

Исследование процесса экстракции основных компонентов продуктивного раствора (меди, железа и кремнезема) месторождения Алмалы

¹ЧЕПУШТАНОВА Татьяна Александровна, PhD, зав. кафедрой, t.chepushtanova@satbayev.university,

¹ЕСИРКЕГЕНОВ Меирбек Ибрагимович, магистр, докторант, m.yessirkegenov@satbayev.university,

^{1*}МАМЫРБАЕВА Кульзира Калдыбековна, PhD, ассоциированный профессор,
k.mamyrbayeva@satbayev.university,

²НИКОЛОСКИ Александр, PhD, руководитель исследовательской группы, a.nikoloski@murdoch.edu.au,

¹ТУЛЕПБЕРГЕНОВ Аскар Каржаубаевич, магистр, докторант, a.tulepbergenov@satbayev.university,

¹НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева»,
Казахстан, Алматы, ул. Сатпаева, 22а,

²Университет Мёрдока, Австралия, Перт, Мёрдок, 3А 6150, ул. South, 90,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Целью научно-исследовательской работы было изучение разделения основных компонентов продуктивного раствора месторождения Алмалы с оксидными экстрагентами. Как показывает практика действующих предприятий одним из главных недостатков процесса при реализации процесса жидкостной экстракции на различных месторождениях является образование и накопление большого объёма третьей фазы (крада), который приводит к замедлению, в некоторых случаях к остановке процесса экстракции тем самым снижая эффективность всего производства меди по SX-EW технологии. Одним из основных факторов приводящие к образованию такой фазы являются вредные примеси металлов, твердые взвеси в растворе, поступающий на экстракцию, неправильный подбор экстрагентов и режима работы экстракционного цикла. Для предотвращения такого процесса актуальной является исследование экстракции основных компонентов продуктивных растворов с разными экстрагентами. Исследования по экстракции металлов из продуктивного раствора месторождения Алмалы состава, г/дм³: Cu 0,235-0,262, Fe 17,97-21,55, SiO₂ 0,34-0,36 проводились с применением реагентов Acorga 5640 (10%), Acorga 5640 (5%) с присадкой CR60 и Lix 984N (10%). Установлено, что при использовании первых двух привели к накоплению ионов железа и кремнезема в органической фазе, при Lix 984N (10%) – максимальному переходу ионов кремнезема в электролит, железа – в рафинат. Накопление ионов железа и кремнезема в органической фазе нежелательны и могут быть причиной образования крада.

Ключевые слова: экстрагент, медь, железо, кремнезем, SX-EW технология, жидкостная экстракция, крад, Acorga 5640, Lix 984N, продуктивный раствор, рафинат.

Введение

В настоящее время в производстве меди технология SX-EW стала широко использоваться благодаря многочисленным разработкам в области синтеза селективных экстрагентов для меди [1, 2]. В Республике Казахстан по этой технологии перерабатываются бедные труднообогатимые окисленные и смешанные руды на месторождениях Актогай, Бозшаколь, Конырат, Алмалы и др. [3, 4]. Однако при проведении процесса жидкостной экстракции неизбежно образование и накопление третьей фазы (крада), который приводит к нежелательным последствиям [5].

Исследованиями [6, 7] установлено, что в процессах жидкостной экстракции к образованию

крада приводят вредные примеси металлов в продуктивном растворе, а именно ионы железа, кремнезема, марганца и др., твердые взвеси, которые образовались при выщелачивании и недостаточном отстаивании водных потоков, неправильным подбором органической фазы (экстрагента и разбавителя), режимом работы экстракционной установки и т.д. Для подавления и удаления крада исследователями были использованы различные способы: осаждение и удаление вредных примесей металлов, добавка специальных модификаторов, подбор органической фазы с добавлением различных модификаторов, добавка флокулянтов, продувка воздуха с целью предотвращения образования плотной взвеси, изменение скорости

потоков органической и водной фаз и др. Авторами [8] установлены, что для удаления крада были эффективны процессы отстаивания и откачки межфазной взвеси, т.е. переработки его периодически, по мере его накопления. Затем с целью разделения жидкой фазы и разрушения эмульсии крад разбавляли кислым раствором, фильтровали и откачивали жидкую фазу и возвращали их в экстракционный процесс. Оставшуюся взвесь с небольшим содержанием экстрагента складировали для дальнейшей утилизации. Для предотвращения и удаления крада можно использовать селективные экстрагенты, разбавление водной фазы или добавку ПАВ [9].

Как показал анализ литературных источников, до настоящего времени нет единой методики предотвращения и/или удаления крада в технологии SX-EW, и проведение исследований по направлению выбора и применения селективного экстрагента с изучением распределения вредных примесей ионов металлов и кремнезема остается актуальной проблемой.

Целью настоящей работы явилось исследование процесса экстракции ионов меди, железа и кремнезема из продуктивного раствора месторождения Алмалы экстрагентами Acorga 5640 (10%), Acorga 5640 (5%) с присадкой и Lix 984N (10%).

Материалы и методика. Объектом исследования служили растворы кучного выщелачивания месторождения Алмалы, хелатные экстрагенты Acorga 5640 (10%), Acorga 5640 (5%) с присадкой CR-60 и Lix 984N (10%), в качестве разбавителей экстрагентов – авиационный керосин.

Методы проведения исследовательской работы включали исследования по экстракции и реэкстракции меди и примесей металлов на лабораторном экстракторе марки ЭЛ-1; химический анализ исходных продуктивных растворов, водных фаз, получаемых в процессе экстракции/реэкстракции (рафинат, реэкстракт).

Рентгенофлуоресцентный полуколичественный анализ твердых проб крада проводился на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре Axios 1 kW компании «PANalytical» (Нидерланды). Обработка полученных данных проводилась в программном обеспечении Super Q с помощью программного пакета Omnia 37 (по модели FP). Рентгенографические исследования проводились на рентгеновском дифрактометре XPert MPD PRO (PANalytical). Подготовка образца крада к анализам включала в себя предварительную сушку пробы до полного обезвоживания и последующее истирание до крупности не более 0,1 мм.

Результаты и обсуждение. На основе проведенных физико-химических анализов установлен следующий состав продуктивного раствора, полученный выщелачиванием проб руд месторождения Алмалы, г/дм³: Cu 0,235-0,262, Fe 17,97-21,55, SiO₂ 0,34-0,36.

Как показывает анализ продуктивного раствора, наблюдается достаточно высокая концентрация ионов железа, кварца и низкое содержание меди – 0,262-2,35 г/дм³. Для концентрирования и рафинирования такого состава продуктивного раствора меди приемлема экстракция с реагентом, обладающим высокой селективностью. Для проведения исследований нами выбраны экстрагенты марки Acorga 5640 (состоит из смесей альдоксимов и модификатора) и LIX 984N (смесь из равных частей альдоксимов и кетоксимов), обладающие высокой селективностью к меди, быстрой кинетикой экстракции и разделения фаз, высокой температурой вспышки и т.д.

Исследования по экстракции меди из продуктивного раствора выполнялись с использованием экстрагента 10% Acorga 5640 в керосине. Состав продуктивного раствора – медь 0,262 г/л; общего железа – 17,97%, коллоидных малорастворимых силикатов – 0,36 г/л. Общий объем раствора, поступившего на экстракцию, составил 5000 мл. Соотношение О:В задавалось при помощи потоков и было равно 1:1, число стадий 3, рН раствора 1,7. Результаты экспериментов по экстракции компонентов продуктивного раствора приведены в таблице 1. Результаты (таблицы 1) показывают высокую селективность экстрагента Acorga 5640 к ионам меди. Несмотря на высокую степень экстракции меди (97,7%), в органическую фазу из продуктивного раствора перешло 12,6% железа и 27,8% силикатных соединений.

Реэкстракция меди, железа и кремнезема проводилась раствором серной кислоты концентрации 200 г/дм³ в следующих условиях: соотношение органической и водной фаз О:В=2:1, продолжительность перемешивания и отстаивания фаз – 3 минуты, температура комнатная, 20°C. Результаты реэкстракции и остаточная концентрация компонентов в органической фазе приведены в таблице 2. На стадии реэкстракции (таблица 2) из органической фазы 64% железа перешло в электролит, с концентрацией железа 7,26%. При этом остаточная концентрация железа в органической фазе составила 4,09 г/л. Экстрагирующиеся из продуктивного раствора силикатные соединения впоследствии также переходили в реэкстракт (38%), остальная часть (62%) загрязняла органическую фазу, формируя межфазную третью фазу – крад. Остаточное содержание силикатных соединений в органике составило 0,31 г/л.

Помимо накопления крада, наблюдался также неполный переход меди в электролит на стадии реэкстракции. Часть меди одновременно с ионами кремнезема и железа поступала в образующийся крад.

Для уточнения перехода ионов меди, железа и кремнезема в межфазную взвесь нами проведены физико-химические исследования по установлению фазового состава крада, результаты которого представлены в таблице 3.

Как показывают результаты рентгенофазово-

Компонент	C _{Cu2+} в пр.р-р*, г/л	C _{Cu2+} в рафинате, г/л	E*, %	D*	β*
Cu	0,262	0,006	97,7	42,67	
Fe	17,97	15,7	12,6	0,14	305
SiO ₂	0,36	0,26	27,8	0,38	112

пр.р-р* – продуктивный раствор, E* – степень извлечения, D* – коэффициент распределения, β* – коэффициент разделения

Вещество	C _{Cu2+} в пр. растворе*, г/л	V органической фазы, л	C _{Cu2+} в реэкстракте, г/л	E*, % (из орг. фазы)	D*	E, % (сквозное)
Cu	1,28	1	0,877	68,5	2,20	66,9
Fe	11,35	1	7,26	64,0	1,77	8,1
SiO ₂	0,5	1	0,19	38,0	0,61	10,6
Остаточная концентрация в органической фазе, г/л			Cu	Fe	SiO ₂	
			0,403	4,09	0,31	

в пр. растворе* – в продуктивном растворе, E* – степень извлечения, D* – коэффициент распределения, β* – коэффициент разделения

го анализа, в краде наблюдается преобладание кварца 63,98%, некоторое количество свинцового минерала англезита – 14,94%, железосодержащих минералов магнетита – 13,73% и гематита – 7,35%.

Рентгенофлуоресцентный анализ (рисунок) показал, что в пробе крада преобладает содержание кремния и кислорода, что подтверждает присутствие большого количества кислорода, серы, железа и кремния.

Сопоставив анализы элементного состава твердого осадка продуктивного раствора и крада, можно отметить, что в составе крада достаточно высокие показатели по кислороду, сере, железу.

Для подавления образования крада при экстракции нами были проведены исследования по изучению влияния присадки CR60, разработанной компанией Solvay. Исследования проводились с экстрагентом 5% Acorga 5640 с добавлением присадки CR60 в лабораторном экстракторе в следующих условиях: соотношение органической и водной фаз – 1:1, температура – 20°C, интенсивность перемешивания – 750 об/мин, время контакта фаз – 180 сек, время отстаивания – 300 сек, pH растворов – 1,7, объем продуктивного раствора 1,6 л, число стадий – 3. Реэкстракция металлов проводилась раствором серной кислоты концентраций 200 г/дм³, V реэкстракта – 150 мл. Результаты исследований показаны в таблицах 4-5.

Как показывают полученные результаты, при применении органической фазы 5% Acorga 5640 + CR60 при экстракции наблюдаются весьма невысокие значения извлечения для всех ионов, тогда как при реэкстракции медь извлекалась до 95%. В связи с этим остаточная концентрация меди в ор-

Наименование	Формула	%
Кварц	SiO ₂	63,98
Англезит	Pb(SO ₄)	14,94
Магнетит	Fe ₃ O ₄	13,73
Гематит	Fe ₂ O ₃	7,35

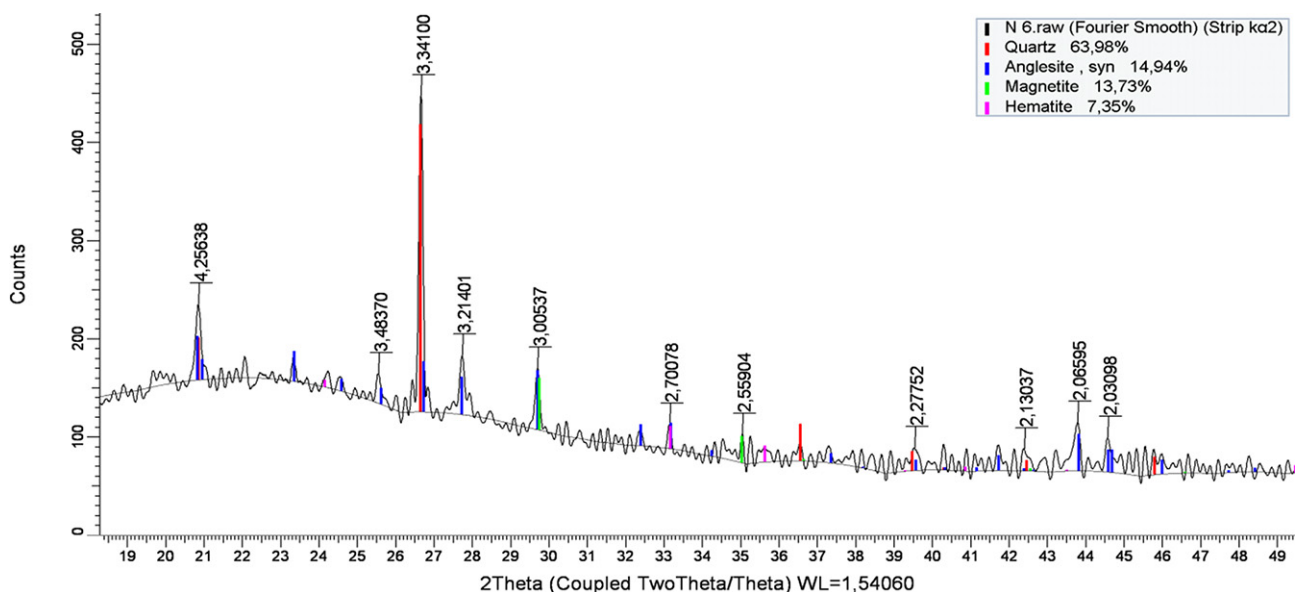
ганической фазе минимальная и составляет всего 0,4575 г/л.

Степень экстракции (7%) и реэкстракции (64%) ионов железа была невысокой, но остаточная концентрация достигла максимального значения (4,3 г/л) по сравнению ионами меди и кремнезема (0,92 г/л) из-за высокого содержания ее в исходном продуктивном растворе.

Параллельно в качестве сравнительного образца были выполнены исследования по экстракции и реэкстракции меди с использованием экстрагента Lix 984N на исследуемом продуктивном растворе. Результаты исследований приведены в таблицах 6-7.

Как показывают результаты экстракции меди и примесей с экстрагентом Lix 984-10%, итоговая степень экстракции меди высокая (74,5%) по сравнению с экстрагентом 10% Acorga 5640 (69,9%).

По результатам выполненных экспериментов по экстракции меди из продуктивного раствора месторождения Алмалы дана оценка эффективности применения органических экстрагентов разного типа. За основу оценки взяты такие критерии, как:



Дифрактограмма крада

Таблица 4 – Результаты экстракции меди из продуктивного раствора Алмалы экстрагентом 5% Acorga 5640 + CR60

Вещество	$C_{Cu^{2+}}$ в пр.р-р*, г/л	C_{Me} в рафинате, г/л	E, %	Коэффициент распределения, D
Cu	2,350	1,21	48,5	0,94
Fe	21,55	20,05	7,0	0,07
SiO ₂	0,34	0,21	38,2	0,61

*пр.р-р – продуктивный раствор

Таблица 5 – Результаты реэкстракции и остаточная концентрация компонентов в органической фазе Acorga 5640 (5%) + CR60

Вещество	$C_{Cu^{2+}}$ в орг.р-р*, г/л	V органической фазы, л	C_{Me} в реэкстракте, г/л	O : B	E, % (из органической фазы)	Коэффициент распределения, D	Сквозное извлечение, E, %
Cu	9,12	0,2	11,55	2:1,5	95,0	1,27	46,1
Fe	12	0,2	10,25	2:1,5	64,1	0,85	4,5
SiO ₂	1,04	0,2	0,16	2:1,5	11,5	0,15	4,4
Остаточная концентрация в органической фазе, г/л			Cu	Fe	SiO ₂		
			0,4575	4,3125	0,92		

*орг.р-р – органический раствор

- наилучшие показатели по извлечению меди из раствора, при наименьшем экстрагировании мешающих примесей железа и силикатов;

- наименьшие остаточные концентрации меди и примесей в органической фазе после реэкстракции;

- максимальный итоговый переход меди из продуктивного раствора в электролит и наименьший перенос в электролит примесей.

Полученные результаты демонстрируют достаточно высокую эффективность экстракцион-

ных свойств компонента Acorga 5640 (10%), извлечение меди из раствора в органику составляет 97,7%, в то же время снижение концентрации экстрагента до 5% (с целью снизить переход из раствора примеси) позволяет извлекать только 48,5% меди. Экстрагентом Lix 984N (10%) в органическую фазу из раствора извлекается 85,1% меди. Несмотря на достаточно высокое извлечение меди, экстрагент 1 Acorga5640 (10%) попутно связывается с достаточно большим количеством соединений железа – 12,6%, использование 5% концентрацию

Таблица 6 – Результаты экстракции компонентов из продуктивного раствора экстрагентом Lix 984-10%

Вещество	C _{Cu2+} в PLS, г/л	V продуктивного раствора, л	C _{Me} в рафинате, г/л	V рафината, мл	O : B	E, %	D	β
Cu	2,350	0,6	0,35	0,6	1:1	85,1	5,71	-
Fe	21,55	0,6	20,8	0,6	1:1	3,5	0,04	142
SiO ₂	0,34	0,6	0,21	0,6	1:1	38,2	0,32	17

Таблица 7 – Результаты реэкстракции и остаточная концентрация компонентов в органической фазе Lix 984N (10%)

Вещество	C _{Me} в органической фазе, г/л	V, органической фазы, л	C _{Me} в реэкстракте, г/л	V реэкстракта, л	O : B	E, %	Сквозное извлечение, E, %
Cu	6,0	0,2	7,0	0,15	2:1,5	87,5	74,5
Fe	2,25	0,2	2,6	0,15	2:1,5	86,7	3,0
SiO ₂	0,39	0,2	0,24	0,15	2:1,5	46,2	17,6
Остаточное содержание компонентов в органической фазе Lix 984-10%, г/л			Cu	Fe	SiO ₂		
			0,75	0,3	0,21		

Acorga 5640 с дополнительным вводом присадки CR-60 позволяет снизить этот показатель до 7%. Наилучшую селективность по железу на стадии экстракции демонстрирует Lix 984N (10%), переход ионов Fe²⁺/Fe³⁺ составляет всего 3,5%. По силикатным примесям, наименьшее поглощение фиксировалось при использовании Acorga 5640 (10%) – 27,8%, при использовании Lix 984 (10%), а также Acorga 5640 (5%) в органическую фазу попадает 38,2% растворенных силикатов.

Значительная часть силикатных соединений, при проведении экстракции с 5% Acorga 5640 с добавлением присадки CR-60 остается в органической фазе – 0,92 г/л. Кроме SiO₂ в органической фазе при данной комбинации органической фазы и присадки формируется достаточно высокая концентрация железа – 4,3 г/л. Расчет баланса показывает, что в процессе экстракции из-за высокого содержания в продуктивном растворе железа, часть его начинает переходить в органическую фазу. Так, концентрация железа в насыщенной органике, при использовании экстрагентов Acorga 5640 достигает 10-12 г/л, в то время как у Lix 984N не превышает 3 г/л.

По итоговому переносу по экстракции и реэкстракции основных компонентов продуктивного раствора (ионов меди, железа и кремнезема) экстрагентов можно расположить в следующей последовательности:

- по Cu: Lix 984N (10%) > Acorga 5640 (10%) >

Acorga 5640 (5%) с добавлением присадки CR60;
 - по Fe: Acorga 5640 (10%) > Acorga 5640 (5%) + добавлением присадки CR60 > 10%Lix 984N;
 - по SiO₂ – Lix 984N (10%) > Acorga 5640 (10%) > Acorga 5640 (5%) с добавлением присадки CR60.

Выводы

При экстракции меди из продуктивного раствора месторождения Алмапы образуется третья фаза – межфазная взвесь (крад). Основными вредными примесями, приводящими к образованию крада при экстракции меди из продуктивного раствора, являются ионы железа и кремнезема.

Высокой селективностью к меди/железу и меди/кремнезему обладает экстрагент 10% Lix 984N (10%), затем Acorga 5640 (10%). Показания селективности экстрагента Acorga 5640 (5%) с присадкой CR60 по меди оказались значительно ниже.

Добавка присадки CR60 к экстрагенту Acorga 5640 (5%) приводит к накоплению в органической фазе ионов кремнезема и железа (0,92 г/л и 4,3 г/л соответственно), которые в значительной степени способствуют формированию и накоплению крада.

Результаты могут быть применены в подборе экстрагентов и присадок в переработке аналогичных медьсодержащих продуктивных растворов жидкостной экстракцией.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP14871587).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mark E. Schlesinger Extractive Metallurgy of Copper (Sixth Edition) 2022, Pages 407-436.
2. Крейн, Ф. Экстракция в гидрометаллургии меди: Развитие и современное состояние /Ф.Крейн// Комплексное использование минерального сырья. – 2004. – № 2. – С. 36-55.
3. Nicholson H.M., Moe A., Kan D. and Crane P.A. Developments at Central Asia metals' Kounrad Project // Горный журнал Казахстана. – 2017. № 3. – С. 40-46.
4. Мамырбаева К.К., Guseinova G.Z., Lukanov V.A. Hydrometallurgical processing of Bozshakol (Kazakhstan) deposit mixed ore. XXVIII International Mineral Processing Congress IMPC 2016. Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Canada, 11-15 сентября 2016 года.
5. Carlito B.T., Ilhwan P., Theerayut P., Sanghee J., Mylah V., Dennis A., Kyoungkeun Y., Mayumi I., Naoki H. Copper and critical metals production from porphyry ores and E-wastes: A review of resource availability, processing/recycling challenges, socio-environmental aspects, and sustainability issues // Resources, Conservation and Recycling, – Volume 170, July 2021.
6. Virnig M.J., Olafson S.M., Kordosky G.A. and Wolfe G.A. (1999) Crud formation: field studies and fundamental studies. In Copper 99-Cobre 99 Proceedings of the Fourth International Conference, Vol. IV Hydrometallurgy of Copper, pp. 291-304.
7. Liu, J., Lan, Z., Qiu, G. et al. Mechanism of crud formation in copper solvent extraction. J Cent. South Univ. Technol. 9. 2002. Pp. 169-172.
8. Bednarski T. Behavior of iron and manganese in electrowinning solutions – a Hull cell study. Tucson SME, December 2008. Cytec Industries Inc.
9. Miller G. Methods of managing manganese effects on copper SX-EW plants. Proceedings of the ALTA 2010 Nickel Cobalt Copper Conference. ALTA Metallurgical Services, Melbourne, Australia.
10. Chepushtanova T.A., Yessirkegenov M.I., Мамырбаева К.К., Nikoloski A., Lukanov V.A. Interphase formations in copper extraction systems // Journal of mining and geological sciences, V. 63. – 2020. – Pp. 25-31.

Алмалы кенорнының өнімді ерітінділерінің негізгі компоненттерін (мыс, темір және кремнеземді) бөліп алу процесін зерттеу

¹ЧЕПУШТАНОВА Татьяна Александровна, PhD, кафедра меңгерушісі, t.chepushtanova@satbayev.university,

¹ЕСИРКЕГЕНОВ Меирбек Ибрагимович, магистр, докторант, m.yessirkegenov@satbayev.university,

^{1*}МАМЫРБАЕВА Кульзира Калдыбековна, PhD, қауымдастырылған профессор, k.mamyrbayeva@satbayev.university,

²НИКОЛОСКИ Александр, PhD, зерттеу тобының жетекшісі, a.nikoloski@murdoch.edu.au,

¹ТУЛЕПБЕРГЕНОВ Аскар Каржаубаевич, магистр, докторант, a.tulepbergenov@satbayev.university,

¹«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, Алматы, Сәтбаев көшесі, 22а,

²Мёрдок университеті, Аустралия, Перт, Мёрдок, БА 6150, South көшесі, 90,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеу жұмысының мақсаты – Алмалы кен орнының өнімді ерітіндісінің негізгі компоненттерін оксиоксим экстрагенттерімен бөліп алуды зерттеу. Жұмыс істеп тұрған зауыттардың тәжірибесі көрсеткендей, әртүрлі кен орындарында сұйық экстракция процесін жүзеге асыру кезінде процестің негізгі кемшіліктерінің бірі үшінші фазаның (қрадтың) үлкен көлемінің қалыптасуы және жиналуы болып табылады, бұл кейбір жағдайларда сұйықтық экстракцияны баялатады, кейде бүкіл процесті тоқтатады, осылайша SX-EW технологиясы бойынша бүкіл мыс өндірісінің тиімділігін төмендетеді. Мұндай фазаның пайда болуына әкелетін негізгі факторлардың бірі зиянды металл қоспалары, экстракцияға берілетін ерітіндідегі қатты суспензиялар, экстрагенттерді және экстракция циклінің жұмыс режимін дұрыс таңдамау болып табылады. Мұндай процесті болдырмау үшін өнімді ерітінділердің негізгі компоненттерін әртүрлі экстрагенттермен бөліп алуды зерттеу маңызды. Құрамы, г/дм³: Cu 0,235-0,262, Fe 17,97-21,55, SiO₂ 0,34-0,36 Алмалы кен орнының өнімді ерітіндісінен металдарды бөліп алу зерттеулері Acorga 5640 (10%), Acorga 5640 (5%) + CR60 (5%) қоспасымен және Lix 984N (10%) реагенттерімен жүргізілді. Алғашқы екеуін қолданғанда органикалық фазада темір және кремнезем иондарының жиналуы, ал Lix 984N (10%) жағдайында кремний диоксиді электролитке, ал темір иондарының – рафинатқа максималды өтуіне әкелетіні анықталды. Органикалық фазада темір және кремнезем иондарының жиналуы жағымсыз және қрадтың пайда болуына себеп болуы мүмкін.

Кілт сөздер: экстрагент, мыс, темір, кремнезем, SX-EW технологиясы, сұйықтық экстракция, қрад, Acorga 5640, Lix 984N, өнімді ерітінді, рафинат.

Study of the Extraction Process of the Main Components of the Productive Solution (Copper, Iron and Silica) of the Almaly Deposit

¹ЧЕПУШТАНОВА Tatyana, PhD, Head of Department, t.chepushtanova@satbayev.university,

¹YESSIRKEGENOV Meirbek, Master, doctoral student, m.yessirkegenov@satbayev.university,

^{1*}MAMYRBAYEVA Kulzira, PhD, Associate Professor, k.mamyrbayeva@satbayev.university,

²**NIKOLOSKI Aleksandar**, PhD, Head of Research Group, a.nikoloski@murdoch.edu.au,

¹**TULEPBERGENOV Askar**, Master, doctoral student, a.tulepbergenov@satbayev.university,

¹NCJSC «Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev», Kazakhstan, Almaty, Satpayev Street, 22a,

²Murdoch University, Australia, Perth, Murdoch, WA 6150, South Street, 90,

*corresponding author.

Abstract. The purpose of the research was to study the extraction of the main components of the productive solution of the Almaly deposit with oxyoxime extractants. As the practice of existing plants shows, one of the main drawbacks of the process when implementing the liquid extraction process at various fields is the formation and accumulation of a large volume of the third phase (crud), which leads to a slowdown, in some cases to a stop in the solvent extraction process, thereby reducing the efficiency of the entire production copper by SX-EW technology. One of the main factors leading to the formation of such a phase are harmful metal impurities, solid suspensions in the solution supplied for extraction, improper selection of extractants and the operation mode of the extraction cycle. To prevent such a process, it is important to study the extraction of the main components of productive solutions with different extractants. Studies on the extraction of metals from the productive solution of the Almaly deposit of composition, g/dm³: Cu 0.235-0.262, Fe 17.97-21.55, SiO₂ 0.34-0.36 were carried out using reagents Acorga 5640 (10%), Acorga 5640 (5%) with CR60 additive and Lix 984N (10%). It was found that when using the first two, they led to the accumulation of iron and silica ions in the organic phase, and at Lix 984N (10%), the maximum transition of silica ions into the electrolyte, and iron into the raffinate. The accumulation of iron and silica ions in the organic phase is undesirable and may be the cause of crud formation.

Keywords: extractant, copper, iron, silica, SX-EW technology, solvent extraction, crud, Acorga 5640, Lix 984N, productive solution, raffinate.

REFERENCES

1. Mark E. Schlesinger Extractive Metallurgy of Copper (Sixth Edition), 2022, pp. 407-436.
2. Krein F. Ekstraktsiya v gidrometallurgii medi: Razvitiye i sovremennoe sostoyaniye [Extraction in hydrometallurgy of copper: Development and current state] Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya [Complex Use of Mineral Resources], 2004, no. 2, pp. 36-55.
3. Nicholson H.M., Moe A., Kan D. and Crane P.A. Developments at Central Asia metals' Kounrad Project. Gornyi zhurnal Kazakhstana [Mining Journal of Kazakhstan] 2017, no. 3, pp. 40-46.
4. Mamyrbayeva K.K., Guseinova G.Z., Lukanov V.A. Hydrometallurgical processing of Bozshakol (Kazakhstan) deposit mixed ore. XXVIII International Mineral Processing Congress, Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2016.
5. Carlito B.T., Ilhwan P., Theerayut P., Sanghee J., Mylah V., Dennis A., Kyoungkeun Y., Mayumi I., Naoki H. Copper and critical metals production from porphyry ores and E-wastes: A review of resource availability, processing/recycling challenges, socio-environmental aspects, and sustainability issues. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 170, 2021.
6. Virnig M.J., Olafson S.M., Kordosky G.A. and Wolfe G.A. (1999) Crud formation: field studies and fundamental studies. In Copper 99-Cobre 99 Proceedings of the Fourth International Conference, Vol. IV Hydrometallurgy of Copper, pp. 291-304.
7. Lu, Js., Lan, Zy., Qiu, Gz. et al. Mechanism of crud formation in copper solvent extraction. J Cent. South Univ. Technol. 9. 2002. Pp. 169-172.
8. Bednarski T. Behavior of iron and manganese in electrowinning solutions – a Hull cell study. Tucson SME, 2008.
9. Miller G. Methods of managing manganese effects on copper SX-EW plants. Proceedings of the ALTA 2010 Nickel Cobalt Copper Conference. ALTA Metallurgical Services, Melbourne, Australia, 2010.
10. Chepushtanova T.A., et al. Interphase formations in copper extraction systems. Journal of mining and geological sciences, Vol. 63, 2020. Pp. 25-31.