

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ Fe, Mn, Cu, Ni И Co ИЗ КЕКА, ПОЛУЧЕННОГО ПОСЛЕ СОДОВОГО СПЕКАНИЯ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО КОНЦЕНТРАТА

Л.А. Воропанова<sup>1</sup>, Ф.А. Гагиева<sup>2</sup>, Н.Б. Кокоева<sup>3</sup>,  
Д.Г. Коробейников<sup>4</sup>, А.А. Шанаев<sup>5</sup>, А.А. Попов<sup>6</sup>

**Аннотация.** Дезактивация захороненных отходов представляет собой сложную научно-техническую проблему. Известны способы выщелачивания для извлечения металлов при переработке концентратов, промпродуктов и твердых отходов. Однако дальнейшие исследования по извлечению цветных металлов из отходов металлургического производства остаются актуальными.

Кек, полученный после содового спекания и выщелачивания вольфрамового концентрата ПАО «Победит», отличается повышенным содержанием железа, кальция, кремния и марганца.

Целью исследования является создание эффективного способа более полного извлечения из кека в раствор Fe, Mn, Cu, Ni, Co и сохранения в кеке после выщелачивания Mo, W, Nb, Ta.

Окислением кека олеумом с последующим выщелачиванием раствором серной кислоты можно перевести в раствор Mn, Fe, Ni, Co и Cu. Извлечение составило:

Mn	Fe	Ni	Co	Cu	Al
75,29	91,64	93,33	95,56	92,59	99,03

Раствор после выщелачивания можно использовать для селективного извлечения Fe, Mn, Ni, Co и Cu. Осадок после извлечения Mo, W, Ta, Nb может использоваться как сырье для производства стройматериалов.

**Ключевые слова:** кек, спекание, выщелачивание, концентрат, вольфрам, железо, марганец

### ВВЕДЕНИЕ

Дезактивация захороненных отходов представляет собой сложную научно-техническую проблему, которая предполагает решение двух основных задач. Первая включает значительное снижение концентрации основного комплекса элементов с получением экологически безопасного твердого продукта, который может использоваться как сырье для производства стройматериалов. Вторая предусматривает концентрирование этого комплекса элементов с последующим выделением среди них группы

экономически ценных металлов (W, Mo, Ta, Nb, Cu, Co, Ni, Mn и др.), имеющих рыночную стоимость [1].

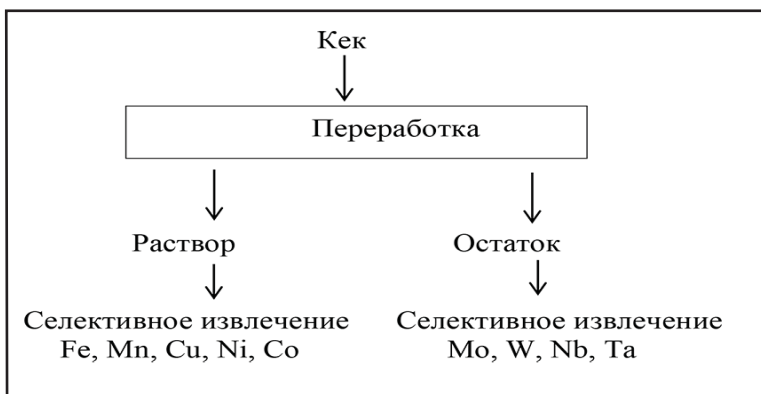
Известны способы выщелачивания для извлечения металлов [2–5] при переработке концентратов, промпродуктов и твердых отходов. Однако дальнейшие исследования по извлечению цветных металлов из отходов металлургического производства остаются актуальными.

Кек, полученный после содового спекания и выщелачивания вольфрамового концентрата ПАО «Победит», отличается повышенным содержанием железа, кальция, кремния и марганца.

Целью данного исследования является создание эффективного способа более полного извлечения из кека в раствор Fe, Mn, Cu, Ni, Co и сохранения в кеке после выщелачивания Mo, W, Nb, Ta (рис. 1).

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОГО КЕКА

После разложения вольфрамовых концентратов путем спекания или сплавления с содой при температуре 800–850°С и последующего выщелачивания спека водой в кеке после выщелачивания остаются нерастворившиеся соединения.



**Рис. 1.** Схема переработки кека, полученного после содового спекания и выщелачивания вольфрамового концентрата, с целью разделения ценных компонентов

<sup>1</sup> Воропанова Лидия Алексеевна – д. т. н., профессор Северо-Кавказского горно-металлургического института (Государственного технологического университета) – СКГМИ (ГТУ) (lidia\_metall@mail.ru).

<sup>2</sup> Гагиева Фатима Акимовна – к. т. н., ст. преподаватель СКГМИ (ГТУ).

<sup>3</sup> Кокоева Н.Б. – к. т. н., доцент СКГМИ (ГТУ).

<sup>4</sup> Коробейников Давид Георгиевич – студент Мэб – 17 СКГМИ (ГТУ).

<sup>5</sup> Шанаев Аслан Артурович – студент Мэб – 17 СКГМИ (ГТУ).

<sup>6</sup> Попов Александр Александрович – студент Мэб – 17 СКГМИ (ГТУ).

Таблица 1

Элементарный состав пробы кека, % масс

Mn	Fe	Ca	Al	Ni	Co	Cu	SiO <sub>2</sub>	W	Mo	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
5,2	7,0	14,6	3,1	0,075	0,022	0,17	18,3	0,3	0,002	0,4	0,3

Таблица 2

Mn	Fe	Ni	Co	Cu	Al	Ca	SiO <sub>2</sub>
11,73	44,07	54,67	57,05	82,35	39,46	12,58	5,79

После квартования химический анализ изучаемой пробы кека проведен атомно-абсорбционным спектроскопическим методом, результаты которого приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что проба кека отличается повышенным содержанием железа, кальция, кремния и марганца.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

На рис. 2 дана схема выщелачивания кека раствором серной кислоты с концентрацией 150 г/л, извлечение составило см. табл. 2.

Раствор серной кислоты, используемый для выщелачивания, разлагает карбонаты по реакции

$MeCO_3 + H_2SO_4 = MeSO_4 + H_2O + CO_2$   
с образованием растворимых сульфатов железа, марганца, меди, кобальта и никеля, а также нерастворимого сульфата кальция.

Извлечение металлов можно повысить путем увеличения концентрации серной кислоты в растворе выщелачивания.

Окисление кека олеумом при 300°С и последующее нейтральное и сернокислотное выщелачивание позволяют более полно перевести в раствор Mn, Fe, Ni, Co, Cu и Al. Извлечение составило см. табл. 3.

Таблица 3

Mn	Fe	Ni	Co	Cu	Al
75,29	91,64	93,33	95,56	92,59	99,03

Для селективного извлечения Mn, Fe, Ni, Co и Cu из полученного раствора после выщелачивания можно использовать способы [4–9].

Металлы Mo, W, Ta и Nb остаются в осадке в виде не растворимых в кислом растворе соединений. Осадок после извлечения Mo, W, Ta, Nb может использоваться как сырье для производства стройматериалов [2, 4, 10, 11].

**ВЫВОДЫ**

1. Окисление кека, полученного после содового спекания и выщелачивания вольфрамового концентрата, олеумом с последующим выщелачиванием раствором серной кислоты позволяет перевести в раствор Mn, Fe, Ni, Co и Cu. Их извле-

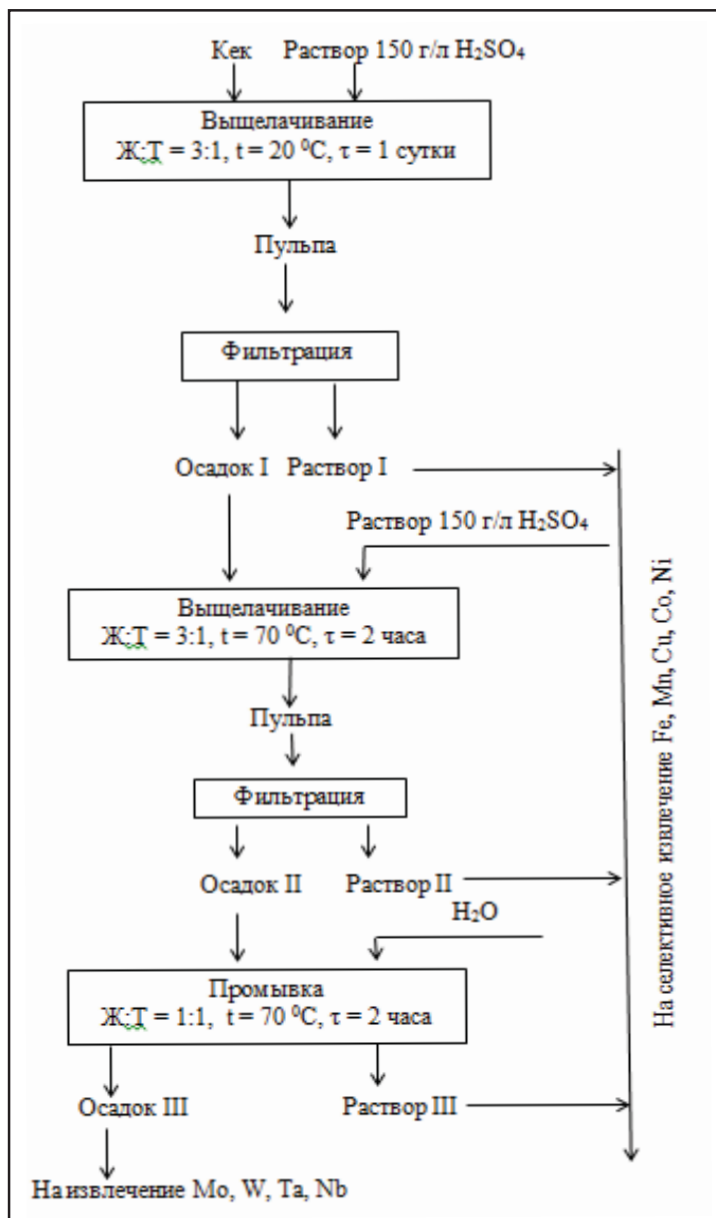


Рис. 2. Технологическая схема процесса извлечения Fe, Mn, Ni, Co и Cu

чение составило 75–99 % масс.

2. Раствор после выщелачивания можно использовать для селективного извлечения Fe, Mn, Ni, Co и Cu.

3. Осадок после извлечения Mo, W, Ta, Nb может использоваться как сырье для производства стройматериалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Винокуров С.Ф., Гурбанов А.Г., Богатиков О.А., Сычкова В.А., Шевченко А.В., Лексин А.Б., Дударов З.И. Геохимические особенности утилизации захороненных отходов Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината методом кислого выщелачивания // Доклады Академии Наук, 2016, том 470, № 4, С. 344–347
2. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Металлургия, 1993. С. 139–157.
3. Дриц М.Е., Будберг П.Б. и др. Справочник. Свойства элементов. Том 1. С. 78.
4. Воропанова Л.А. Исследования и разработка технологий переработки отходов предприятий цветной металлургии // Монография, 2013. – Владикавказ: МАВР. 420 с.
5. Бубнов В.К. и др. Теория и практика добычи полезных ископаемых для комбинированных способов выщелачивания. – Целиноград, 1992. 544 с.
6. Kyuchourov G., Mishonov I. A new extractant mixture for recovery of copper from hydrochloric exching solution // Solv. Extr. and Ion. Exch, 1993. V. 11. № 4, p. 555–567.
7. Rokukawa N. Sing ammoniac solutions from leaching cobalt cake // Mining and Mater Process Inst. Japan, 1993. V. 109. № 5. P. 373–377.
8. Навтанович М.Л., Красников Г.П., Мутова Л.С. Исследования в области металлургии никеля и кобальта и др. Научн. тр. – Ленинград, 1983. С. 106–113.
9. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991. 432 с.
10. Воропанова Л.А. Извлечение металлов из полиметаллического сырья с регенерацией основного (NH<sub>3</sub>) и кислого (HCl) реагентов // Экология и промышленность России, 2019. Т. 23. № 2. С. 52–54.
11. Воропанова Л.А. Теория и практика экстракционных процессов извлечения цветных металлов из водных растворов // Монография, 2018. – Владикавказ: из-во «СОИГ-СИ». 647 с.

## EXTRACTION OF Fe, Mn, Cu, Ni AND Co FROM THE CAKE OBTAINED AFTER SODA SINTERING AND LEACHING OF TUNGSTEN CONCENTRATE

L.A. Voropanova<sup>1</sup>, F.A. Gagieva<sup>2</sup>, N.B. Kokoeva<sup>3</sup>,  
D.G. Korobeynikov<sup>4</sup>, A.A. Shanaev<sup>5</sup>, A.A. Popov<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Dr, Professor, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University).

<sup>2</sup> PhD, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University).

<sup>3</sup> PhD, Associate Professor, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University).

<sup>4, 5, 6</sup> the students North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University).

**Abstract.** Deactivation of buried waste is a complex scientific and technical problem. Leaching methods for metal extraction in the processing of concentrates, middlings and solid waste are known. However, further research on the extraction of non-ferrous metals from the wastes of metallurgical production remains relevant.

The cake, obtained after soda sintering and tungsten concentrate leaching of PAO «Pobedit» is distinguished by a high content of iron, calcium, silicon and manganese.

The purpose of this study is to create an effective method of more comprehensive extraction from the cake into a solution of Fe, Mn, Cu, Ni, Co and conservation in the cake after leaching Mo, W, Nb, Ta.

The oxidation of the cake with oleum followed by leaching with a solution of sulfuric acid can convert into a solution of Mn, Fe, Ni, Co and Cu. The extraction totalled:

Mn	Fe	Ni	Co	Cu	Al
75.29	91.64	93.33	95.56	92.59	99.03

The leaching solution can be used for the selective extraction of Fe, Mn, Ni, Co and Cu.

The residue after extraction of Mo, W, Ta, Nb can be used as a raw material for production of building materials.

**Keywords:** cake, sintering, leaching, concentrate, tungsten, iron, manganese.

## REFERENCES

1. Vinokurov S.F., Gurbanov A.G., Bogatikov O.A., Sychkova V.A., Shevchenko A.V., Leksiy A.B., Dudarov Z.I. Geokhimicheskie osobennosti utilizatsii zahoronennykh othodov Tyrnyauzskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata metodom kislogo vyshchelachivaniya // Doklady Akademii Nauk, 2016, tom 470, № 4, S. 344–347
2. Vol'dman G.M., Zelikman A.N. Teoriya gidrometallurgicheskikh processov. – M.: Metallurgiya, 1993. S. 139–157.
3. Dric M.E., Budberg P.B. i dr. Spravochnik. Svoystva elementov. Tom 1. S. 78.
4. Voropanova L.A. Issledovaniya i razrabotka tekhnologij pererabotki othodov predpriyatij cvetnoj metallurgii // Monografiya, 2013. – Vladikavkaz: MAVR. 420 s.
5. Bubnov V.K. i dr. Teoriya i praktika dobychi poleznykh iskopaemykh dlya kombinirovannykh sposobov vyshchelachivaniya. – Celinograd, 1992. 544 s.
6. Kyuchourov G., Mishonov I. A new extractant mixture for recovery of copper from hydrochloric exching solution // Solv. Extr. and Ion. Exch, 1993. V. 11. № 4, r. 555–567.
7. Rokukawa N. Sing ammoniac solutions from leaching cobalt cake // Mining and Mater Process Inst. Japan, 1993. V. 109. № 5. P. 373–377.
8. Navtanovich M.L., Krasnikov G.P., Mutova L.S. Issledovaniya v oblasti metallurgii nikelya i kopal'ta i dr. Nauchn. tr. – Leningrad, 1983. S. 106–113.
9. Zelikman A.N., Korshunov B.G. Metallurgiya redkih metallov. – M.: Metallurgiya, 1991. 432 s.
10. Voropanova L.A. Izvlechenie metallov iz polimetallicheskogo syr'ya s regeneraciej osnovnogo (NH<sub>3</sub>) i kislogo (HCl) reagentov // Ekologiya i promyshlennost' Rossii, 2019. T. 23. № 2. S. 52–54.
11. Voropanova L.A. Teoriya i praktika ekstrakcionnykh processov izvlecheniya cvetnykh metallov iz vodnykh rastvorov // Monografiya, 2018. – Vladikavkaz: iz-vo «SOIGSI». 647 s.