

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

## МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции  
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,  
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА  
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ**

**Металлургия ғылымы мен өнеркәсібінің мәселелеріне және белгілі  
ғалым металлург, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі,  
Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сыйлығының иегері  
Болат Балтақайұлы Бейсембаевті еске алуға арналған  
«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»  
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның**

**МАТЕРИАЛДАРЫ**

**МАТЕРИАЛЫ**

**Международной научно-практической конференции  
«Эффективные технологии производства цветных, редких и  
благородных металлов», посвященной проблемам металлургической  
науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга,  
члена-корреспондента Академии наук РК,  
лауреата Государственной премии Республики Казахстан  
Булата Балтакаевича Бейсембаева**

**PROCEEDINGS**

**of International scientific and practical conference  
“The Effective Technologies of Non-Ferrous,  
Rare and Precious Metals Manufacturing” devoted to the metallurgy  
science and industry concerns and in memory of well-known scientist  
of metallurgy, Associate Member of the National Academy  
of Sciences of Kazakhstan, the honoree of the State Prize of the  
Republic of Kazakhstan Bulat Baltakayevich Beisembayev**

**Алматы 2018**

**УДК 669**  
**ББК 34.3**  
**Э94**

**Ответственный редактор:** д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К.

**Жауапты редактор:** т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К.

**Редакционный совет:** д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К., д.т.н., проф. Загородняя А.Н., д.т.н. Квятковский С.А., к.т.н. Кульдеев Е.И., к.х.н. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

**Редакциялық алқа:** т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К., т.ғ.д., проф. Загородняя А.Н., т.ғ.д. Квятковский С.А., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., х.ғ.к. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

**«Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов»:** Материалы Межд. научно-практ. конф. / Сост.: к.х.н. Темирова С.С., к.т.н. Кульдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 с.

**«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»:** Халықар. ғыл. практ. конф. материалдары / Құраст.: х.ғ.к. Темирова С.С., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 б.

**ISBN 978-601-323-132-7**

В Материалах конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области металлургии цветных, редких и благородных металлов, обогащения минерального и техногенного сырья, получения высокочистых металлов и перспективных материалов, а также разработки новых и усовершенствования существующих технологических схем, процессов и аппаратов.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов, работающих в области переработки минерального сырья и материаловедения.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары» атты конференцияның материалдарында түсті, сирек және асыл металдар металлургиясы, минералдық және техногенді шикізаттарды байыту, тазалығы жоғары металдар мен келешегі зор материалдарды алу, сонымен қатар жаңа технологиялық схемаларды, үрдістерді және аппараттарды жасап шығару және олардың бұрыннан келе жатқан түрлерін жетілдіру салаларындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Конференция материалдары материалтану және минералды шикізаттарды өңдеу саласында жұмыс жасайтын ғалымдар мен мамандарға арналған.

**УДК 669**  
**ББК 34.3**

**ISBN 978-601-323-132-7**

© АО «ИМиО», 2018

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТИТАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЗАХСТАНЕ

<https://doi.org/10.31643/2018-7.42>

\*Требухов С.А.<sup>1,2</sup>, Ахметова К.Ш.<sup>1</sup>, Ниценко А.В.<sup>1,2</sup>,  
ORCID: 0000-0001-9708-0307 0000-0001-8725-8105 0000-0001-6753-093  
Тулеутай Ф.Х.<sup>1</sup>, Бурабаева Н.М.<sup>1,2</sup>  
0000-0003-0802-283X 0000-0003-2183-2239

<sup>1</sup>АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан, [vohubert@mail.ru](mailto:vohubert@mail.ru);

<sup>2</sup>НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан

**Аннотация.** *Решение проблемы получения кондиционного концентрата диоксида титана из сырьевых источников Казахстана позволит увеличить мощности производства аэрокосмической титановой губки и создать собственное производство востребованного на мировом рынке пигментного диоксида титана. Ключевым узлом разрабатываемой технологии является термохимическое разложение рудных и нерудных минералов ильменитового концентрата, обеспечивающее перевод хрома, фосфора, алюминия, кремния и железа в водорастворимую форму. Разрабатываемую технологию целесообразно апробировать в промышленных условиях проведением балансовых исследований для уточнения расходных коэффициентов, оценки технико-экономической эффективности и составления технологического регламента.*

Титан и его сплавы, обладающие уникальными физико-химическими свойствами (абсолютной прочностью, превосходящей все промышленные металлы; легкостью, лишь в полтора раза уступающей алюминию, но большей в 12 раз твердостью; пластичностью; исключительно высокой коррозионной стойкостью в морской воде и в некоторых агрессивных средах; высокой жароустойчивостью) являются ключевыми, во многих случаях, безальтернативными конструкционными материалами в авиа-, ракето-, машино- и судостроении, атомной энергетике и других стратегических отраслях промышленности [1,2]. Применение титановых сплавов позволило создать уникальные образцы авиакосмической и глубоководной морской техники, обеспечило прорыв во многих отраслях экономики в XX веке. Спектр высокотехнологичных и наукоемких отраслей промышленности, применяющих титан и титановые сплавы, активно расширяется, обеспечивая создание перспективных и высокоэффективных конструкционных материалов нового поколения, способных работать при температурах от -196 до +600 °С.

Аэрокосмическая отрасль является доминирующим потребителем конструкционных титановых изделий, на долю которой приходится практически половина от всего количества потребляемого в мире титана [3].

Мировое производство титановой губки и титановых сплавов аэрокосмического назначения сосредоточилось всего в четырёх странах: России, Казахстане, США и Японии [4].

Лидером потребления титановой губки является Китай. Доля Америки в объёме мирового потребления титановой губки составляет 30 %. Потребление титановых изделий в аэрокосмическом секторе имеет исключительно большое значение в США 60-75 % и Европе 50-60 %. В США самыми крупными потребителями титановой губки являются компании RMI Titanium, которая в недавнем прошлом прекратило своё производство губчатого титана из-за экологической вредности, Axel Johnson, Wyman-Gordon, Titanium Heart Technologies. На европейском рынке основным потребителем является компания Deutsche Titan [5].

Главными поставщиками титановой губки в США являются Япония, Россия и Казахстан. Импорт в США составляет более половины мировой торговли титановой

губки и американские предприятия сильно зависят от импорта из Японии и Казахстана, хотя поставки из Казахстана сокращаются по мере увеличения доли продукции перерабатываемой на месте.

В Японии на гражданский авиакосмический сектор приходится всего 2-3% от 30% общего потребления титана в оборудовании и конструкционных элементах химических заводов. Примерно 20% от общего спроса в Японии приходится на атомную энергетику и на электростанции на твердом топливе, остальная доля приходится на архитектуру, медицину и спорт.

По мнению специалистов, спрос на титановую губку в мире будет расти, поскольку для изготовления массы деталей, узлов, корпусной конструкции новейших моделей самолетов компаний Airbus и Boeing типа Airbus-350 и Boeing-787 требуется в два-три раза больше титановых сплавов, чем для большинства сегодняшних моделей воздушного транспорта [6].

По оценке председателя компании Airbus Industries Джонатана Скоффилда, количество самолетов, используемых в гражданской авиации, к 2019 году вырастет почти в два раза – до 19 тыс., что, естественно, повлечет за собой рост спроса на титановую губку и конструкционные титановые изделия.

В ближайшие 20 лет ожидается, что Индии понадобятся 900 крупных пассажирских авиалайнеров, а Китаю – около 2600 самолетов. Рост спроса на экономичные самолеты приведет к увеличению объемов выпуска широкофюзеляжных самолетов, в которых содержание титана очень высоко 12-15 % от веса самолета, что значительно больше, чем в остальных.

Возрастающее применение титана в производстве корпусов самолетов, согласно прогнозу председателя компании RTI International Metals Inc. Dawne S. Nickton, будет способствовать двукратному росту потребности в нем в течение следующих 10 лет [7].

На Международной конференции «Ti-2016 в СНГ» в Санкт-Петербурге отмечено, что годовое производство губчатого титана в России составляет порядка 40 тыс. т. Выпуск титанового проката примерно 30 тыс. т в год осуществляется рядом производителей, главным из которых бесспорно является Корпорация «ВСМПО-АВИСМА», нарастившая объем реализации титановой продукции в 2017 г. на 14% в натуральном выражении [8]. Это является закономерным результатом мощных инвестиционных вложений Корпорации «ВСМПО-АВИСМА» в модернизацию производства, строительство новых участков, освоение новых технологий за последние десять лет. Кроме того, Корпорация в 2018 г. намеревается нарастить объемы производства всех цехов по всем направлениям на 12,5 %.

Казахстан занимает 3-е место в мире по объему производства востребованной в аэрокосмическом секторе продукции. Конкурентом Корпорации «ВСМПО-АВИСМА» является Усть-Каменогорский титаномагниевый комбинат (АО «УК ТМК») – один из крупнейших вертикально интегрированных мировых производителей титана губчатого марки ТГ-100, с 2010 года – сертифицированных ведущими мировыми компаниями, такими как IMI, Pratt & Whitney, Deutsche Titan, Cezus, титановых слитков и сплавов (сертификаты качества IMI; Deutsche Titan, IMI) [9].

На долю АО «УКТМК» как чистого экспортера титана губчатого приходится примерно 20% мирового объема экспорта титановой губки, при этом доля казахстанского титана на рынке США составляет около 50 %.

Имея лучшее современное технологическое оборудование, УК ТМК производит высокосортную марку титановой губки, превосходящей по техническим параметрам аналогичную продукцию российских производителей, поставляемую на рынки промышленно развитых стран по более высокой цене. Отгрузка продукции комбината производится, в основном, по долгосрочным договорам, конечными потребителями являются известные аэрокосмические фирмы: Боинг, Эйрбас, Ролс-Ройс, Пратт энд Уитни, Дженерал Электрик.

Производственные мощности УК ТМК по выпуску губчатого титана составляют 36 тыс. тонн в год. Однако в настоящее время они не загружены полностью. До недавнего времени комбинат перерабатывал Украинский и Канадский титановый шлак. Благодаря вводу в технологический цикл производства восстановительной руднотермической плавки, комбинат, начиная с 2002 года, приступил к переработке собственного ильменитового концентрата Сатпаевского месторождения вместе с ввозимым из Украины Вольногорским концентратом.

Для наращивания мощностей производства титанового шлака комбинатом в 2017 году завершено строительство второй руднотермической печи. В 2018 году планируется закончить строительство второй обогатительной фабрики по производству ильменитового концентрата на месторождении Сатпаевское. Наряду с этим, ведется активная работа по освоению Обуховского и Шокашского месторождений титан-цирконовых россыпей. Считается, что разрабатываемые комбинатом Сатпаевское, Обуховское и Шокашское месторождения смогут обеспечить его потребности в необходимом сырье более чем на 100 лет.

В 2014 году по заказу АО «УК ТМК» сотрудниками АО «Институт металлургии и обогащения» (АО «ИМиО») проведением балансовых исследований производства титанового шлака, выполненных рудно-термической плавкой 2160 т шихты Вольногорского и Сатпаевского ильменитовых концентратов, определены технологические условия, позволившие увеличить почти на 11 % объем сверхнормативного годового производства титанового шлака по качеству превосходящего технические требования СТ АО 00202028-120, предъявляемые к продукции 1 сорта, без дополнительных энергозатрат за счёт сокращения нормативных затрат: ильменитовых концентратов на 11,5 % и на 8 % антрацита, используемого в качестве восстановителя.

Совместными усилиями с работниками комбината существенно улучшено качество технического тетраоксида титана реализованным новым техническим решением барботажа расплава ванадиевого хлоратора осушенным воздухом (азотом) перед подачей анодного хлоргаза, позволившего сократить содержание в нём ванадия свыше 6,5 раза, хлора в 2,9 раза, твердых взвесей более чем в 1,6 раза и увеличить выход ванадия в технической окситрихлорид ванадия в 16 раз.

Расширение мощностей производства титановых шлаков, ассортимента титановых слитков, сплавов, проката, титановых изделий зависит от объема производства титановой губки и, прежде всего, от необходимых объемов производства высококачественных ильменитовых концентратов.

В настоящее время на обогатительной фабрике ТОО «Тиолайн», переработкой титан-цирконовых россыпей месторождения Обуховское, накоплен большой объём, порядка 4,5 тыс. тонн, не реализуемого ильменитового концентрата из-за несоответствия качества техническим требованиям по причине высокого содержания в нём хрома, придающего титановым сплавам и слиткам хладноломкость [10].

Выполнением проекта в рамках проекта № AP05130348 по грантовому финансированию в АО «ИМиО» разработан эффективный способ твердофазного кондиционирования ильменитового концентрата Обуховского месторождения без дополнительной механоактивации, обеспечивающего получение концентрата диоксида титана, превосходящего по химическому составу Вольногорский и Сатпаевский ильменитовые концентраты и близкого по качеству к титановому шлаку получаемого АО «УК ТМК» (таблицы 1,2).

Таблица 1 – Химический состав ильменитовых концентратов

| Компоненты                     | Содержание, % |             |            |           |
|--------------------------------|---------------|-------------|------------|-----------|
|                                | Вольногорский | Сатпаевский | Обуховский | АО «ИМиО» |
| TiO <sub>2</sub>               | 64,0          | 51,0        | 52,156     | 80,872    |
| FeO                            | 14,6          | –           | –          | –         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | –             | 39,7        | 29,128     | 11,993    |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,6           | 0,2         | 8,033      | 0,636     |
| SiO <sub>2</sub>               | 2,1           | 3,6         | 3,898      | 0,722     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,1           | 0,6         | 2,271      | 0,286     |
| CaO                            | 0,19          | 0,11        | 0,121      | 0,21      |
| MgO                            | 0,63          | 0,30        | 0,705      | 0,19      |
| MnO                            | 1,5           | 2,9         | 1,535      | 0,296     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,29          | 2,9         | 0,218      | 0,013     |
| ZrO <sub>2</sub>               | 0,13          | 0,17        | 1,072      | 1,206     |
| Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,18          | 0,28        | 0,155      | 0,176     |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | –             | –           | 0,192      | 0,135     |
| Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,0058        | 0,005       | –          | –         |
| Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 0,0023        | 0,0023      | –          | –         |
| S                              | <0,020        | <0,020      | 0,008      | 0,017     |

Таблица 2 – Технические требования предприятия к качеству титанового шлака

| Массовая доля, %            | Требования СТ АО 00202028-120 |        |
|-----------------------------|-------------------------------|--------|
|                             | 1 сорт                        | 2 сорт |
| TiO <sub>2</sub> , не менее | 84                            | 79     |
| FeO, не более               | 7                             | 10     |

Совместная с вольногорским и сатпаевским ильменитовыми концентратами или раздельная руднотермическая плавка кондиционного концентрата диоксида титана позволит не только расширить мощности, но и сократить себестоимость производства востребованной на мировом рынке титановой продукции, что является одной из важнейших ключевых задач развития экономики Республики.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Зубков Л.Б. Космический металл. Все о титане. – М.: Наука, – 1987. – 128 с.
- 2 Николаев Г. И. Металл века. – М.: Металлургия. – 1982. – 168 с.
- 3 Панферова Е.А., Струков А.Н., Струкова А.В., Мищенко В.Ю. Методы создания прототипов изделий в аэрокосмической отрасли и применяемое оборудование // Полёт. Общероссийский научно-технический журнал. – 2013. – №7. – С.29-33.
- 4 Бегунов А.И., Бегунов А.А., Кудрявцева Е.В. Физико-химические основы технологий восстановления титана из тетрахлорида // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т.2, – №5. – С.152-160.
- 5 Мировой рынок титана и продукции (проката) / Аналитический обзор: MetalResearch, – 2017. – 112 с.
- 6 Смирнова И.Р. Тенденция развития рынка пассажирских самолётов на примере фирм Боинг и Эрбас // Авиационные системы. – 2015. – №5. – С.50-52.
- 7 Dawne S. Hickton. Application of titanium in the manufacture of aircraft hulls / RTI International Metals, Inc. 9-th Annual Exhibition Biotech Showcase, Jan-09-2017. San Francisco, California, USA. – P.1201-2219.

8 Материалы XIV Международной конференции «Ti-2016 в СНГ» / 29-31 мая 2016 г. Санкт-Петербург. РФ. – С.

9 Костыгова Л.А. Устойчивое развитие титановой отрасли // Экономика в промышленности. – 2012. - №7. – С.20-26.

10 Найманбаев М.А., Уласюк С.М., Смирнов К.М., Онаев М.И., Касымжанов К.К. Исследование состава и технологических свойств ильменитового концентрата с повышенным содержанием хрома // Комплексное использование минерального сырья. - 2016. - №2. - С. 33-39.

## PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF TITANIUM PRODUCTION OF KAZAKHSTAN

**\*Trebukhov S.A.<sup>1,2</sup>, Akhmetova K.Sh.<sup>1</sup>, Nitsenko A.V.<sup>1,2</sup>,**

ORCID: 0000-0001-9708-0307      0000-0001-8725-8105      0000-0001-6753-093

**Tuleutai F.H.<sup>1</sup>, Burabayeva N.M.<sup>1,2</sup>**

0000-0003-0802-283X      0000-0003-2183-2239

<sup>1</sup>“Institute of Metallurgy and Beneficiation” JSC, Almaty, Kazakhstan,  
\*vohubert@mail.ru;

<sup>2</sup>“Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev» NJSC,  
Almaty, Kazakhstan

**Abstract.** Solving the problem of obtaining a certified concentrate of titanium dioxide from raw materials of Kazakhstan will make it possible to increase the production capacities of the aerospace titanium sponge and create its own pigment titanium dioxide production, which is demanded in the world market. The center of the developed technology is the thermochemical decomposition of ore and nonmetallic minerals of ilmenite concentrate, which ensures the transfer of chromium, phosphorus, aluminum, silicon and iron into a water-soluble form. The developed technology is expedient to be tested in industrial conditions by carrying out balance analyses for specification of materials consumption coefficient, an estimation of technical-and-economic efficiency and drafting of technical regulations.