

*А. С. ШАМГУНОВ, С. А. КВЯТКОВСКИЙ\*, А. С. СЕМЕНОВА,  
Р. С. СЕЙСЕМБАЕВ, Б. А. ОМИРЗАКОВ*

*АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, \*kvyatkovskiy55@mail.ru*

## ПЛАВКА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ ОКИСЛЕННЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ АКТОГАЙ И БОЩЕКУЛЬ С НИКОЛАЕВСКИМ КОНЦЕНТРАТОМ

В статье приведены результаты плавки смеси руд месторождений Актогай, Бощекуль и николаевского концентрата. Руды имеют следующий химический состав, %: актогайская –  $\text{SiO}_2$  – 64,56;  $\text{CaO}$  – 1,53;  $\text{S}$  – 0,03;  $\text{MgO}$  – 0,0;  $\text{Fe}$  – 1,44;  $\text{Cu}$  – 0,32;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,0; бощекульская –  $\text{SiO}_2$  – 55,2;  $\text{CaO}$  – 0,18;  $\text{S}$  – 0,0;  $\text{MgO}$  – 1,22;  $\text{Fe}$  – 0,0;  $\text{Cu}$  – 1,79;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 17,99. Химический состав николаевского концентрата, %:  $\text{SiO}_2$  – 3,6;  $\text{CaO}$  – 0,91;  $\text{S}$  – 35,17;  $\text{MgO}$  – 1,22;  $\text{Fe}$  – 27,5;  $\text{Cu}$  – 17,5;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,54. Эксперименты проводились в печи СНОЛ в окислительной атмосфере при температуре 1350, 1400 и 1450 °С, соотношение количества руды месторождений Актогай и Бощекуль для каждой температуры менялось как 1:4, 2:3, 3:2, 4:1. Полученные в результате плавки штейны были сданы на химический анализ. Приведены данные о содержании в них меди, железа, серы, цинка, свинца, а также золота и серебра. Полученные шлаки были исследованы с помощью рентгенофлуоресцентного анализа. Анализ полученных результатов проведен компьютерной программой, созданной для расчетов плавки медьсодержащего сырья. При этом показано, что данный состав продуктов плавки может быть получен при степени десульфуризации смеси материалов около 42–45 %. Были отработаны оптимальные составы шихты для плавки, включающие окисленные руды месторождений Актогай и Бощекуль, из которых получены удовлетворительные по составу продукты плавки. Окисленные руды месторождений Актогай и Бощекуль ранее не использовались в качестве кварцсодержащих компонентов в автогенной плавке, несмотря на то, что они являются доступными материалами. Эти руды могут использоваться для плавки на существующих в Казахстане заводах, а также на вновь создаваемых медеплавильных производствах. Проведенные исследования доказывают возможность их полноценного применения в качестве флюсового материала. Результаты исследований необходимы для отработки режимов плавки медных концентратов и окисленных руд месторождений Актогай и Бощекуль в качестве кварцсодержащих компонентов в печи Ванюкова.

**Ключевые слова:** медные руды, окисленные руды, сульфидный медный концентрат, штейн, шлак, флюс, шихта, пирометаллургия.

**Введение.** Задача переработки руд месторождений Актогай и Бощекуль является чрезвычайно важной, поэтому она включена в Комплексный план по развитию горно-металлургической промышленности Республики Казахстан на 2014-2018 годы и Государственную программу индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы. В связи с истощением большинства разведанных и используемых в настоящее время крупных месторождений медных руд, в числе которых Кунрадское, жезказганская группа месторождений, ряд месторождений Восточного Казахстана, Актогайское и Бощекульское месторождения позволят обеспечить сырьем действующие медеплавильные заводы ТОО «Корпорация «Казахмыс» на многие годы вперед. При разработке приповерхностных руд возникает задача переработки окисленной части месторождения, не поддающейся флотационному обогащению. В настоящее время принято решение перерабатывать окисленные или смешанные руды с помощью сернокислотного выщелачивания с последующей очисткой полученных раство-

ров и выделения меди из раствора с помощью электролиза с нерастворимыми катодами (метод SX-EW). Данный метод не обеспечивает высокое извлечение меди при выщелачивании, кроме того, затруднительно извлечь этим методом сульфидную медь, присутствующую в окисленных рудах с увеличением глубины добычи руды. Остаются неизвлеченными также благородные металлы. Для устранения этих недостатков возможно применение пирометаллургической переработки данных руд совместно с медными сульфидными концентратами. В этом случае силикатная основа окисленных руд будет использована в виде флюса, который так или иначе необходим для получения удовлетворительного состава шлаков при плавке медного сульфидного сырья. При использовании окисленных руд в качестве флюса извлечение меди будет не менее 90 %, при этом такие полезные компоненты, как благородные металлы, будут переходить в черновую медь и извлекаться по существующей на медеплавильных предприятиях технологии. Работа посвящена разработке пирометаллургической технологии переработки окисленных руд

месторождения Актогай и Бошекуль, которая может стать альтернативой гидрометаллургическим методам переработки этих руд [1–12].

**Экспериментальная часть и обсуждение полученных результатов.** В ходе исследований проводились работы с окисленными рудами месторождений Актогай и Бошекуль, а также николаевским концентратом. Химический состав указанных компонентов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав руд месторождений Актогай, Бошекуль и николаевского концентрата

Название	Состав, г/т		Химический состав, %						
	Au	Ag	SiO <sub>2</sub>	CaO	S	Fe	Cu	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
Николаевск. конц-т	2,00	103,5	3,60	0,91	35,17	27,50	17,50	1,54	13,78
Актогай	0,00	0,98	64,56	1,53	0,03	1,44	0,32	0,00	32,12
Бошекуль	0,98	2,36	55,20	0,18	0,00	0,00	1,79	17,99	24,84

Данные материалы плавилась в печи СНОЛ при температурах 1350, 1400 и 1450 °С в условиях отсоса отходящих и подачи кислородсодержащих газов. Для каждой температуры составлялись четыре смеси с различным содержанием окисленных руд месторождений Актогай и Бошекуль, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры плавки в печи СНОЛ смеси николаевского концентрата и окисленных руд месторождений Актогай и Бошекуль

Температура, °С	№ пробы	Содержание руды месторождения, г	
		Актогай	Бошекуль
1350	1	0,8	3,2
	2	1,6	2,4
	3	2,4	1,6
	4	3,2	0,8
1400	5	0,8	3,2
	6	1,6	2,4
	7	2,4	1,6
	8	3,2	0,8
1450	9	0,8	3,2
	10	1,6	2,4
	11	2,4	1,6
	12	3,2	0,8

Во всех пробах содержание, г: SiO<sub>2</sub> – 4, Николаевского концентрата – 50

Для каждого варианта смеси (а таких вариантов насчитывается 4 для каждой температуры) рассчитывался состав смеси. В таблице 3 приведен один из таких вариантов.

Таблица 3 – Химический состав смеси руд месторождений Актогай, Бошекуль и николаевского концентрата для смесей № 1, 5, 9

Название	Вес, г	Состав, г/т		Химический состав, %						
		Au	Ag	SiO <sub>2</sub>	CaO	S	Fe	Cu	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
Николаевск. конц-т	50,00	2,00	103,5	3,60	0,91	35,17	27,50	17,50	1,54	13,78
Актогай	0,80	0,00	0,98	64,56	1,53	0,03	1,44	0,32	0,00	32,12
Бошекуль	3,20	0,98	2,36	55,20	0,18	0,00	0,00	1,79	17,99	24,84
SiO <sub>2</sub>	4,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого полученный состав %				13,94	0,82	30,32	23,72	15,189	1,32	13,57

При проведении плавки всех образцов происходило разделение продуктов плавки на штейн и шлак. В таблице 4 приведены составы штейнов, определенных химическим анализом. Номера проб соответствуют номерам, приведенным в таблице 2.

Таблица 4 – Химический состав штейнов, полученных при плавке в печи СНОЛ различных смесей компонентов при различных температурах

N пробы	Состав штейна, г/т		Химический состав штейна, %				
	Au	Ag	Cu	Fe	S	Zn	Pb
1	1,10	151,6	23,5	34,8	27,6	2,8	2,3
2	1,30	150,2	23,6	33,4	27,1	0,7	2,6
3	1,10	152,0	20,7	19,5	26,5	0,7	2,1
4	1,10	152,4	22,9	33,4	26,0	2,1	1,6
5	1,10	150,7	20,0	29,2	27,6	2,1	2,1
6	1,20	153,6	22,8	25,8	28,0	1,4	2,1
7	1,00	157,6	23,9	33,4	27,5	2,8	2,1
8	1,20	154,7	23,9	34,8	27,5	1,8	2,3
9	1,30	160,0	25,1	35,5	26,1	2,1	2,1
10	1,20	156,9	24,4	34,8	23,3	2,1	2,1
11	1,30	158,7	24,4	34,8	27,5	2,1	2,1
12	1,10	162,8	24,8	35,5	26,6	2,1	2,1

Как видно из результатов анализа полученного штейна, содержание меди в нем не слишком велико, однако достаточно для разделения продуктов плавки на штейн и шлак. Если же подобную плавку проводить в промышленных условиях, то, очевидно, что степень окисления расплавленной смеси значительно вырастет, и получаемые штейны будут иметь значительно большее содержание меди. Анализ полученных результатов при помощи компьютерной программы, созданной для рас-

четов плавки медьсодержащего сырья, показал, что данный состав продуктов плавки может быть получен при степени десульфуризации около 42–45%. Ввиду недостаточно высокой степени окисления смеси материалов, количество полученных в ходе плавок шлаков было относительно мало по сравнению с содержанием штейна. Результаты анализа штейнов по золоту и серебру показывают, что серебра в штейне в полтора раза больше, чем в николаевском концентрате - основном носителе драгоценных металлов. Это логично, так как подавляющее количество драгоценных металлов переходит в штейн, однако золота в нем меньше, чем в николаевском концентрате, что говорит о необходимости дополнительных исследований.

Состав полученных шлаков определен рентгенофлюоресцентным анализом и приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Состав шести шлаков, полученных при плавке в печи СНОЛ различных смесей компонентов согласно таблице 2

		№ пробы									
1	2	3	4	5	6						
Элемент, %											
O	36,62	O	38,29	O	39,27	O	35,35	O	47,53	O	43,16
Na	0,528	Na	0,512	Mg	1,496	Na	0,607	Na	0,621	Na	0,516
Mg	1,398	Mg	1,481	Al	5,596	Mg	1,369	Mg	1,944	Mg	1,718
Al	4,754	Al	4,739	Si	19,37	Al	4,285	Al	6,386	Al	6,153
Si	17,24	Si	18,24	P	0,027	Si	17,1	Si	23,52	Si	21,31
P	0,025	P	0,028	S	2,628	P	0,022	P	0,035	P	0,026
S	4,853	S	4,531	K	0,813	S	5,146	S	1,139	S	1,423
K	0,769	K	0,743	Ca	0,972	K	0,735	K	0,89	K	0,843
Ca	1	Ca	0,962	Ti	0,225	Ca	0,842	Ca	1,176	Ca	1,038
Ti	0,239	Ti	0,214	Cr	0,017	Ti	0,171	Ti	0,304	Ti	0,259
Cr	0,021	Cr	0,016	Mn	0,022	Mn	0,024	Cr	0,015	Cr	0,013
Mn	0,039	Mn	0,023	Fe	11,5	Fe	14,64	Mn	0,027	Mn	0,02
Fe	13,64	Fe	12,87	Cu	4,354	Cu	7,136	Fe	9,196	Fe	8,503
Co	0,02	Co	0,024	Zn	2,536	Zn	3,03	Cu	2,449	Cu	2,349
Cu	5,739	Cu	6,13	As	0,021	Sr	0,011	Zn	1,963	Zn	1,775
Zn	2,576	Zn	2,868	Rb	0,004	Zr	0,017	As	0,016	As	0,02
As	0,075	Sr	0,011	Sr	0,012	Mo	0,012	Rb	0,005	Rb	0,004
Rb	0,004	Zr	0,017	Zr	0,023	Sb	0,04	Sr	0,013	Sr	0,011
Sr	0,01	Mo	0,011	Mo	0,01	Ba	0,256	Zr	0,022	Zr	0,022
Zr	0,019	Sb	0,029	Sb	0,031	Pb	1,244	Mo	0,007	Mo	0,007
Mo	0,008	Ba	0,229	Ba	0,226	Bi	0,021	Sb	0,037	Sb	0,03
Sb	0,037	Pb	1,305	Pb	0,896			Ba	0,217	Ba	0,206
Ba	0,267	Bi	0,022	Bi	0,019			Pb	0,921	Pb	0,619
Pb	1,106							Bi	0,018	Bi	0,012
Bi	0,019										

На рисунке 1 приведен рентгенофазовый анализ одного из полученных шлаков. Результаты приводятся по химическим элементам, содержание которых в шлаке превышает 1 %.

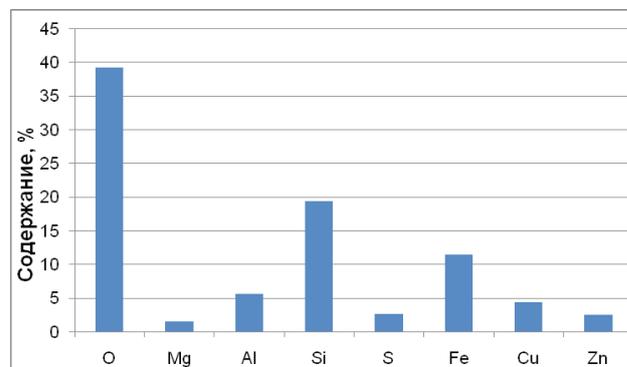


Рисунок 1 – Содержание элементов в шлаке при плавке в печи СНОЛ исходной смеси компонентов № 3 по данным таблицы 2

Окисленные руды месторождений Актогай и Бошекуль ранее не использовались при плавке в качестве кварцсодержащих компонентов, хотя данные материалы обладают доступностью для плавки в печи ПВ на Балхашском медеплавильном заводе (БМЗ), а проведенные исследования доказывают возможность полноценного их применения в качестве доступного сырья. Были отработаны оптимальные составы продуктов шихты для плавки, включающих окисленные руды месторождений Актогай и Бошекуль. В результате расчетов определен оптимальный состав штейна, %: Cu 20 – 25,1; Fe 19,5 - 35,5; S 23,3 - 28,0. Шлак содержит, %: 42 – 59 SiO<sub>2</sub>; 2,5 – 3,5 CaO; 1 – 35 FeO; 4 – 6 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Выводы.** Результаты исследований могут быть использованы для отработки режимов плавки медных концентратов и окисленных руд месторождений Актогай и Бошекуль в качестве кварцсодержащих компонентов в печи ПВ и других агрегатах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Семенова И.Н., Кирпичников И.А. Разработка системы управления температурным режимом плавки в печи Ванюкова // Цветные металлы. – 2009. – № 5. – С. 59-62.
- Беркутов Ю.В. Проблемы автогенных процессов в металлургии меди, никеля и пути их решения // Записки горного института. – 2009. – 182. – С. 146-147.
- Комков А.А., Быстров В.А., Ладыго Е.А. Прогнозирующая модель восстановительного обеднения шлаков в печи Ванюкова // Цветные металлы. – 2008. – № 10. – С. 44-49.
- Тозик В.М., Данилов М.А., Лазарев В.И., Потанцев В.А. Опыт эксплуатации печи Ванюкова в режиме интенсифицированной кислородной плавки // Цветные металлы. – 2008. – № 7. – С. 72-76.
- Бобров В.М., Ситько Е.А. Сульфидирование металлизированных медных штейнов пиритсодержащими материалами

// Мат. 5 Междунар. конф. Инновационные разработки и совершенствование технологий в горно-металлургическом производстве. – Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2009. – Т. 2. – С. 129-131.

6 Галкин С.А., Шариков Ю.В. Математическое моделирование процесса плавки в жидкой ванне и создание модели системы регулирования // Записки горного института. – 2008. – 177. – С. 144-147.

7 Спесивцев А.В., Кадыров Э.Д., Данилова Н.В., Лазарев В.И. Построение математической модели качества штейна при переработке сульфидных медьсодержащих материалов в печи Ванюкова // Вестник СГТУ. – 2008. – № 2. – С. 211-218.

8 Квятковский С.А., Кожухметов С.М., Соколовская Л.В., Шамгунов А.С., Семенова А.С. Переработка шлаков медного производства // Мат. 5 Междунар. конф. «Инновационные разработки и совершенствование технологий в горно-металлургическом производстве». – Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2009. – Т. 2. – С. 110-119.

9 Кожухметов С.М., Оспанов Е.А., Квятковский С.А., Байгуатов Д.И., Бекенов М.С., Камирдинов Г.Ш. Основные направления усовершенствования и повышения эффективности автогенного процесса плавки медных концентратов на ПО «Балхашцветмет» // Мат. 5 Междунар. конф. «Инновационные разработки и совершенствование технологий в горно-металлургическом производстве». – Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 2009. – Т. 2. – С. 106-109.

10 Пат. 2359046 РФ. Способ переработки медных сульфидных материалов на черновую медь / Цымбулов Л.Б., Цемехман Л.Ш., Князев М.В.; опубл. 20.06.2009.

11 Цымбулов Л.Б., Князев М.В., Цемехман Л.Ш. Двухзонная печь Ванюкова. Перспективы применения в цветной металлургии // Цветные металлы. – 2009. – № 9. – С. 36-43.

12 Комков А.А., Камкин Р.И. Математическая модель поведения примесей в условиях восстановительной барботажной обработки медеплавильных шлаков // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. – 2010. – № 1. – С. 24-30.

## REFERENCES

1 Semenova I.N., Kirpichenkov I.A. *Razrabotka sistemy upravleniya temperaturnym rezhimom plavki v pechi Vanyukova* (The development of thermal management system smelting furnace Vanyukov) *Tsvetnyye metally = Non-ferrous metals*. **2009**. 5, 59-62 (in Russ.).

2 Berkutov YU.V. *Problemy avtogennykh protsessov v metallurgii medi, nikelya i puti ikh resheniya* (Problems autogenous processes in metallurgy of copper, nickel and ways and solutions). *Zapiski gornogo instituta. = Notes Mining Institute*. **2009**. 182, 146-147 (in Russ.).

3 Komkov A.A., Bystrov V.A., Ladygo Ye.A. *Prognoziruyushchaya model' vosstanovitel'nogo obedneniya shlakov v pechi Vanyukova* *Tsvetnyye metally = Non-ferrous metals*. **2008**. 10, 44-49 (in Russ.).

4 Tozik V.M., Danilov M.A., Lazarev V.I., Potantsev V.A. *Opyt ekspluatatsii pechi Vanyukova v rezhime intensivirovannoy kislorodnoy plavki* (Operating experience Vanyukov furnace smelting operation intensified oxygen) *Tsvetnyye metally = Non-ferrous metals*. **2008**. 7, 72-76 (in Russ.).

5 Bobrov V.M., Sit'ko Ye.A. *Sul'fidirovaniye metallizirovannykh mednykh shteynov piritsoderzhashchimi materialami* (The sulfidation plated copper matte pyrite-bearing materials) *Mat. 5 Mezhdunar. konf. Innovatsionnyye razrabotki i sovershenstvovaniye tekhnologii v gorno-metallurgicheskom proizvodstve* (Mat. 5 Intern. Conf. Innovative development and improvement of technologies in the mining and metallurgical industry.) *Ust'-Kamenogorsk: VNIItsvetmet*, **2009**. 2, 129-131 (in Russ.).

6 Galkin S.A., Sharikov YU.V. *Matematicheskoye modelirovaniye protsessa plavki v zhidkoy vanne i sozdaniye modeli sistemy regulirovaniya* (Mathematical modeling of the melting process in a liquid bath and the establishment of the control system model) *Zapiski gornogo instituta. = Notes Mining Institute*. **2008**. 177, 144-147 (in Russ.).

7 Spesivtsev A.V., Kadyrov E.D., Danilova N.V., Lazarev V.I. *Postroyeniye matematicheskoy modeli kachestva shtejna pri pererabotke sul'fidnykh med'soderzhashchikh materialov v pechi Vanyukova* (Construction of mathematical models of matte quality of the processing of sulphide copper-containing materials in a furnace Vanyukov) *Vestnik SGTU = Herald SGTU*. **2008**. 2, 211-218 (in Russ.).

8 Kvyatkovskiy S.A., Kozhakhmetov S.M., Sokolovskaya L.V., Shamgunov A.S., Semenova A.S. *Pererabotka shlakov mednogo proizvodstva* (Processing of copper production slag) *Mat. 5 Mezhdunar. konf. Innovatsionnyye razrabotki i sovershenstvovaniye tekhnologii v gorno-metallurgicheskom proizvodstve*. (Mat. 5 Intern. Conf. Innovative development and improvement of technologies in the mining and metallurgical industry.) *Ust'-Kamenogorsk: VNIItsvetmet*, **2009**. 2, 110-119 (in Russ.).

9 Kozhakhmetov S.M., Ospanov Ye.A., Kvyatkovskiy S.A., Bayguatov D.I., Bekenov M.S., Kamiridnov G.SH. *Osnovnye napravleniya usovershenstvovaniya i povysheniya ehffektivnosti avtoгенной protsessy plavki mednykh kontsentratov na PO «Balkhashtsvetmet»* (The main directions of improvement and increase of efficiency of autogenous smelting of copper concentrates to process "Balkhashtsvetmet") *Mat. 5 Mezhdunar. konf. Innovatsionnyye razrabotki i sovershenstvovaniye tekhnologii v gorno-metallurgicheskom proizvodstve*. (Mat. 5 Intern. Conf. Innovative development and improvement of technologies in the mining and metallurgical industry.) – Ust'-Kamenogorsk: VNIItsvetmet, **2009**. 2, 106-109 (in Russ.).

10 Пат. 2359046 РФ. *Sposob pererabotki mednykh sul'fidnykh materialov na chernovuyu med'* (A method of processing copper sulfide materials blister copper). *Tsybulov L.B., Tsemekhman L.SH., Knyazev M.V.* *Opubl.* 20.06.2009. (in Russ.).

11 Tsybulov L.B., Knyazev M.V., Tsemekhman L.SH. *Dvukh-zonnaya pech' Vanyukova. Perspektivy primeneniya v tsvetnoy metallurgii* (Dual zone Vanyukov furnace. Prospects for use in non-ferrous metals) *Tsvetnyye metally = Non-ferrous metals*. **2009**. 9, 36-43 (in Russ.).

12 Komkov A.A., Kamkin R.I. *Matematicheskaya model' povedeniya primesey v usloviyakh vosstanovitel'noy barbotazhnoy obrabotki medeplavil'nykh shlakov* (A mathematical model of the behavior of impurities in a bubble-reducing processing copper slag). *Izvestiya VUZov. Tsvetnaya metallurgiya = Proceedings of the universities. Non-ferrous metallurgy*. **2010**. 1, 24-30 (in Russ.).

## ТҮЙІНДЕМЕ

Мақала Ақтоғай, Бозшакөл және Николаевский кенорындарының тотыққан кен балқымасының нәтижелері келтірілген. Кендер келесідей химиялық құрамнан тұрады, %: Ақтоғай – SiO<sub>2</sub> – 64,56, CaO – 1,53, S – 0,03, MgO – 0,0, Fe – 1,44, Cu – 0,32, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,0; Бозшакөл – SiO<sub>2</sub> – 55,2, CaO – 0,18, S – 0,0, MgO – 1,22, Fe – 0,0, Cu – 1,79, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 17,99, Николаевский концентрат – SiO<sub>2</sub> – 3,6, CaO – 0,91, S – 35,17, MgO – 1,22, Fe – 27,5, Cu – 17,5, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,54. Тәжірибе 1350, 1400 және 1450 °C температура аралығында Ақтоғай және Бозшакөл кенорының кендері мөлшерінің қатынасы әрбір температура үшін 1:4, 2:3, 3:2, 4:1 ретінде өзгеріп отырды. Алынған штейнді балқымалардың нәтижелері химиялық сараптамаға берілді, нәтижесінде құрамында мыс, темір,

күкірт, мырыш, қорғасын сонымен қатар алтын және күміс бар екендігі анықталды. Алынған қождар рентгенфазалық сараптау бойынша зерттелді. Сараптама барысында алынған нәтижелер мысқұрамды шикізатты балқытуға арналған арнайы компьютерлік программамен есептеу барысында десульфуризацияның 42-45% дәрежесінде балқыманың алыну мүмкіндігін көрсетті. Ақтоғай және Бозшакөл кенорындарының тотыққан кендерінен жасалған қождаманы балқыту барысында тиімді қождама құрамы анықталды. Жұмыстың жаңалығы Ақтоғай және Бозшакөл кенорындарының тотыққан кендері қолжетімді материал болғандықтан автогенді балқыту шынытасқұрамдас ретінде қолдану бұрын ұсынылмаған. Берілген анықтамалар Қазақстанда жұмыс жасап жатқан зауыттарда қолдануға мүмкіндік береді, сонымен қатар мысбалқыту өнеркәсіптерінде. Жүргізілген зерттеулер флюстік материал ретінде толықтай қолдануға мүмкіндік береді. Зерттеулер нәтижесі мысты концентратын балқыту және Ақтоғай, Бозшакөл кенорындарының тотыққан кендерін шынытасқұрамдас ретінде Ванюков пештерінде қолданылатын болады.

**Түйін сөздер:** мысты кендер, тотыққан кендер, сульфидті мысты концентрат, штейн, қож, қоспа, пирометаллургия.

#### SUMMARY

In the article the results of the smelting mixtures of Aktogay and Boschekul ore deposits, and Nicholaev concentrate are given. Ores have the following chemical composition, %: Aktogay -  $\text{SiO}_2$  – 64,56;  $\text{CaO}$  – 1,53;  $\text{S}$  – 0,03;  $\text{MgO}$  – 0,0;  $\text{Fe}$  – 1,44;  $\text{Cu}$  – 0,32;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,0; Boschekul -  $\text{SiO}_2$  – 55,2;  $\text{CaO}$  – 0,18;  $\text{S}$  – 0,0;  $\text{MgO}$  – 1,22;  $\text{Fe}$  – 0,0;  $\text{Cu}$  – 1,79;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 17,99. Chemical composition of Nicholaev concentrate, %:  $\text{SiO}_2$  – 3,6;  $\text{CaO}$  – 0,91;  $\text{S}$  – 35,17;  $\text{MgO}$  – 1,22;  $\text{Fe}$  – 27,5;  $\text{Cu}$  – 17,5;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,54. The experiments were performed in furnace SNOL in oxidizing atmosphere at 1350, 1400 and 1450 ° C, the ratio of ores of deposits Aktogay and Boschekul for each temperature was 1:4, 2:3, 3:2, 4:1. The resulting smelting mattes' chemical composition were analyzed, data on content wherein copper, iron, sulfur, zinc, lead, gold and silver were presented. The resulting slags were examined by X-ray analysis. The analysis of results, conducted by a computer program created for smelting copper raw material calculations, showed that the composition of the products can be obtained at degree of desulfurization about 42–45 %. Optimal compositions of the charge for smelting, including Aktogay and Boschekul oxide ores, have been worked out. Acceptable by chemical composition smelting products have been obtained. Oxide ores of Aktogay and Boschekul were not used as quartz-flux components in the autogenous smelting despite the fact that these materials are accessible. These ores have the availability to smelt at existing plants in Kazakhstan, as well as newly created copper plants. Studies have proven the ability to use them as flux material. The research results are necessary for testing regimes of smelting of copper concentrates and oxidized ores of Aktogay and Boschekul as quartz-flux components in the Vanyukov smelting furnace.

**Key words:** copper ore, oxidized ore, sulfide copper concentrate, matte, slag, flux, furnace charge, pyrometallurgy.

*Поступила 29.08.2016.*