

УДК 504.062.2: 632.15  
AGRIS T01

https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/08

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ КАДАМЖАЙСКОГО СУРЬМЯНОГО КОМБИНАТА

©*Эркинбаева Н. А., Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызстан*

©*Ташполотов Ы., д-р физ.-мат. наук, Ошский государственный университет,  
г. Ош, Кыргызстан*

©*Ысманов Э. М., канд. физ.-мат. наук, Институт природных ресурсов ЮО НАН КР,  
г. Ош, Кыргызстан, eshkozu1960@mail.ru*

## RESEARCH OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF INDUSTRIAL WASTE OF THE KADAMZHAY ANTIMONY COMBINE

©*Erkinbaeva N., Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan*

©*Tashpolotov Y., Dr. habil., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan*

©*Ysmanov E., Ph.D., Institute of Natural Resources SB NAS KR,  
Osh, Kyrgyzstan, eshkozu1960@mail.ru*

*Аннотация.* В настоящей статье представлены исследования химического состава техногенных отходов (шлак отвальный и флотационный хвостовой отход). Данное исследование в отличие предыдущих исследований проводилось химическими, атомно-эмиссионными, рентгено-флуоресцентными методами. Определены ценные редкоземельные химические элементы (иттербий, иттрий, лантан, скандий), ценные химические элементы (сурьма, титан, ванадий, вольфрам, ниобий, индий, германий, галлий, тантал, молибден, стронций, бериллий, цирконий, кобальт) и другие. Исследованы оксиды элементов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{FeO}$ ). Токсические элементы (мышьяк, кадмий, олово, свинец). Эти исследования проводились с целью использования техногенных отходов в различных отраслях народного хозяйства для утилизации техногенных отходов и улучшить экологические обстановки региона и снизить материальные затраты для производства новых продуктов.

*Abstract.* This article investigates the chemical composition of industrial waste (dump slag and flotation tailings). This study, in contrast to previous studies, was carried out by chemical, atomic emission, X-ray fluorescence methods. Valuable rare earth chemical elements (ytterbium, yttrium, lanthanum, scandium), valuable chemical elements (antimony, titanium, vanadium, tungsten, niobium, indium, germanium, gallium, tantalum, molybdenum, strontium, beryllium, zirconium, cobalt) and others have been determined. The oxides of elements ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{FeO}$ ) have been investigated. Toxic elements (arsenic, cadmium, tin, lead). These studies were carried out with the aim of using man-made waste in various sectors of the national economy for the disposal of man-made waste and to improve the environmental situation in the region and reduce material costs for the production of new products.

*Ключевые слова:* загрязнение, тяжелые металлы, отходы, шлак, геохимия, горнодобывающие отвалы, хвостохранилище.

*Keywords:* pollution, heavy metals, waste, slag, geochemistry, mining dumps, tailings.



### Введение

В последнее десятилетие проблемы загрязнения природных систем токсичными отходами техногенного происхождения, привлекает все большее внимание в силу нарастающего влияния, их источников на окружающую среду и через трофические цепи на организм человека. Однако, в связи с развитием горнодобывающей и металлургической промышленности, загрязнение природных поверхностных и грунтовых вод, почва, рудничными водами, дренажными потоками с отвалов и хвостохранилищ, жидкими металлургическими стоками, мигрирующими пылевыми и аэрозольными ореолами даже в районах, удаленных от областей локализации техногенных объектов возрастает. Защита среды обитания от последствий деятельности человека является актуальной задачей, приобретающий первостепенное значение среди наук о земле [1].

Установленные закономерности позволили предложить метод очистки техногенных стоков с помощью водной растительности, которая является весьма эффективным аккумулятором токсичных элементов. Способность к аккумуляции в данных отложениях и гидробионтах, как известно, возрастает в ряду As, Pb, Hg, Cd, Cu, Zn, Ni и поэтому считаем нужным подчеркнуть то, что помимо непосредственного токсического действия на биоты, тяжелые металлы имеют тенденцию накапливаться в отдельных звеньях цепи «поверхностные вода иловые растворы → донные осадки → высшее растение → почвы → животный мир → человек». Это усиливает их долговременную опасность, которая может реализоваться при любом изменении условий существования системы в стационарном состоянии [2].

Проблемы влияния складированных отходов горнорудной промышленности на окружающую среду и человека была сформулирована несколько десятилетий назад. По мере детального изучения, процессов происходящих в пределах искусственных геологических (техногенных) объектов и внешних связей последних с природными компонентами: атмосферой, реками, внутренними водоемами, почвами и т. д., это влияние воспринимается как реальная опасность. Актуальность исследования взаимодействия техногенной и природной систем, обусловлена необходимостью составления ближайшего и долговременного прогноза состояния окружающей среды в условиях повышенной антропогенной нагрузки. Правильность и надежность эколого-геохимического прогноза зависит от комплексности изучения специфических особенностей конкретных объектов, локализирующих в различных геологических условиях. Потенциально, любая промышленная технология содержит угрозу здоровью человека и экологии, но безопасна, пока вредные воздействия не превышают пределов установленных нормой. Отходы горнодобывающей и металлургической промышленности, считающихся низкотоксичными, до настоящего времени складировались и хранятся в различных накоплениях, зачастую без соблюдения соответствующих экологических норм и требований. Постоянно возрастающие объемы складированных отходов формируют новые техногенные ландшафты. С ростом высоты отвалов и терриконов, с увеличением площади осушенных территорий они становятся все более интенсивными источниками пылеобразования и дренажных стоков содержащих металлы, мышьяк и другие токсические элементы. К сожалению не учитывается долговременность действия таких источников.

В результате почва, подземные и поверхностные воды многих регионов подвержены интенсивному загрязнению в течение десятков лет, усиливающемуся в период паводков и других разрушающих событий. Для экологически обоснованного и сбалансированного

использования и охраны земельных ресурсов необходимо формирование оптимальной структуры землепользования, минимизация негативного воздействия на земли разноплановой хозяйственной деятельности [3–4].

В случае электрохимического процесса ионы мышьяка и железо сильно мешают и поэтому при выщелачивании сурьмяных отходов необходимо проведение предварительной очистки и осаждение соединений мышьяка и железа химическим методом. В процессе осадительной реакции в реакторе осаждаются соединения мышьяка и железа и эти вещества после фильтрации автоматически можно сливать на специальные отвалы. После проведения осадительного процесса в электролите содержится очень малое количество ионов мышьяка, а ионы  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  отсутствуют [5].

Известно, что горнорудная промышленность является одним из мощных источников антропогенного преобразования, окружающей среды. Добыча и обогащение, складирование транспортировки горных пород, захоронение окружающей среды промышленными отходами и тяжелыми металлами, что может привести к деградации природных экосистем региона [6].

В настоящее время на территории Кадамжайского сурьмяного комбината (КСК) имеются десятки миллионов тонн промышленных отходов [7]. Как известно, в результате осадительной плавки получают черновую сурьму, штейн, шлак, и газ. Химический состав штейна и шлака, образованные в процессе осадительной плавки [8] показаны в Таблице 1.

Таблица 1.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ  
КАДАМЖАЙСКОГО СУРЬМЯНОГО КОМБИНАТА (КСК)

Наименование отходов	Химическое соединение	Химический состав, в %	Сурьма, в %
Штейн отвальный	FeO	34–40	3–6
	Na <sub>2</sub> O	8–15	
	S	25–35	
	As	0,75–3,00	
Шлак отвальный	SiO <sub>2</sub>	35–60	0,45–1,00
	S	2–4	
	FeO	25–35	
	Na <sub>2</sub> O	12–17	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6–10	
	CaO	8–15	
	MgO	1–3	
	As	0,75	

Экспериментальная часть

В экспериментальной части исследованы и определены химический состав техногенных отходов, шлак намагниченный, шлак в виде песка, флотационный хвостовой отход и природная глина Кадамжайского сурьмяного комбината химическим методом, (Таблицы 2–4).

Также исследованы и определены атомный состав элементов техногенных отходов атомно-эмиссионным методом, что приближено к количественным методам испарения пробы с применением угольного электрода ОМГ6-01 спектр-87 (Таблица 5).

Таблица 2.  
 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ОТОБРАННЫХ ПРОБ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ  
 КАДАМЖАЙСКОГО СУРЬМЯНОГО КОМБИНАТА (КСК)

Наименование пробы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	S	FeO	Na <sub>2</sub> O	Sb	mm	W%	c	P	Проч.	∞%
Шлак (намагниченный)	60,63	4,66	3,63	4,30	2,45	0,4	20,4	—	0,24	1,63	0,24	—	—	1,69	100
Шлак (в виде песка)	60,78	4,06	4,69	5,48	1,20	0,44	20,1	—	0,4	1,10	0,36	—	—	2,39	100
Флотационный хвостовой отход	30	4,14	5,2	56,1	1,4	—	—	—	0,5	1,41	1,04	—	—	1,42	100
Природная глина	27,9	10,7	8,2	6,5	2,4	1,0	—	2,0	—	4,0	6,0	22	1,8	7,5	100

Таблица 3.  
 ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУДЫ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОЙ В ОБОГАТИТЕЛЬНОМ ЦЕХЕ

Наименование сырья	Рудовмещающие породы			Полезные компоненты		
	Кремнистые соединения, %	Глинистые углистые сланцы, %	Известняки, % CaCO <sub>3</sub>	Антимонит Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Валентинит Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие, %
Руда сурьмяная рядовая	70–90	30–10	10	0,60	0,38	0,02

Таблица 4.  
 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РУДЫ, ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОЙ В ОБОГАТИТЕЛЬНОМ ЦЕХЕ

Наименование сырья	Содержание, %									
	As	Pb	Cu	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	S <sub>общ.</sub>
Руда сурьмяная рядовая	0,038	0,12	0,08	70	0,64	5,90	17,39	1,12	1,05	2,69

Таблица 5.  
 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ (ШЛАК ОТВАЛЬНАЯ) КСК  
 ИССЛЕДОВАНО РЕНТГЕНО-ФЛУОРОСЦЕНТНЫМ МЕТОДОМ

№п/п проб	Nb	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Mo	W	Zr	Nb
1	1	12.10 <sup>2</sup>	7.10 <sup>3</sup>	1.2.10 <sup>3</sup>	3.10 <sup>1</sup>	0.9.10 <sup>-3</sup>	15.10 <sup>-3</sup>	0.9.10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	1,5.10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>
In	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Zn	Cd	Sn	Ge	
10 <sup>-3</sup>	40.10 <sup>-3</sup>	70.10 <sup>-3</sup>	1.3.10 <sup>-4</sup>	>100.10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	3.10 <sup>-2</sup>	>100.10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	9.10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	
Ga	Yb	Y	La	P	Be	Sr	Ba	Li	Ta	Th	U
0.5.10 <sup>-3</sup>	0.3.10 <sup>-3</sup>	3.10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-4</sup>	3.10 <sup>-2</sup>	12.10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-1</sup>
Au	Sc	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O			
10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	>50%	5%	3%	7%	4%	1.2%	0.15%			

Результаты спектрального анализа показали, что в техногенном отходе Кадамжайского сурьмяного комбината, содержатся очень ценные редкоземельные элементы как иттербий, иттрий, лантан, и скандий (Yb, Y, La, Sc), кроме того содержатся ценные элементы как титан, ванадий, вольфрам, ниобий, индий, германий, галлий, тантал, молибден, стронций, фермий, цирконий, кобальт и др.

Таблица 6.

МЕТОДИКА XRF-СПЕКТРОМОРНС, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ XL3T-960

№ n/n	Химические элементы	Шлак отвалный, мг/кг	№ n/n	Химические элементы	Шлак отвалный, мг/кг
1	As	$7,0 \times 10^{-3}$	24	U	$10^1$
2	Pb	$69 \times 10^{-3}$	25	Ga	$0,4 \times 10^{-3}$
3	Sb	$>100 \times 10^{-2}$	26	Yb	$0,4 \times 10^{-3}$
4	Cr	$16 \times 10^{-3}$	27	Y	$3,2 \times 10^{-3}$
5	Zn	$>90 \times 10^{-2}$	28	La	$10^{-2}$
6	Cu	$41 \times 10^{-3}$	29	P	$10^{-1}$
7	V	$0,9 \times 10^{-3}$	30	Sr	$2,7 \times 10^{-2}$
8	Ni	$7,2 \times 10^{-3}$	31	Ta	$10^{-1}$
9	Mn	$14 \times 10^{-2}$	32	Th	$10^{-3}$
10	Be	$10^{-4}$	33	Bi	$10^{-3}$
11	Ti	$3,2 \times 10^{-1}$	34	Li	$10_{-3}$
12	Rb	$10^{-3}$	35	Ag	$1,5 \times 10^{-3}$
13	Cr	$10^{-3}$	36	In	$10^{-3}$
14	Zr	$1,4 \times 10^{-2}$	37	Mo	$10 \times 10^{-3}$
15	Te	$10^{-3}$	38	SiO <sub>2</sub>	59,0 %
16	Cs	$10^{-3}$	39	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,6%
17	Ba	$12,5 \times 10^{-2}$	40	Na <sub>2</sub> O	1,0%
18	Cd	$10^{-2}$	41	K <sub>2</sub> O	0,17%
19	Sn	$8 \times 10^{-2}$	42	MgO	2,8%
20	W	$10^{-2}$	43	CaO	6,0%
21	Au	$11 \times 10^{-3}$	44	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,0%
22	Co	$1,4 \times 10^{-3}$	45	FeO	20%
23	Ge	$10^{-3}$			

Результаты полученных данных позволили сделать следующие выводы:

Исследованы и определены особо ценные редкоземельные элементы техногенных отходов КСК: иттербий, иттрий, лантан, скандий.

Исследованы и определены ценные элементы: титан, ванадий, вольфрам, ниобий, индий, германий, галлий, тантал, молибден, стронций, бериллий, цирконий, кобальт и др.

Определены оксиды элементов для использования в качестве сырья производства портландцемента и строительных материалов техногенных отходов КСК: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, S, FeO.

Список литературы:

1. Бортникова С. Б., Гаськова О. Д., Бессонова Е. П. Геохимия техногенных систем. Новосибирск: Гео, 2006. 169 с.
2. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
3. Дженбаев Б. М., Мурсалиев А. М. Биохимия природных и техногенных экосистем Кыргызстана. Бишкек: Илим, 2012. 404 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
5. Ысманов Э. М., Абдалиев У. К., Ташполотов Ы. Осаждения мышьяка и железа из

промышленных отходов (штейна и шлака) Кадамжайского сурьмяного комбината химическим методом // Международный журнал экспериментального образования. 2017. №1. С. 44-47.

6. Калдыбаев Б. К. Эколого-биохимическая оценка природно-техногенных экосистем Прииссыккуля. Бишкек: Олимп, 2010. 246 с.

7. Ысманов Э. М., Абдалиев У. К., Ташполотов Ы. Обогащение сурьмяных отходов на основе гравитационного метода // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. №7 (5). С. 779-782.

8. Ананаев Н. И. Комбинированный способ переработки сурьмяного сырья. Алматы, 1966. 25 с.

#### References:

1. Bortnikova, S. B., Gaskova, O. D., & Bessonova, E. P. (2006). Geokhimiya tekhnogennykh sistem. Novosibirsk. (in Russian).

2. Alekseev, Yu. V. (1987). Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh. Leningrad. (in Russian).

3. Dzhenbaev, B. M., & Mursaliev, A. M. (2012). Biokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh ekosistem Kyrgyzstana. Bishkek. (in Russian).

4. Kabata-Pendias, A., & Pendias, Kh. (1989). Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. Moscow. (in Russian).

5. Ysmanov, E. M., Abdaliev, U. K., & Tashpolotov, Y. (2017). Osazhdeniya mysh'yaka i zheleza iz promyshlennykh otkhodov (shteyna i shlaka) Kadamzhayskogo sur'myanogo kombinata khimicheskim metodom. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, (1), 44-47. (in Russian).

6. Kaldybaev, B. K. (2010). Ekologo-biokhimicheskaya otsenka prirodno-tekhnogennykh ekosistem Priissykkul'ya. Bishkek. (in Russian).

7. Ysmanov, E. M., Abdaliev, U. K., & Tashpolotov, Y. (2016). Obogashchenie sur'myanykh otkhodov na osnove gravitatsionnogo metoda. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 7(5), 779-782. (in Russian).

8. Ananaev, N. I. (1966). Kombinirovannyu sposob pererabotki sur'myanogo syr'ya. Almaty. (in Russian).

Работа поступила  
в редакцию 02.11.2020 г.

Принята к публикации  
10.11.2020 г.

#### Ссылка для цитирования:

Эркинбаева Н. А., Ташполотов Ы., Ысманов Э. М. Исследование химического состава промышленных отходов Кадамжайского сурьмяного комбината // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №12. С. 73-78. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/08>

#### Cite as (APA):

Erkinbaeva, N., Tashpolotov, Y., & Ysmanov, E. (2020). Research of the Chemical Composition of Industrial Waste of the Kadamzhay Antimony Combine. *Bulletin of Science and Practice*, 6(12), 73-78. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/61/08>