

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

СЕКЦИЯ 2. ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

ПЕРЕРАБОТКА ТИТАНСОДЕРЖАЩИХ РУД С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ЖЕЛЕЗА, ВАНАДИЯ, ТИТАНА

<https://doi.org/10.31643/2018-7.54>

*Дмитриев А.Н.¹, Корнилков С.В.², Витькина Г.Ю.¹, Петухов Р.В.¹, Пелевин А.Е.³
ORCID: 0000-0001-6446-0215 0000-0002-3432-1449 0000-0002-1076-2709 0000-0002-1037-0537 0000-0001-5006-131X

¹ФГБУН Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия,
*andrey.dmitriev@mail.ru;

²ФГБУН Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия;

³ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»,
г. Екатеринбург, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты лабораторных, расчетных и опытно-промышленных исследований по переработке титаносодержащих руд Уральского региона, в частности, Гусевогорского месторождения Качканарской группы месторождений. Также рассмотрены вопросы получения пигментного диоксида титана из концентратов Медведевского месторождения железных руд и Ярегского месторождения лейкоксеновых руд.

К комплексным месторождениям Урала следует отнести титаносодержащие руды (Качканарское, Копанское, Медведевское месторождения). Также необходимо отметить титаносодержащие пески Ярегского месторождения Республики Коми, в этом месторождении содержится около половины всех запасов диоксида титана в России. Из титаносодержащих руд перерабатываются только руды Гусевогорского месторождения с извлечением железа и ванадия.

Как показали наши исследования, отдельная добыча с выделением технологических типов руд – одно из основных направлений повышения эффективности и комплексности эксплуатации железорудных месторождений.

Полученные по предложению Института горного дела УрО РАН (ИГД УрО РАН) от АО «ЕВРАЗ Качканарский горно-обогатительный комбинат» (КачГОК) две пробы железованадиевой руды Гусевогорского месторождения (Качканарская группа месторождений) в Уральском государственном горном университете (УГГУ) подверглись обогащению по обычной схеме КачГОК, получены два концентрата: низкотитанистый и высокотитанистый [1-3]. В лабораторных условиях ИМЕТ УрО РАН получены железорудные окатыши. Также в лабораторных условиях методом восстановления получены чугун и шлак. Методом математического моделирования показана возможность переработки этих концентратов по схеме «доменная – печь конвертер». При этом в доменной плавке низкотитанистого концентрата показатели принципиально не отличаются от существующих в настоящее время на АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» (НТМК). При доменной плавке высокотитанистого концентрата ожидаются технико-экономические показатели, приближающиеся к показателям доменной плавки железорудного концентрата собственно Качканарского месторождения. В частности, содержание TiO_2 в доменном шлаке ожидается на уровне 15% вместо 10% в настоящее время. Такая технология доменной плавки в настоящее время в России не освоена и потребует дополнительных усилий при ее внедрении на НТМК. Лабораторные опыты показали, что переработка высокотитанистого концентрата по схеме «металлизация - электроплавка» приведет к получению шлака с содержанием TiO_2 , недостаточным для его переработки на пигментный диоксид титана или титановую губку. Предложено получение

коллективного концентрата путем смешивания низкотитанистого и высокотитанистого концентратов. При этом содержание Fe в коллективном концентрате будет более высоким по сравнению с концентратом текущего производства, а энергозатраты – более низкими.

Предложенные новые технологии добычи и обогащения титаномагнетитовых руд Гусевогорского месторождения с получением низкотитанистого и высокотитанистого железорудного концентрата позволили предложить новые пирометаллургические технологии переработки этих концентратов по схеме «доменная печь - конвертер» и «металлизация – электроплавка» [4].

Были изучены лабораторные пробы окисленных железорудных окатышей, полученных из высокотитанистого и низкотитанистого концентрата Гусевогорского месторождения. Степень восстановления (восстановимость по ГОСТ 23581.11-79) приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Восстановимость окатышей

Проба	Восстановимость окатышей, доли ед,
Высокотитанистая	0,75
Низкотитанистая	0,98

Результаты исследований прочности окисленных окатышей после низкотемпературного восстановления по ISO 13930 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прочность окатышей, %

Показатель	Высокотитанистая проба	Низкотитанистая проба
LTD _{+6,3}	65,71	69,92
LTD _{-3,15}	12,87	11,39
LTD _{-0,5}	2,17	1,67

Результаты исследования температурного интервала размягчения окисленных окатышей по ГОСТ 17212-84 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Температурный интервал размягчения окатышей

Показатель	Высокотитанистая проба	Низкотитанистая проба
Температура начала размягчения, °С	1210	1180
Температура конца размягчения, °С	1300	1310

Расчетные показатели доменной плавки высокотитанистых окисленных окатышей приведены в таблице 4. Вычисления выполнены с помощью математической модели [5]. Содержание TiO₂ в шлаке составляет 14.82 %, что не должно создать проблем в работе доменной печи.

Таблица 4 – Расчетные показатели доменной плавки окатышей

<i>Состав чугуна, %</i>	<i>Состав шлака, %</i>
Ti – 0,15	CaO – 28,9
C – 4,67	SiO ₂ – 23,7
Fe – 94,38	Al ₂ O ₃ – 17,07
V – 0,54	FeO – 0,61
Mn – 0,13	V ₂ O ₅ – 0,33
Si – 0,07	TiO ₂ – 14,82
Объем доменной печи – 2200 м ³	
Производительность – 7210 т чугуна в сутки	
Расход кокса – 322,5 кг/т чугуна	

В таблице 5 приведены расчетные результаты плавки высокотитанистых металлизированных окатышей в руднотермической печи. Содержание TiO_2 в шлаке составит 22,88 %. Такое содержание недостаточно для производства пигментного диоксида титана или титановой губки. Расчеты выполнены также с помощью математической модели [5].

Как уже было отмечено выше, Медведевское месторождение может служить железорудной базой черной металлургии Российской Федерации.

Таблица 5 – Показатели плавки металлизированных окатышей

<i>Состав металла, %</i>	<i>Состав шлака, %</i>
Ti – 0,05	CaO – 9,64
C – 2,50	SiO ₂ – 21,20
Fe – 96,21	Al ₂ O ₃ – 22,41
V – 0,484	FeO – 7,50
P – 0,03	V ₂ O ₅ – 0,90
Si – 0,7	TiO ₂ – 22,88
Мощность руднотермической печи – 33 МВА	
Производительность – 563,7 тонн металла в сутки	
Расход энергии – 1011,5 кВт·ч/т металла	

В то же время в Институте металлургии УрО РАН показано, что концентраты Медведевского и Копанского месторождений могут служить сырьем для производства высококачественного пигментного диоксида титана [6]. Освоение Медведевского месторождения позволит получать конечные продукты: ильменитовый концентрат (42,5 % TiO_2) и железованадиевый концентрат (60 % Fe, 0,9 % V_2O_5), что позволит освоить производство, тыс. т в год: пигментного диоксида титана – 50, железованадиевого концентрата – 232, титанового проката – 1113.

Также в ИМЕТ УрО РАН разработан способ термической активации лейкоксенового концентрата (Ярегское месторождение нефтенасыщенных титансодержащих песчаников), позволяющий получать пигментный диоксид титана высокого качества сульфатным методом [7]. Этот способ опробован в опытно-промышленных условиях. Качество пигмента характеризуется следующими показателями: белизна 96,0-96,8 усл. ед.; разбеливающая способность 1750-1820 усл.ед.; укрывистость 32,0 г/м²; коэффициент отражения 95,0-96,5 ед.

Способ термической активации проверен также на Медведевских концентратах (белизна 96,4 усл. ед.; разбеливающая способность 1700-1750 усл. ед.) и Кусинских хвостах (белизна 96,2-96,5 усл. ед.; разбеливающая способность 1700-1750 усл. ед.; коэффициент отражения 95,9-96,1 ед.) с получением пигментного диоксида титана высокого качества. Шлак электроплавки ильменитового концентрата также пригоден для получения пигментного диоксида титана, соответствующего по качеству лучшим зарубежным аналогам.

Результаты работы могут быть использованы для разработки технологии переработки титансодержащих руд Республики Казахстан, в частности, Масальского месторождения.

Таким образом, на основе лабораторных, расчетных с помощью математических моделей и опытно-промышленных исследований показана возможность раздельной добычи и переработки титансодержащих руд Уральского региона, в частности, Гусевогорского месторождения Качканарской группы месторождений. Также рассмотрены вопросы получения пигментного диоксида титана из концентратов Медведевского месторождения железных руд и Ярегского месторождения лейкоксеновых руд. Предложенная раздельная технология добычи по типам руд и их переработки позволит предварительно оценивать возможность освоения перспективных месторождений титансодержащих руд с повышенным содержанием диоксида титана.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Уральского отделения Российской академии наук, Междисциплинарный проект № 18-5-2345-56.

ЛИТЕРАТУРА

1 Dmitriev A.N., Vitkina G.Yu., Petukhov R.V., Kornilkov S.V., Pelevin A.E., et al. The Characteristic of Ores and Concentrates of the Open Society “EVRAZ KGOK” // Advanced Materials Research (Volumes 834 - 836). - 2014. - P. 364-369.

2 Dmitriev A.N., Petukhov R.V., Vitkina G.Yu., Chesnokov Yu.A., Kornilkov S.V., Pelevin A.E. The Reduction Processes of the Titaniumcontaining Iron Ores Treatment // Defect and Diffusion Forum (Diffusion in Solids and Liquids XI). - Vol. 369. - Jul. 2016. - P. 6-11.

3 Корнилков С.В., Дмитриев А.Н., Пелевин А.Е., Яковлев А.М. Раздельная переработка руд Гусевогорского месторождения // Горный журнал. - 2016. - №5. - С. 86-90.

4 Dmitriev A.N., Petukhov R.V., Vitkina G.Yu., Chesnokov Yu.A., Kornilkov S.V., Pelevin A.E. The Reduction Processes of the Titaniumcontaining Iron Ores Treatment // Defect and Diffusion Forum (Diffusion in Solids and Liquids XI). - Vol. 369. - Jul. 2016. - P. 6-11.

5 Ченцов А.В., Чесноков Ю.А., Шаврин С.В. Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса. М.: Наука, 1991.

6 Dmitriev A.N., Leontiev L.I. Processing of Pigmentary Titanium Dioxide from Titaniferous Minerals // Journal of Materials Science and Engineering. - В 7 (11-12) (2017). - 268-271.

7 Dmitriev A.N., Leontiev L.I., Shavrin S.V. Development of Technology of Leucoxene Concentrates Processing // Defect and Diffusion Forum (Diffusion in Solids and Liquids X). - Vol. 365. - Jul. 2015. - P.311-316.

PROCESSING OF TITANIFEROUS ORES WITH EXTRACTION OF IRON, VANADIUM, TITANIUM

***Dmitriev A.N.¹, Kornilkov S.V.², Vitkina G.Yu.¹, Petukhov R.V.¹, Pelevin A.E.³**

ORCID: 0000-0001-6446-0215 0000-0002-3432-1449 0000-0002-1076-2709 0000-0002-1037-0537 0000-0001-5006-131X

¹Institute of Metallurgy of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia,
*andrey.dmitriev@mail.ru;

²Institute of Mining of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia;

³Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. *In work results of laboratory, calculated and experimental-industrial researches on processing of titaniferous ores of the Ural region, in particular, the Gusevogorsky deposit of Kachkanarsky group of fields are provided. Questions of production pigmentary titanium dioxide from concentrates of the Medvedevsky deposit of iron ores and the Yaresky deposit of leucoxene ores are also considered.*