Proceedings of VIAM]*, 2017, no. 5, p. 42–49. (in Russ.)
4. **Kablov E. N.** Structural and functional materials are the basis of economic and scientific development of Russia. *Issues of materials science*, 2006, no. 1, p. 64–67. (in Russ.)
5. **Mastushkin M. Yu., Kusakina Yu. N., Fedorova L. V.** The development of the titanium industry in Russia as one of the technological factors for ensuring national security. *Titan*, 2018, no. 3, p. 48–57. (in Russ.)
6. **Moiseev V. N.** Titan in Russia. *Metal science and heat treatment of metals*, 2005, no. 8, p. 23–29. (in Russ.)
7. **Parfenov O. G., Pashkov G. L.** Problems of modern metallurgy Titana. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2008. (in Russ.)
8. **Tarasov A. V.** Metallurgy Titana. Moscow, Akademkniga Publ., 2003. (in Russ.)
9. **Oryshchenko A. P., Leonov V. P., Mikhailov V. I.** 60 years on the way to creating Titan alloys for marine engineering and energy. *Titan*, 2016, no. 4, p. 4–8. (in Russ.)
10. **Kusakina Yu., Mastushkin M., Fedorova L.** Complex problems of titanium alloys application in the basic technologies of the sixth technological structure. *Titan*, 2017, no. 4, p. 47–51. (in Russ.)
11. **Kusakina Yu., Fedorova L.** The concept of life-cycle application for the production technologies in determining advanced areas of titanium alloys research. *Titan*, 2017, no. 3, p. 50–53. (in Russ.)
12. **Bykhovsky L., Lapshin A., Sporykhina L., Chebotareva O.** Actual, potential and prospective sources of titanium raw materials. *Titan*, 2016, no. 3, p. 4–9. (in Russ.)



13. **Bykhovskiy L. Z., Remizova L. I., Chebotareva O. S.** The Ore Base of the Titanium in Russia: the Potential of the Development and Evolution. *Ferrous metallurgy*, 2017, no. 10, p. 16–22. (in Russ.)
14. **Kornilov S., Glebov A., Pelevin A., Dmitriev A.** Separate extraction of titanium ore by allocating their technological types. *Titan*, 2017, no. 4, p. 8–11. (in Russ.)
15. **Gazaleeva G. I., Shikhov N. V., Sopina N. A., Mushketov A. A.** The Modern Trends in Processing the Titanium Containing Ores. *Ferrous metallurgy*, 2015, no. 12, p. 30–36. (in Russ.)
16. **Alexandrov A.** Features of modern titanium sponge market. *Titan*, 2016, no. 1, p. 47–49. (in Russ.)
17. **Zhang L., Wang X., Qu X.** Application Status and Market Analysis of NonAero Titanium in China. *Key Engineering Materials*, 2012, vol. 520, p. 8–14.
18. **Kostygova L. A.** Roundabout Titana in the industry of the Russian Federation. *Economics in industry*, 2013, no. 1, p. 53–57. (in Russ.)
19. **Kostygova L. A.** Compliance of Titan Cluster with the requirements of sustainable development of the industry. *Economics in industry*, 2013, no. 4, p. 32–36. (in Russ.)
20. **Sannikov D. Yu., Kostygova L. A.** State and prospects of development of additive technologies in the production of Titan products. *Economics in industry*, 2016, no. 1, p. 8–11. (in Russ.)
21. **Seong S., Younossi O., Goldsmith B. W.** Titanium. Industrial Base, Price Trends, and Technology Initiatives. RAND Corporation, 2009, 128 p.
22. **Tigunov L. P., Bykhovsky L. Z., Zubkov L. B.** Titan ores of Russia: state and development prospects. In: Mineral raw materials. Geological and economic series. Moscow, Edition of VIMS, 2005. Iss.. 17. (in Russ.)
23. Global Titan Market Situation. *BIKI*, 2008, no. 110–111, p. 14–15. (in Russ.)

Материал поступил в редколлегию 25.08.2020

Принят к печати 13.10.2020

The article was submitted 25.08.2020

Accepted for publication 13.10.2020

### Сведения об авторе

**Соколов Александр Витальевич**, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (Новосибирск, Россия); Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (Новосибирск, Россия)  
alsokolov@ieie.nsc.ru

### Information about the Author

**Aleksandr V. Sokolov**, Candidate of Sciences (Economics), Senior Researcher, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS (Novosibirsk, Russian Federation); Novosibirsk State University (Novosibirsk, Russian Federation)  
alsokolov@ieie.nsc.ru