

# Поисковые исследования по гидрометаллургической переработке медьсодержащей руды месторождения Кеншоки-1

<sup>1</sup>\*ЕРСАЙИНОВА Альбина Абаткызы, докторант, a.yersaiynova@stud.satbayev.university,

<sup>2</sup>ЧЕРНЫШОВА Оксана Витальевна, к.т.н., доцент, oxcher@mitht.ru,

<sup>1</sup>УСОЛЬЦЕВА Галина Александровна, к.т.н., ассистент-профессор, g.ussoltseva@satbayev.university,

<sup>1</sup>КОНЫРАТБЕКОВА Салтанат Сабитовна, к.т.н., сениор-лектор, s.konyratbekova@satbayev.university,

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

<sup>2</sup>МИРЭА – Российский технологический университет, Россия, Москва, пр. Вернадского, 78,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Основной целью настоящих исследований являлось изучение химико-минералогического состава руды месторождения Кеншоки-1 с последующим проведением поисковых опытов по извлечению меди из рудного материала методом сернокислотного выщелачивания. В ходе исследований установлено, что руда относится к типу окисленных медистых песчаников, и наряду с медью в ней содержится значительное количество свинца и небольшое количество цинка. Основными минералами меди и свинца в этой руде являются карбонатные – малахит и церуссит. Присутствует довольно значительное количество фосфатного минерала свинца – пироморфита. Основными минералами пустой породы являются кварц, ортоклаз и клинохлор. Железо по данным дифрактометрического анализа находится связанным в клинохлоре. Поисковые опыты по выщелачиванию меди из указанной руды растворами серной кислоты показали, что даже при комнатной температуре и концентрации серной кислоты в растворе 11,3 г/дм<sup>3</sup> достигается извлечение меди в водный раствор более 60%, а основными технологическими факторами, влияющими на процесс выщелачивания меди, являются: продолжительность, концентрация серной кислоты в исходном растворе, интенсивность перемешивания и соотношение твердой и жидкой фаз. Концентрация меди в полученном продуктивном растворе составляла в зависимости от концентрации серной кислоты от 6,32 до 10,15 г/дм<sup>3</sup>, что является недостаточной для дальнейшей переработки раствора методом электролиза, поэтому следует донасыщать продуктивные растворы по меди путем возврата продуктивного раствора в голову процесса. Поведение свинца во время поисковых исследований не изучалось, но ввиду малой растворимости сульфата свинца в водных растворах основная часть свинца должна оставаться в кеке.

**Ключевые слова:** медьсодержащая руда, месторождение Кеншоки-1, химико-минералогический состав, медистый песчаник, технологический фактор, сернокислотное выщелачивание, степень извлечения, продуктивный раствор.

**Современное состояние и актуальность проблемы.** В недрах Казахстана находится 6% мировых разведанных запасов меди, из них 51% запасов составляют месторождения медистых песчаников, 26,5% находятся в медно-порофировых рудах и порядка 14,5% – в комплексных рудах колчеданно-полиметаллических месторождений. Значительная доля источников медьсодержащего сырья представлена смешанными и окисленными рудами, которые обычно не перерабатывают пирометаллургическими методами, поэтому медь из подобных руд извлекают методами гидрометаллургии, в частности методами подземного и кучного выщелачивания.

Помимо природы руды, на извлечение ме-

талла в процессе выщелачивания влияют такие параметры выщелачивания, как размер частиц, концентрация реагента-растворителя в выщелачивающем растворе, длительность и интенсивность перемешивания, соотношение жидкость:твердое вещество и добавление окислителей.

Авторы [1] изучали влияние гранулометрического состава на эффективность извлечения меди из руды, содержащей пустую породу, в процессе выщелачивания. Результаты показывают, при росте степени измельчения руды увеличивается извлечение меди в продуктивный раствор, так как процесс выщелачивания зависит от величины площади поверхности контакта растворителя и рудного материала.

В статье [2] рассматривалось кучное выщелачивание забалансовых медных руд месторождения Кальмакыр, в которой показано, что при концентрации серной кислоты 50-75 г/л в течение 15 дней извлекается в водный раствор 98,5-99% окисленных соединений меди и 5,6% сульфидных соединений меди; основное количество нерастворенной меди находится в кеках в сульфидной форме.

Авторы [3] изучали поведение малахита при выщелачивании рудного материала растворами азотной кислоты и провели кинетическую оценку процесса. Установлено, что скорость выщелачивания растет с повышением температуры, концентрации кислоты, скорости перемешивания и при уменьшении размера частиц рудного материала. Кинетика выщелачивания соответствует кинетической модели смешанного режима.

В работе [4] установлен реагент-комплексобразователь с ионами меди при выщелачивании меди из окисленной медной руды. Определены возможные химические реакции 5-сульфосалициловой кислоты (5-SSA) в водном растворе при выщелачивании малахита. Результаты показали, что 5-SSA обеспечивает необходимую кислотность, служит комплексобразователем с ионами меди в растворе и может быть использована для интенсификации процесса выщелачивания меди.

Ученые [5] исследовали влияние температуры на выщелачивание медных минералов с различной степенью залегания в комплексных окисленных медных рудах Муляшского медного рудника в Луаншья, Замбия. Результаты показали, что при температуре окружающей среды легко выщелачиваемые окисленные минералы меди полностью растворялись. При температуре 40°C в основном происходило растворение меди в изоморфном состоянии. При росте температуры до 60°C скорость выщелачивания меди в адсорбированном состоянии значительно увеличивалась. Кроме того, при повышении температуры до 80°C изоморфная медь полностью выщелачивалась, оставляя 11,2% адсорбированной меди, которая не переходила в водный раствор. Медь в коллоидном состоянии для минералогической системы «полевой шпат – кварц – медь – железо» не растворялась в течение всего процесса выщелачивания.

Таким образом, процесс выщелачивания меди во многом определяется химико-минералогическим и фракционным составом рудного материала, особое влияние в процессе выщелачивания меди играет наличие в системе комплексобразователя и температурный фактор. Поэтому была поставлена цель – изучение химико-минералогического состава руды месторождения Кеншоки-1 с последующим проведением поисковых опытов по извлечению из рудного материала меди методом сернокислотного выщелачивания.

**Методы исследования и анализа.** Для оценки химического и минералогического состава руды месторождения Кеншоки-1 был проведен дифрактометрический и рентгенофлуоресцент-

ный анализ.

При выполнении дифрактометрического анализа образцов рудного материала съемка производилась на аппарате D8 Advance (Bruker),  $\alpha$ -Cu, напряжение на трубке 40 кВ, ток 40 мА. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения EVA. Расшифровка проб и поиск фаз проводились по программе Search/match с использованием Базы порошковых дифрактометрических данных PDF-2.

Рентгенофлуоресцентный анализ руды Кеншоки-1 проводили на приборе PANALYTICAL AXIOS WD XRF.

Влажность руды выполняли с использованием влагомера марки Shimadzu Moisture Balance MOC-120, температура при высушивании рудного материала составляла 102-105°C.

На основании выполненных физико-химических методов исследования руды рассчитали рациональный состав рудного материала с использованием стандартных инженерных методов расчета [6, 7].

Поисковые опыты по выщелачиванию руды месторождения Кеншоки-1 проводили в стеклянных термостойких стаканах емкостью 400 мл с использованием магнитной мешалки марки Heidolph MR Hei-Standard при скорости перемешивания около 700 об./мин. Соотношение жидкой и твердой фаз в поисковых опытах было равным 5:1. Выщелачивание проводили растворами серной кислоты при комнатной температуре. Концентрация серной кислоты варьировалась в пределах от 10 до 70 г/дм<sup>3</sup>. Контроль концентрации серной кислоты проводили титрованием 0,1 моль/дм<sup>3</sup> NaOH в присутствии фенолфталеина.

По окончании выщелачивания содержимому давали отстояться и разделяли жидкую и твердую фазы фильтрованием через бумажный фильтр средней пористости при атмосферном давлении. Фильтрование протекало без затруднений. Полученный фильтрат подвергали контролю на содержание в нем меди. Анализ проводили методом объемного йодометрического титрования с использованием титратора марки Vitlab continuous RS. Твердую фазу после фильтрования промывали фиксированным объемом (50 см<sup>3</sup>) дистиллированной воды. Промывную воду проверяли на наличие в ней меди, кек высушивали и также контролировали содержание в нем меди.

**Результаты и обсуждения.** Объектом исследований являлась руда месторождения Кеншоки-1, которое находится в Шетском районе Карагандинской области. Это месторождение входит в состав рудной зоны месторождения «Кеншоки», которое было известно с XIX века под названием Кень-Чоку и изучалось рядом геологов и исследователей (К.М. Егембаевым, К.Т. Шлейкиным, П.И. Долгановым и др.). В строении месторождения принимают участие породы разных геологиче-

ских периодов. Установлено два основных типа руд – гипергенная и гипогенная. Основную ценность представляют гипергенные руды, в состав которых входят как первичные сульфидные, так и вторичные окисленные руды. Среднее содержание цветных металлов в этом типе руд: 6,96% Pb; 8,44% Zn; 1,73% Cu – с суммарными запасами металлов около 10 тыс. т [8, 9].

Первичные руды представлены сульфидными минералами меди, свинца, цинка и железа, из минералов породы следует отметить ортоклаз, клинохлор, гранат и флюорит. Текстура руд вкрапленная, прожилково-вкрапленная, прожилковая, пятнистая и слоистая. В зоне окисления, которая развита до 70 м, отмечены следующие минералы цветных металлов: церуссит, англезит, пироморфит, плюмбоярозит, смитсонит, каламин, малахит, хризоколла, вульфенит и родохрозит [8, 9].

Несмотря на то, что месторождение небольшое, руды представляют интерес для переработки. Чаще всего минералогический состав руды отличается в разных пластах месторождения. Поэтому для уточнения минералогического состава руды, которая подвергалась настоящим исследованиям, был выполнен ее дифрактометрический анализ. Анализ руды показал, что основными кристаллическими фазами являются: кварц ( $\text{SiO}_2$ ), церуссит ( $\text{PbCO}_3$ ), малахит ( $\text{CH}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$  или  $(\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3)$ ), ортоклаз ( $\text{KSi}_3\text{AlO}_8$ ), клинохлор ( $\text{Al-Fe-SiO}_2\text{-OH}$ ) и пироморфит ( $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ ), который был идентифицирован как фосфат свинца ( $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$ ) (таблица 1).

На основании дифрактометрического анализа можно сделать вывод, что образец руды относится к типу окисленных песчаников с высоким содержанием кварца. Свинец в руде присутствует в виде двух минералов: церуссита и пироморфита в соотношении примерно 4:1 соответственно по массе.

После выполнения дифрактометрического анализа определили влажность исследуемой руды. Ее среднее содержание в руде по результатам трех измерений составило 1,30 мас. %.

Элементный анализ руды месторождения

Кеншоки-1 проводили рентгенофлуоресцентным методом на соответствующем откалиброванном приборе (таблица 2).

В число прочих входят углерод и водород, не анализируемые рентгенофлуоресцентным методом. Поскольку из дифрактометрического анализа известно, что в руде содержатся карбонаты, имеются кристаллизационная влага и гидроксидные соединения, то вероятно, что суммарное содержание углерода и водорода с учетом естественной влажности руды входит в позицию «прочие» и составляет около 7-8 мас. %.

Таким образом, основными ценными компонентами, представляющими промышленную ценность, являются медь, свинец и цинк. Основной сопутствующий металл – железо, которое может находиться, помимо клинохлора, в арсенопирите, халькопирите, лимоните и алюмосиликатных аморфных минералах. Количество арсенопирита и халькопирита определяется по содержанию сначала мышьяка, а затем – серы. Выявить эти минералы дифрактометрическим методом не представлялось возможным, поскольку их содержание менее 1% (чувствительность дифрактометрического метода). Количество малахита определялось по разнице в общем содержании меди в руде и количеству меди в халькопирите.

Поисковые исследования по извлечению меди из руды Кеншоки-1 начали с попытки растворения меди водой. Выяснили, что даже при повышении температуры до  $50^\circ\text{C}$  в водный раствор медь не извлекалась.

Сернокислотное выщелачивание проводили с использованием трех концентраций серной кислоты, чтобы показать влияние концентрации и расход серной кислоты от стехиометрического необходимого количества на степень извлечения меди в водный раствор при отсутствии дополнительной промывки кека и при наличии промывки. Концентрации серной кислоты 11,3 и 17,66 г/дм<sup>3</sup> близки к используемым на практике при выщелачивании медьсодержащего сырья [10], концентрация серной кислоты 67,94 г/дм<sup>3</sup> выбрана исключительно с целью показать влияние концентрации. Опыты проводили в одинаковых

Таблица 1 – Результаты фазового анализа при идентификации кристаллических фаз руды месторождения Кеншоки-1

Шаблон (база)	Наименование кристаллической фазы	Формула	Содержание, мас. %
PDF 01-085-0794	Quartz, syn. (кварц синт.)	$\text{SiO}_2$	63,3
PDF 01-076-2056	Cerussite (церуссит)	$\text{PbCO}_3$	19,3
PDF 00-056-0001	Malachite (малахит)	$\text{CH}_2\text{Cu}_2\text{O}_5$	6,2
PDF 01-071-1540	Orthoclase (ортоклаз)	$\text{KSi}_3\text{AlO}_8$	4,9
PDF 01-073-0834	Lead Phosphate (фосфат свинца)	$\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	4,8
PDF 00-002-0022	Clinochlore (клинохлор)	$\text{Al-Fe-SiO}_2\text{-OH}$	1,5
Итого:			100,00

условиях и повторяли как минимум дважды (таблица 3).

Как следует из полученных данных, медь легко выщелачивается раствором серной кислоты при комнатной температуре даже при нехватке растворителя, при расходе серной кислоты, близком к стехиометрическому количеству за одну стадию выщелачивания в продуктивный раствор переходит 82,71% меди. Более высокий однократный расход серной кислоты может быть нерентабельным, поэтому следует организовать замкнутый цикл выщелачивания с доукреплением продуктивных растворов по меди за счет дополнительного выщелачивания меди из новой порции руды, доводя таким образом раствор до концентрации меди, пригодной для реализации электролиза.

Исследования необходимо продолжать с целью определения оптимальных технологических условий, поиска нового реагента и разработки технологической схемы комплексной переработки руды месторождения Кеншоки-1.

**Заключение.** В ходе исследований установлено, что руду месторождения Кеншоки-1 следует отнести к типу медистых песчаников. Руда окисленная, в ее состав в основном входят карбонатные минералы меди и свинца, минералы пустой породы представлены кварцем, ортоклазом и клинохлором. Небольшое количество цинка, присутствующего в руде, наряду с минералами меди и свинца, делает руду сложной для переработки. Наиболее приемлемым методом переработки настоящей руды может быть кислотное выщелачивание, тем более, что карбонат кальция в большом количестве не обнаружен.

Поисковые исследования по сернокислотному выщелачиванию показали, что процесс растворения меди зависит от концентрации и соответственно расхода серной кислоты. Установлено, что уже при расходе серной кислоты концентрацией 17,66 г/см<sup>3</sup>, близком к стехиометрическому, достигается извлечение меди в получаемый продуктивный раствор более 80%.

Таблица 2 – Результаты рентгенофлуоресцентного анализа руды месторождения Кеншоки-1

Анализируемый элемент	Содержание, мас. %	Анализируемый элемент	Содержание, мас. %
O	45,782	F	0,261
Si	21,491	Mn	0,157
Pb	8,657	Cl	0,125
Cu	5,626	Ti	0,115
Fe	3,417	Ba	0,082
Al	3,113	Ag	0,034
Mg	0,807	As	0,033
Ca	0,726	Cr	0,025
K	0,722	Sr	0,012
Zn	0,541	Mo	0,008
P	0,412	Прочие	7,585
S	0,269	Итого:	100,00

Таблица 3 – Результаты поисковых исследований по сернокислотному выщелачиванию меди из руды Кеншоки-1

$C_{H_2SO_4}$ , г/дм <sup>3</sup>	Масса руды, г	$V_{H_2SO_4}$ , см <sup>3</sup>	$C_{Cu \text{ прод.}}$ , г/дм <sup>3</sup>	$E_{Cu}$ , %	$V_{H_2O}$ , см <sup>3</sup>	$C_{Cu \text{ пром.}}$ , г/дм <sup>3</sup>	$E_{Cu \text{ сум.}}$ , %
11,30	20,007	100	6,32	57,51	51	0,91	61,69
17,66	20,004	100	9,09	82,71	48	1,51	89,62
67,94	20,001	100	10,15	92,36	52	1,63	99,82

Примечания:

- $C_{H_2SO_4}$  – концентрация раствора серной кислоты;
- $V_{H_2SO_4}$  – объем раствора серной кислоты для выщелачивания;
- $C_{Cu \text{ прод.}}$  – концентрация меди в продуктивном растворе;
- $V_{H_2O}$  – объем воды для промывки;
- $C_{Cu \text{ пром.}}$  – концентрация меди в промывной воде;
- $E_{Cu}$  – извлечение меди в продуктивный раствор;
- $E_{Cu \text{ сум.}}$  – сквозное извлечение меди в процессе выщелачивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. M.K. Tanaydin, N. Demirkiran. Investigation of selective leaching and kinetics of copper from malachite ore in aqueous perchloric acid solutions, Sep. Sci. Technol. 54 (5) (2019). Pp. 815-827.
2. Умарова И.К., Мамиров Б.И., Махмеражабов Д.Б. Кучное выщелачивание забалансовых медных руд // Central Asian Journal of Theoretical & Applied Sciences, 2022. – Vol. 3. No. 5. Pp. 279-285.
3. Mehmet Kayra Tanaydin, Zümra Bakıcı Tanaydin, Nizamettin Demirkiran. Optimization of process parameters and kinetic modelling for leaching of copper from oxidized copper ore in nitric acid solutions, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 32 (2022), Pp. 1301-1313.
4. Jiushuai Deng, Shuming Wen, Qiong Yin, Dandan Wu, Quanwei Sun. Leaching of malachite using 5-sulfosalicylic acid, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, Volume 71, February 2017, Pp. 20-27.
5. Gai-rong WANG, Yuan-yuan LIU, Lin-lin TONG<sup>1</sup>, Zhe-nan JIN, Guo-bao CHEN<sup>1,2</sup>, Hong-ying YANG. Effect of temperature on leaching behavior of copper minerals with different occurrence states in complex copper oxide ore, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 29 (2019), Pp. 2192-2201.
6. Даулетбаков Т.С., Соколовская Л.В. Металлургические расчеты: Учеб. пособие. – Алматы: КазНИТУ, 2014. – 208 с.
7. Азизов З.К., Пьянков С.А. Определитель минералов: Учебное пособие / Ульяновский техн. ун-т. – Ульяновск, 2006. – 53 с.
8. Маргулан А.Х. Сарыарка. Горное дело и металлургия в эпоху бронзы. Жезказган – древний и средневековый металлургический центр (городище Милыкудук) / Сост. Д.А. Маргулан, Д. Маргулан // Сочинения: в 14 т., т. 2. – Алматы: Дайк-Пресс, 2001. – 144 с.
9. Месторождение Кень-Чоку (Кеншоқы), Шетский район, Карагандинская область, Казахстан // Материалы сайта <https://webmineral.ru/deposits/item.php?id=452> Дата обращения 25.06.2022.
10. Медведев А.С. Комбинированная технология переработки удоканского сульфидного медного концентрата / А.С. Медведев, Ту Со, А.М. Птицын // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2012. – № 2. – 17-20 с.

**Кеншоқы-1 кен орнының құрамында мыс бар кенді гидromеталлургиялық өңдеу бойынша зерттеулер**

<sup>1</sup>\*ЕРСАЙЫНОВА Альбина Абатқызы, докторант, a.yersaiynova@stud.satbayev.university,

<sup>2</sup>ЧЕРНЫШОВА Оксана Витальевна, т.ф.к., доцент, oxcher@mitht.ru,

<sup>1</sup>УСОЛЬЦЕВА Галина Александровна, т.ф.к., ассистент-профессор, g.ussoltseva@satbayev.university,

<sup>1</sup>ҚОҢЫРАТБЕКОВА Салтанат Сәбитқызы, т.ф.к., сениор-лектор, s.konyratbekova@satbayev.university,

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

<sup>2</sup>МИРЭА – Ресей технологиялық университеті, Ресей, Мәскеу, Вернадский даңғылы, 78,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Зерттеудің негізгі мақсаты – Кеншоқы-1 кен орны кенінің химиялық-минералогиялық құрамын зерттеу, кейіннен күкірт қышқылды сілтілеу әдісімен кен материалынан мыс алу бойынша іздеу эксперименттерін жүргізу. Зерттеу барысында, кен – тотыққан мыс құмтас түріне жататындығы және мыспен қатар қорғасынның көп және мырыштың аз мөлшері бар екендігі анықталды. Бұл кендегі мыс пен қорғасынның негізгі минералдары – карбонатты-малахит және церуссит. Сондай-ақ, қорғасынның фосфат минералы – пироморфиттің айтарлықтай мөлшері бар. Бос жыныстың негізгі минералдары – кварц, ортоклаз және клинохлор. Дифрактометриялық талдау бойынша темір клинохлормен байланысты. Көрсетілген кеннен мысты күкірт қышқылының ерітінділерімен сілтілеу бойынша іздеу тәжірибелері бөлме температурасы мен ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясы 11,3 г/дм<sup>3</sup> болса да, мысты сулы ерітіндіге 60%-дан астам алуға болады, ал мысты сілтілеу процесіне әсер ететін негізгі технологиялық факторлар: ұзақтығы, бастапқы ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясы, араластыру қарқындылығы және қатты және сұйық фазалардың қатынасы. Алынған өнімді ерітіндідегі мыс концентрациясы күкірт қышқылының концентрациясына байланысты 6,32-ден 10,15 г/дм<sup>3</sup>-ге дейін болды, бұл электролиз әдісімен ерітіндіні одан әрі өңдеу үшін жеткіліксіз екендігін көрсетеді, сондықтан өнімді ерітіндіні процестің басына қайтару арқылы мыс өнімді ерітінділерді қанықтыру керек. Зерттеу жұмыстары кезінде қорғасынның әрекеті зерттелмеген, бірақ қорғасын сульфатының сулы ерітінділерде аз ерігіштігіне байланысты қорғасынның негізгі бөлігі кекте қалуы керек.

**Кілт сөздер:** құрамында мыс бар кен, Кеншоқы-1 кен орны, химиялық-минералогиялық құрамы, мыс құмтас, технологиялық фактор, күкірт қышқылымен сілтілеу, алу дәрежесі, өнімді ерітінді.

**Research on Hydrometallurgical Processing of Copper-Containing Ore from the Kenshoky-1 Deposit**

<sup>1</sup>\*YERSAIYNOVA Albina, Doctoral Student, a.yersaiynova@stud.satbayev.university,

<sup>2</sup>CHERNYSHOVA Oxana, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, oxcher@mitht.ru,

<sup>1</sup>USSOLTSEVA Galina, Cand. of Tech. Sci., Assistant Professor, g.ussoltseva@satbayev.university,

<sup>1</sup>KONYRATBEKOVA Saltanat, Cand. of Tech. Sci., Senior Lecturer, s.konyratbekova@satbayev.university,

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

<sup>2</sup>MIREA – Russian Technological University, Russia, Moscow, Vernadsky Avenue, 78,

\*corresponding author.

**Abstract.** The main purpose of these studies was to study the chemical and mineralogical composition of the ore of the Kenschoky-1 deposit with subsequent search experiments on the extraction of copper from ore material by sulfuric acid leaching. During the research it was established that the ore belongs to the type of oxidized cuprous sandstone and along with copper it contains a significant amount of lead and a small amount of zinc. The main minerals of copper and lead in this ore are carbonate – malachite and cerussite. A fairly significant amount of the lead phosphate mineral pyromorphite is present. The main minerals in the waste rock are quartz, orthoclase, and clinochlorine. Iron, according to diffractometric analysis, is bound in clinochlore. The search experiments on copper leaching from the mentioned ore by sulfuric acid solutions showed that even at room temperature and sulfuric acid concentration in the solution of 11.3 g/dm<sup>3</sup> extraction of copper in aqueous solution of more than 60% is achieved, and the main technological factors influencing the process of copper leaching are duration, concentration of sulfuric acid in the initial solution, intensity of agitation and the ratio of solid and liquid phases. The concentration of copper in the resulting pregnant solution was, depending on the concentration of sulfuric acid from 6.32 to 10.15 g/dm<sup>3</sup>, which is insufficient for further processing of solution by electrolysis, therefore, productive solutions must be additionally saturated with copper by returning pregnant solution to the head of the process. Lead behavior during prospecting studies was not studied, but due to low solubility of lead sulfate in aqueous solutions, the main part of lead should remain in the cake.

**Keywords:** copper-bearing ore, Kenschoky-1 deposit, chemical and mineralogical composition, cuprous sandstone, technological factor, sulfuric acid leaching, degree of extraction, productive solution.

## REFERENCES

1. M.K. Tanaydin, N. Demirkiran. Investigation of selective leaching and kinetics of copper from malachite ore in aqueous perchloric acid solutions, Sep. Sci. Technol. 54 (5) (2019). Pp. 815-827.
2. Umarova I.K., Mamirov B.I., Mahmerazhabov D.B. Kuchnoe vyshhelachivanie zabalansovyh mednyh rud // Central Asian Journal of Theoretical & Applied Sciences, 2022. – Vol. 3. No. 5. Pp. 279-285.
3. Mehmet Kayra Tanaydin, Zümra Bakıcı Tanaydin, Nizamettin Demirkiran. Optimization of process parameters and kinetic modelling for leaching of copper from oxidized copper ore in nitric acid solutions, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 32 (2022), Pp. 1301-1313.
4. Jiushuai Deng, Shuming Wen, Qiong Yin, Dandan Wu, Quanwei Sun. Leaching of malachite using 5-sulfosalicylic acid, Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, Volume 71, February 2017, Pp. 20-27.
5. Gai-rong WANG, Yuan-yuan LIU, Lin-lin TONG<sup>1</sup>, Zhe-nan JIN, Guo-bao CHEN<sup>1,2</sup>, Hong-ying YANG. Effect of temperature on leaching behavior of copper minerals with different occurrence states in complex copper oxide ore, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 29 (2019), Pp. 2192-2201.
6. Dauletbaev T.S., Sokolovskaja L.V. Metallurgicheskie raschety: Ucheb. posobie. – Almaty: KazNITU, 2014. P. 208.
7. Azizov Z.K., P'jankov S.A. Opredelitel' mineralov: Uchebnoe posobie. Ul'janovskii tehn. un-t. – Ul'janovsk, 2006. P. 53.
8. Margulan A.H. Saryarka. Gornoe delo i metallurgija v jepohu bronzy. Zhezkazgan – drevnij i srednekovyj metallurgicheskij centr (gorodishhe Milykuduk) Sost. D.A. Margulan, D. Margulan. Sochinenija: v 14 t., t. 2. – Almaty: Dajk-Press, 2001. P.144.
9. Mestorozhdenie Ken'-Choku (Kenschoky), Shetskij rajon, Karagandinskaja oblast', Kazhstan. Materialy sajta <https://webmineral.ru/deposits/item.php?id=452> Data obrashhenija 25.06.2022.
10. Medvedev A.S. Kombinirovannaja tehnologija pererabotki udokanskogo sul'fidnogo mednogo koncentrata / A.S. Medvedev, Tu So, A.M. Pticyn // Izvestija vuzov. Cvetnaja metallurgija. – 2012. – No. 2. Pp. 17-20.