

С. В. ГЛАДЫШЕВ, Р. А. АБДУЛВАЛИЕВ, Б. К. КЕНЖАЛИЕВ,
С. Б. ДЮСЕНОВА, Л. М. ИМАНГАЛИЕВА*

*Институт металлургии и обогащения, КазНИТУ имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,
e-mail: leila.imangalieva@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ХРОМИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ

Резюме. В статье приведены результаты исследований переработки техногенных отходов - шламовых хвостов обогащения хромитовой руды Донского горно-обогатительного комбината Республики Казахстан. Разработана технология получения хромитового концентрата методом химического обогащения и центробежной сепарации. Технология включает операции предварительной активации хромитсодержащих шламов в растворе гидрокарбоната натрия, выщелачивание в растворе гидросульфата аммония и гравитационное обогащение на центробежном сепараторе. Проведение операции предварительной активации необходимо для повышения степени обогащения хромитсодержащих шламов при выщелачивании за счет удаления сопутствующих элементов – магния, кремния, железа. В проведенных исследованиях при выборе реагента для выщелачивания шламовых хвостов наилучшие результаты получены при использовании 30 % раствора NH_4HSO_4 . Из данных рентгенофазового и химического анализов следует, что при выщелачивании шламовых хвостов, порообразующие минералы растворяются, и в раствор переходят металлы, а в кеке – черновом концентрате остаются хромит и хромсодержащие минералы, коалинит и аморфный кремнезем. При обогащении черного концентрата на центробежном сепараторе KNELSON получен хромитовый концентрат, состоящий из минерала хромита – $(\text{Fe}_{0,194}\text{Mg}_{0,834})(\text{Cr}_{0,723}\text{Al}_{0,24})_2\text{O}_4$ с содержанием Cr_2O_3 59,2 % при извлечении Cr_2O_3 в концентрат 86,8 %. Разработка технологии переработки хромитсодержащих шламов позволит не только решить экологическую проблему, но и увеличить выпуск хромитового концентрата.

Ключевые слова: шламовые хвосты, активация, гидросульфат аммония, центробежный сепаратор, хромитовый концентрат

Введение. Переработка накопленных и вновь образующихся техногенных отходов, в том числе хромитсодержащих шламов, является актуальной задачей современности.

Важность решения задачи вовлечения в переработку отходов металлургического производства и продуктов обогащения связана не только с экологией, но и потребностью увеличения производства хрома. С 2005 по 2012 годы мировой объем производства хрома, по данным Международной ассоциации по развитию хромовой промышленности «The International Chromium Development Association» (ICDA), увеличился примерно с 18 млн. тонн до 24 млн. тонн [1-3].

Предприятием, осуществляющим добычу и обогащение хромового сырья в Казахстане, является Донской ГОК. Гравитационная технология обогащения хромовой руды позволяет получать хромовый концентрат из крупных и средних фракций, а мелкодисперсный шлам практически не обогащается из-за трудности разделения сложных минералов на хромовые концентраты и пустую породу [4-11].

Цель работы – разработка технологии переработки мелкодисперсных хромитсодержащих

шламовых хвостов обогащения с получением хромитового концентрата.

Экспериментальная часть. В качестве исходного материала использовали пробу шламовых хвостов обогащения хромитовых руд обогатительной фабрики Донского горно-обогатительного комбината Республики Казахстан.

Химический состав проб определяли химическим методом анализа с использованием атомно-абсорбционного спектрофотометра 180-50 фирмы «Hitachi», оптически-эмиссионного спектрометра Optima 2000 DV с индукционно-связанной плазмой фирмы «Perkin Elmer SCIEX», а также гравиметрическим, пламенно-фотометрическим, фотометрическим и титриметрическими методами анализа.

Минералогический анализ проб проводили на микроскопе МИН-8 при $\times 320$, а также на микроскопе OLYMPUS при $\times 200$, $\times 400$ в проходящем свете в иммерсионной среде и в полированных шлифах в отраженном свете на инвертированном микроскопе Leica. Микрофотографии проб в отраженном свете получены при $\times 300$ на инвертированном микроскопе Leica, в проходящем свете на микроскопе OLYMPUS при $\times 200$, $\times 400$ с помощью программы Stream Basic R.

Термический анализ шлама был проведен с использованием синхронного термического анализатора STA 449 F3 Jupiter. Перед нагревом из печного пространства откачивался воздух и затем оно продувалось инертным газом. Нагрев проб осуществлялся со скоростью 10 °С/мин, в атмосфере высокоочищенного аргона. Объем поступающего газа варьировался в зависимости от химического состава пробы и выдерживался в пределах 80-90 см³/мин. Охлаждение велось до 300 °С со скоростью 15 °С/мин. Обработка результатов, полученных с помощью STA 449 F3 Jupiter, производилась посредством программного обеспечения NETZSCHProteus.

Для активации и выщелачивания шлама использованы следующие реагенты: раствор гидрокарбоната натрия (NaHCO₃) с концентрацией 120 г/дм³; раствор гидросульфата аммония (NH₄HSO₄) с концентрацией 30,0 %, раствор 5 % H₂SO₄ и раствор, состоящий из 30 % NH₄HSO₄ + 1 % H₂O₂.

Активацию шлама проводили при температуре 120 °С в течение 90 мин. Выщелачивание шлама проводили при температуре 95–100 °С в течение 60 мин. Гравитационное обогащение кеков выщелачивания проводили на центробежном сепараторе KNELSON.

Результаты и их обсуждение. Химический и рентгенофазовый состав пробы шламовых хвостов Донского ГОКа приведены в таблицах 1 и 2.

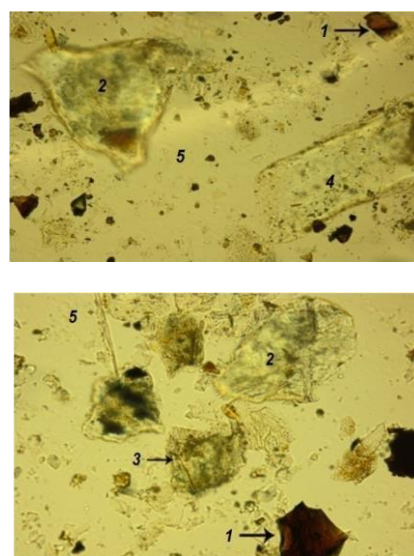
Таблица 1 – Химический состав пробы шламовых хвостов

Наименование	Содержание, %	Наименование	Содержание, %
Cr ₂ O ₃	25,47	NiO	0,355
Fe ₂ O ₃	9,1	CuO	0,01
SiO ₂	21,53	PbO	0,053
Al ₂ O ₃	1,51	As ₂ O ₃	0,033
H ₂ O (связанная)	7,8	Sb ₂ O ₃	0,273
CaO	0,75	K ₂ O	0,12
MgO	29,4	Na ₂ O	0,06
MnO ₂	0,053	P ₂ O ₅	0,018
SO ₃	0,5	CO ₂	< 0,72
ZnO	1,537	п.п.	0,681
Co ₃ O ₄	0,027		

Таблица 2 – Фазовый состав пробы шламовых хвостов

Наименование	Формула	%
Хромит	(Fe _{0,194} Mg _{0,834})(Cr _{0,723} Al _{0,24}) ₂ O ₄	43,3
Хризотил	3MgO·2SiO ₂ ·2H ₂ O	39,2
Шпинель	MgFeAlO ₄	10,7
Клинохлор	Mg ₆ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₈	5,1
Бровнмиллерит	Fe _{1,33} Al _{0,67} Ca ₂ O ₅	1,7

Результаты минералогического анализа проб отражены на снимках, представленных на рисунке 1.



1-шунгит, 2 – шпинель смесь минералов и группы хлоритов; 3 – алюмо-магнезиальная шпинель; 4 – хризотил; 5 – иммерсионная среда

Рисунок 1 – Минералогический состав пробы шламовых хвостов

Шпинель минералов группы хлоритов представлена шамозитом (Fe, Mg, Al)(Si,Al)₄O₁₀(OH)₈ - пластинчатые зерна желто-зеленого цвета с плеохроизмом (плеохроизм от зеленого до светло-желтого).

Алюмо-магнезиальная шпинель - Fe, Mg, Al, Cr - зерна от буро-коричневого до красновато-коричневого цвета, изотропные, излом раковистый.

Хризотил – 3MgO·2SiO₂·2H₂O – анизотропные бесцветные зерна с волокнистой структурой. Оптически двуосный отрицательный 2V(-), с показателем преломления N~1,550.

Результаты термического анализа пробы шламовых хвостов представлены на рисунке 2.

Наиболее интенсивный эффект на кривой ДТА – эндотермический, с максимальным развитием при 680 °С, сопровождается снижением массы навески. В сочетании с экзотермическими пиками при 805 °С и 1160 °С этот эффект может отражать проявление серпентина. При 680 °С происходит разрушение структуры минерала с одновременным удалением группы OH⁻, образование новых минеральных фаз – кристаллического форстерита и рентгеноаморфного энстатита. Экзотермический пик при 805 °С отражает упорядочение структуры форстерита, а пик при 1160 °С – кристаллизацию рентгеноаморфного энстатита.

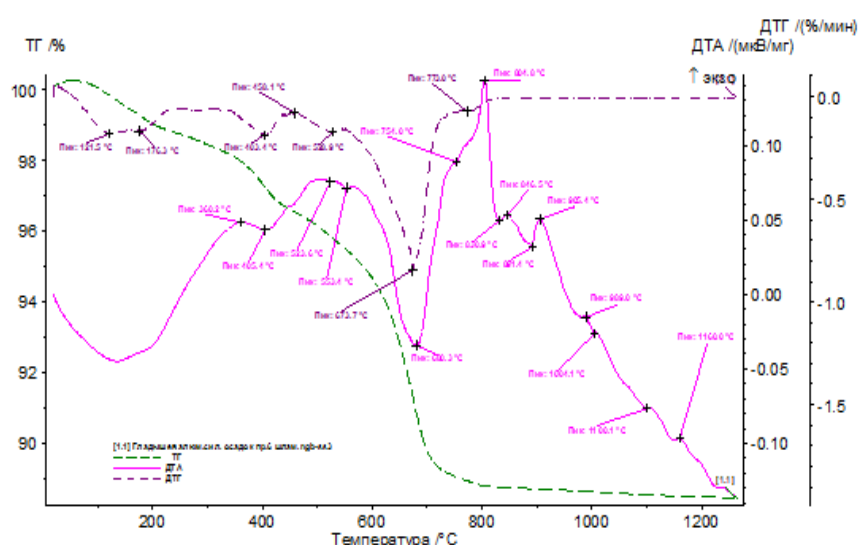


Рисунок 2 – Термограмма пробы шламовых хвостов

Минимум при 403 °С на кривой ДТГ может быть проявлением дегидратации гидроксидов железа, магния и оксигидроксида хрома. Слабый максимум на этой же кривой при 458 °С может отражать окисление двухвалентного железа в магнетите или хромите остаточным кислородом. Сочетание эндотермического эффекта с экстремумом при 680 °С, эндотермического эффекта с экстремумом при 831 °С и экзотермического эффекта при 847 °С можно трактовать как проявление какого-либо магниезиального хлорита – пеннина, кеммерерита, клинохлора. Сочетание экзотермического эффекта с пиком при 360 °С, эндотермических эффектов с экстремумами при 680 °С и 745 °С, экзотермического эффекта с пиком при 905 °С, возможно, отражает наличие в пробе минерала маргарит – $\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$. При 360 °С происходит окисление примеси закисного железа, при 680 °С и 745 °С - удаление гидроксильной воды и разрушение решетки, при 905 °С идет кристаллизация продуктов распада.

Известно [12], что нагревание хлорита до температур, превышающих температуру экзотермического эффекта, приводит к образованию шпинелей. В работе [13] приводятся сведения о том, что после дегидратации нескольких гидроксидов образуется твердый раствор шпинелидов. Процесс отображается на термограмме экзотермическим эффектом. Основываясь на этих данных, можно предположить, что экзотермические эффекты, кроме вышеописанных процессов, отражают еще и реакции образования твердых растворов хромшпинелидов из продуктов дегидратации фазовых составляющих изучаемой пробы.

Переработку шламовых хвостов проводили с получением хромитового концентрата, по технологии включающей предварительную активацию в растворе гидрокарбоната натрия, выщелачивание в регенерируемом растворе гидросульфата аммония (NH_4HSO_4) и гравитационное обогащение на центробежном сепараторе [14, 15].

Таблица 3 – Кек от выщелачивания шламовых хвостов

Наименование	Cr_2O_3		Fe_2O_3		MgO		SiO_2		Al_2O_3		Выход кека, %
	%	$\epsilon, \%*$	%	$\epsilon, \%$	%	$\epsilon, \%$	%	$\epsilon, \%$	%	$\epsilon, \%$	
Исходный шлам	25,47	100	10,5	100	30,0	100	22,7	100	2,74	100	
Кек от выщелачивания в 5 % H_2SO_4	32,1	94,4	9,94	71,0	18,8	47,0	30,7	100	3,04	83,2	75,0
Кек от выщелачивания в 30 % NH_4HSO_4	38,4	98,8	9,25	67,7	7,08	15,5	34,0	98,1	4,56	100,0	65,5
Кек от выщелачивания в 30 % $\text{NH}_4\text{HSO}_4 + 1 \% \text{H}_2\text{O}_2$	36,9	97,5	7,47	47,7	8,07	18,0	28,6	84,6	3,2	78,4	67,1

$\epsilon, \%*$ - извлечение компонента в кек (черновой концентрат)

Проведение операции предварительной активации необходимо для повышения степени обогащения хромитсодержащих шламов при выщелачивании за счет удаления сопутствующих элементов – магния, кремния, железа.

Полученные результаты выщелачивания в растворах гидросульфата аммония, серной кислоты и смеси гидросульфата аммония с перекисью водорода приведены в таблице 3.

Наилучшие результаты получены при использовании раствора, содержащего 30 % NH_4HSO_4 , в этом случае содержание хрома в кеке (черновом хромитовом концентрате) составило 38,4 % Cr_2O_3 при выходе кека 65,5 % от массы исходных шламовых хвостов.

Для регенерации раствора гидросульфата аммония был использован известный способ [12] термического разложения сульфата аммония на гидросульфат и аммиак по реакции (1):



Кеки выщелачивания направляли на центробежную сепарацию.

В результате сепарации кеков получены хромитовые концентраты с содержанием, мас %:

- из кека после выщелачивания в растворе (30 % NH_4HSO_4 + 1 % H_2O_2) – 53,4 Cr_2O_3 ; 9,8 MgO ; 19,1 SiO_2 ; 13,1 Fe_2O_3 ; 4,1 Al_2O_3 ; 0,14 CaO . Выход концентрата составил 32,4 % от массы исходного шлама. Извлечение Cr_2O_3 в концентрат составило 76,2 %;

- из кека после выщелачивания в растворе 5 % H_2SO_4 – 42,6 Cr_2O_3 ; 18,7 MgO ; 23,0 SiO_2 ; 11,0 Fe_2O_3 ; 3,67 Al_2O_3 ; 0,2 CaO . Выход концентрата составил 36,9 % от массы исходного шлама. Извлечение Cr_2O_3 в концентрат составило 72,7 %;

- из кека после выщелачивания в растворе 30 % NH_4HSO_4 – 59,2 Cr_2O_3 ; 9,1 MgO ; 12,4 SiO_2 ; 13,05 Fe_2O_3 ; 4,63 Al_2O_3 ; 0,21 CaO . Выход концентрата составил 32,9 % от массы исходного шлама. Извлечение Cr_2O_3 в концентрат составило 86,8 %.

Рентгенофазовый анализ продуктов обогащения кека после выщелачивания шлама в растворе 30 % NH_4HSO_4 представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Фазовый состав хвостов обогащения кека после выщелачивания шлама в растворе 30 % NH_4HSO_4

Наименование	Формула	%
Каолинит	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	44,9
Клинохлор	$(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_6(\text{Si}, \text{Cr})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	44,5
Хромит	$(\text{Fe}_{0,194}\text{Mg}_{0,834})(\text{Cr}_{0,723}\text{Al}_{0,24})_2\text{O}_4$	10,6

Рентгенофазовый анализ полученного хромитового концентрата показал наличие 100 % фазы хромита - $(\text{Fe}_{0,194}\text{Mg}_{0,834})(\text{Cr}_{0,723}\text{Al}_{0,24})_2\text{O}_4$.

В результате исследований получено, что при выщелачивании шламовых хвостов 30 % раствором гидросульфата аммония в кеке – черновом концентрате остаются хромит и хромсодержащие минералы, каолинит и аморфный кремнезем.

При обогащении черного концентрата на центробежном сепараторе KNELSON получен хромитовый концентрат, состоящий из минерала хромита - $(\text{Fe}_{0,194}\text{Mg}_{0,834})(\text{Cr}_{0,723}\text{Al}_{0,24})_2\text{O}_4$.

Выводы. Основными фазами хромитсодержащего шлама обогащения являются хромит $(\text{Fe}_{0,194}\text{Mg}_{0,834})(\text{Cr}_{0,723}\text{Al}_{0,24})_2\text{O}_4$ с содержанием Cr_2O_3 25,47 %, хризотил $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, шпинель MgFeAlO_4 и клинохлор $\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$.

В результате переработки хромитсодержащих шламовых хвостов обогащения по технологии, включающей операции предварительной активации в растворе гидрокарбоната натрия, выщелачивания в растворе гидросульфата аммония и гравитационного обогащения на центробежном сепараторе получен хромитовый концентрат с содержанием Cr_2O_3 59,2 %, при извлечении Cr_2O_3 в концентрат 86,8 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ибраев И.И., Ибраева О.Т., Суюндинов М.М. Утилизация хромсодержащих шламов // *Металлург.* – 2012. – № 10. – С. 28–30.
- 2 Леонтьев Л.И., Шешуков О.Ю., Некрасов И.В. Анализ, переработка и использование техногенных отходов металлургического производства // *Комплексное использование минерального сырья.* – 2014. – № 4. – С. 8-25.
- 3 Блайда И.А., Васильева Т.В., Баранов В.И. Использование биогидрометаллургических технологий в решении проблем утилизации техногенных отходов с получением ценных металлов // *Комплексное использование минерального сырья.* – 2015. – № 3. – С. 75-82.
- 4 Вышегородский Д. Российский хром // *Уральский рынок металлов* 9. [Электронный ресурс] – 2015. – URL: <http://www.urm.ru/ru/75-journal117-article1480> (дата обращения: 11.05.2016).
- 5 Уманский А.Б., Ключников А.М. Гидрометаллургическая переработка отвалов серпентина с выделением никелевого концентрата // *Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов: тр. междунар. конгр.* – Екатеринбург, Россия, 2012. – С. 419.
- 6 Gul Akar Sen. Application of Full Factorial Experimental Design and Response Surface Methodology for Chromite Benefication by Knelson Concentrator // *Minerals.* – 2016. – V. 6 (1). – P. 5. DOI:10.3390/min6010005.
- 7 Kumar, C.R.; Tripathy, S.K.; Rao, D.S. Characterisation and pre-concentration of chromite values from plant tailings using float-ex density separator // *J. Miner. Mater. Charact. Eng.* – 2009. – № 8. – P. 367–378. DOI: 10.4236/jmmce.2009.85033.

8 Tripathy, S.K.; Ramamurthy, Y.; Singh, V. Recovery of chromite values from plant tailings by gravity concentration // *J. Miner. Mater. Charact. Eng.* – 2011. – № 10. – P. 13–25. DOI: 10.4236/jmmce.2011.101002.

9 Tripathy, S.K.; Banerjee, P.K.; Suresh, N. Magnetic separation studies on ferruginous chromite fine to enhance Cr: Fe ratio // *Int. J. Miner. Metall. Mater.* – 2015. – № 22. – P. 217–224. DOI:10.1007/s12613-015-1064-4.

10 Ерёмин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. М.: Академкнига, – 2007. – С. 464.

11 Давренбеков С.Ж. Рентгенографический анализ хромитов $\text{LnMe}^{\text{I}}\text{Cr}_2\text{O}_5$ и $\text{LnMe}^{\text{II}}\text{Cr}_2\text{O}_{5,5}$ (Ln – La, Nd, Gd, M^I-щелочные, M^{II}-щелочноземельные металлы) // Комплексное использование минерального сырья. – 2010. - № 2. – С. 11–14.

12 Иванова В.П. Термический анализ минералов и горных пород. – Л.: Недра, – 1974. – С. 325.

13 Чалый В.П. Гидроокиси металлов. – Киев: Наукова думка, 1972. – С. 160.

14 Патент 32333 РК. Способ подготовки алюмосиликатного сырья перед выщелачиванием / Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Позмогов В.А., Имангалиева Л.М.; опубл. 31.08.2017. Бюл. № 16.

15 Абдулвалиев Р. А., Абдыкирова Г. Ж., Дюсенова С. Б., Имангалиева Л. М. Обогащение хромитсодержащих шламов // Обогащение руд. – 2017. – № 6. – С. 15–19. DOI: 10.17580/or.2017.06.03.

REFERENCES

1 Ibrayev I.I. Ibrayeva O.T. Suyundinov M.M. *Utilizatsiya khromsoderzhashchikh shlamov* (Utilization of chrome-containing sludges). *Metallurg = Metallurgist.* **2012.** 10, 28–30. (in Russ.).

2 Leontyev LI, Sheshukov O.Yu., Nekrasov I.V. *Analiz, pererabotka i ispol'zovanie technogennykh otkhodov metallurgicheskogo proizvodstva* (Analysis and processing of metallurgical waste) *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral resources.* **2014.** 4. 8-25. (in Russ.).

3 Blajda IA, Vasil'eva T.V, Baranov V.I. *Ispol'zovanie biogidrometallurgicheskikh tekhnologiy v reshenii problem utilizatsii tekhnogennykh otkhodov s polucheniem tsennykh metallov* (Use of bio-hydrometallurgical technologies for solving problems of production waste recycling with valuable metals obtaining) *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral resources.* **2015.** 3.75-82. (in Russ.).

4 Vyshegorodskiy D. *Rossiyskiy khrom* (Russian chromium). *Ural'skiy rynek metallov = The Urals Metals Market.* [Electron resource]. **2015.** 9. URL: <http://www.urm.ru/ru/75-journal-117-article-1480> (date of access 11.05.2016). (in Russ.).

5 Umanskiy A.B. Klyushnikov A.M. *Gidrometallurgicheskaya pererabotka otvalov serpentina s vydeleniem nikelovogo kontsentrata* (Hydrometallurgical processing of serpentine with extraction of nickel concentrate). *Fundamental'nye osnovy eknologiy pererabotki i utilizatsii tekhnogennykh otkhodov: Trudy Mezhdunar. Kongressa* (Fundamental base of technology for processing and recycling of technogenic waste: proceedings of the Internation. congress). Ekaterinburg, Russia, **2012.** 419. (in Russ.).

6 Gul Akar Sen. Application of Full Factorial Experimental Design and Response Surface Methodology for Chromite Benefication by Knelson Concentrator. *Minerals.* **2016.** 6(1), 5. DOI:10.3390/min6010005. (in Eng.)

7 Kumar, C.R.; Tripathy, S.K.; Rao, D.S. Characterisation and pre-concentration of chromite values from plant tailings using floatex density separator. *Miner. Mater. Charact. Eng.* **2009.** 8, 367–378. DOI: 10.4236/jmmce.2009.85033. (in Eng.).

8 Tripathy, S.K.; Ramamurthy, Y.; Singh, V. Recovery of chromite values from plant tailings by gravity concentration. *Miner. Mater. Charact. Eng.* **2011.** 10, 13–25. DOI: 10.4236/jmmce.2011.101002. (in Eng.).

9 Tripathy, S.K.; Banerjee, P.K.; Suresh, N. Magnetic separation studies on ferruginous chromite fine to enhance Cr: Fe ratio. *Int.J. Miner. Metall. Mater.* **2015.** 22, 217–224. DOI:10.1007/s12613-015-1064-4. (in Eng.)

10 Eremin N.I. *Nemetallicheskie poleznye iskopaemye* (Non-metallic minerals). Moscow: Akademkniga, **2007.** 464 (in Russ.).

11 Davrenbekov S.Zh. *Rentgenigraficheskij analiz LnMe^ICr₂O₅ LnMe^{II}Cr₂O_{5,5}(Ln – La, Nd, Gd, M^I-shchelochnye, M^{II}-shchelochnozemel'nye metally)* (X-ray diffraction of chromites $\text{Me}^{\text{I}}\text{Cr}_2\text{O}_5$ and $\text{LnMe}^{\text{II}}\text{Cr}_2\text{O}_{5,5}$ (Ln – La, Nd, Gd; M^I-alkaline, M^{II}-alkali-earth metals). *Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya = Complex use of mineral resources.* **2010.** 2. 11 – 14. (in Russ.).

12 Ivanova V.P. *Termicheskij analiz mineralov i gornykh porod* (Thermal analysis of minerals and rocks). Leningrad: Nedra, **1974.** 325. (in Russ.).

13 Chalyj V.P. *Gidrookisi metallov* (Metals hydroxides). Kiev: Naukovadumka, **1972.** 160. (in Russ.).

14 Pat. 32333 RK. *Sposob podgotovki alyumosilikatnogo syr'ya pered vyshchelachivaniem* (A method for preparing aluminosilicate raw materials before leaching) / Abdulvaliyev R.A., Gladyshev S.V., Pozmogov V.A., Imangaliyeva L.M. Opubl. 31.09.2017, 16. (in Russ.).

15 Abdulvaliyev R.A., Abdykirova G.ZH., Dyusenova S.B., Imangaliyeva L.M. *Obogashchenie khromitsoderzhashchikh shlamov* (Enrichment of chromite-containing sludge) *Obogashchenie rud = Ore Benefication.* **2017.** 6, 15–19. DOI: 10.17580/or.2017.06.03. (in Russ.).

ТҮЙІНДЕМЕ

Техногенді қалдықтарды – Қазақстан Республикасының Дондық тау-кен байыту комбинатының (Дондық ТКБК) хромитті кенін байытқандағы шлам қалдықтарын қайта өңдеудің зерттеу нәтижелері келтірілген. Орталықтан тепкіш бөлгіші және химиялық байыту арқылы хром концентратын алудың технологиясы жасалынды. Бұл технология құрамында хром бар қалдықтарды гидроксид натрий ерітіндісінде алдын ала белсендіруді, аммонийдің бисульфат ерітіндісінде шаймалау және орталық тепкіш бөлгішінде гравитациялық байытуды қамтиды. Алдын ала белсендіру үрдісін жүргізу – шаймалау кезінде қосымша элементтердің (магний, кремний, темір) жойылу есебінен, құрамында хром бар қалдықтарды байыту дәрежесін жоғарылату үшін керек. Жүргізілген зерттеу жұмыстарында шлам қалдықтарын шаймалау үшін реагентті таңдағанда – 30 % NH_4HSO_4 ерітіндісін қолданғанда өте жақсы нәтижелер алынды. Рентгенфазалы және химиялық талдаулар нәтижесінен шлам қалдықтарын шаймалағанда жыныстар түзегіш минералдар негізінен ерітіндіге өтеді, ал кекте – алғашқы концентратта хромит және хромитті минералдар, каолин, аморфты кремний диоксиді қалатынын көруге болады. KNELSON ортадан тепкіш бөлгішінде алғашқы концентратты байытқанда хромит минералынан тұратын – $(\text{Fe}_{0,194}\text{Mg}_{0,834})(\text{Cr}_{0,723}\text{Al}_{0,24})_2\text{O}_4$ құрамындағы Cr_2O_3 – 59,2 % – хромитті концентрат алынды. Cr_2O_3 концентратқа алынуы 86,8 %. Хром қалдықтарын өңдеу технологиясын жасау экологиялық мәселелерді шешіп қана қоймай, сонымен қатар хром концентратының шығысын арттырады.

Түйін сөздер: шлам қалдықтары, белсендіру, аммоний бисульфаты, орталық тепкіш бөлгіші, хром концентраты

ABSTRACT

The article covers the results of research on processing production waste – sludge tailings from beneficiation of chromite ore of Donskoy Mining and Processing Plant of the Republic of Kazakhstan. The technology for producing the chromite concentrate by a method of chemical enrichment and centrifugal separation was developed. The technology includes operations of pre-activation of the chromite-containing sludge in sodium bicarbonate solution, leaching into the ammonium hydrosulfate solution and the gravity enrichment in a centrifugal separator. Performing the operation of pre-activation is necessary for increasing the degree of enrichment of chromite-containing sludge at leaching due to removing of the accompanying elements – magnesium, silicon and iron. In the performed investigations at choosing a reagent for the leaching of sludge tailings, were received the best results while using a solution with 30 % of NH_4HSO_4 . From the data of X-ray phase and chemical analysis follows that at the leaching of sludge tailings, rock-forming minerals dissolve and metals run into a solution in general, and chromite, chromite-containing minerals, kaolin and amorphous silica remain in the cake – rougher concentrate. Chromite concentrate which consists of the mineral chromite – $(\text{Fe}_{0.194}\text{Mg}_{0.834})(\text{Cr}_{0.723}\text{Al}_{0.24})_2\text{O}_4$ with Cr_2O_3 content of 59.2 % and Cr_2O_3 in the extraction of the concentrate 86.8 %, was obtained by enrichment rougher concentrate on KNELSON centrifugal separator. Development of technology for the processing of chromite sludge will not solve only the environmental problem, but also increase the production of chromite concentrate.

Keywords: slurry tailings, activation, ammonium hydrosulfate, centrifugal separator, chromite concentrate

Поступила 19.02.2018.

УДК 669.4.04.003.18 (47)

Комплексное использование
минерального сырья. № 1. 2018.

А. Б. ДИХАНБАЕВ¹, Б. К. АЛИЯРОВ¹, Д. Н. МУХИТДИНОВ², Б. И. ДИХАНБАЕВ^{3*}

¹Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

²Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова, Ташкент, Узбекистан

³Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,

*e-mail: otrar_kz@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ОБОГАЩЕННОГО ВОДОРОДОМ ВОДЯНОГО ГАЗА С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ ЦЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ ПРИ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ И ЗОЛОШЛАКОВ ТЭС

Резюме. В отвалах металлургических предприятий Республики Казахстан ежегодно образуется около 700 млн. тонн отходов, загрязняющих атмосферу и почву. Концентрация ценных компонентов в них не ниже чем в природных ископаемых. Общие запасы углей Экибастузского бассейна оцениваются в более чем миллиард тонн, из них почти половину составляет золотая часть. Каждый год в отвалах образуется от 25 до 38 млн., т золошлаков, что представляет серьезную угрозу для природы. Концентрация галлия и германия в отвалах ~ 200 г/т, что соизмеримо с содержанием в исходном угле. Работа нацелена на создание агрегата по производству обогащенного водородом водяного газа из экибастузского угля с попутным получением возгонов цинка, галлия, германия, медьсодержащего чугуна, шлаковаты и/или каменного литья при совместной переработке цинковистых шлаков и золошлаков теплоэлектрических станций. Для решения поставленной задачи использованы основные положения метода предельного энергосбережения и нового метода – слой расплава с инверсией фаз. Результаты экспериментов, проведенных на установке «реактор инверсии фаз – трубчатая печь» по переработке германийсодержащих цинковистых шлаков, показали возможность извлечения германия в цинковые возгоны, восстановления железа в виде медистого чугуна, получения энергоценного горючего газа и расплава пригодного для производства шлаковаты. Расчетные исследования совместной переработки экибастузского угля и цинковистых шлаков на предлагаемой установке «реактор инверсии фаз – трубчатая печь – газогенератор» показали возможность получения обогащенного водородом водяного газа с попутным извлечением ценных компонентов исходного сырья – отходов производств.

Ключевые слова: обогащенный водородом водяной газ, реактор инверсии фаз - трубчатая печь - газогенератор, медистый чугун, цинк-, германийсодержащие возгоны

Введение. В отвалах металлургических предприятий Республики Казахстан накоплены миллиарды тонн отходов, в которых содержание ценных компонентов нередко выше, чем в рудах природных месторождений [1, 2]. Ежегодный выход золошлаков теплоэлектрических станций

(ТЭС) при сжигании экибастузского угля, характеризующегося высокой зольностью (40-45 %), составляет в среднем 30 млн. т, с выбросами теряется до 200 г галлия и германия на тонну исходного угля, а в золоотвалах к настоящему времени накоплено более 300 млн. т отходов [3-5].