

ТЕХНОГЕННЫЕ ОТХОДЫ – НОВЫЙ ИСТОЧНИК СЫРЬЯ ЦВЕТНЫХ, БЛАГОРОДНЫХ, РЕДКИХ И ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ АЛМАЛЫКСКОГО ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Турсебеков А. Х.¹, Шукуров Н. Э.¹, Шарипов Х. Т.²,
Алабергенов Р. Д.³, Зунунов А. Ч.¹, Шукуров Ш. Р.¹

¹Институт геологии и геофизики им. Х. М. Абдуллаева Госкомгеологии РУз;

²ГУП «Фан ва тараккият» при ТашГТУ;

³Центральная лаборатория Госкомгеологии РУз, г. Ташкент, Узбекистан

В Алмалыкском горнорудном районе кроме запасов, выявленных для промышленного освоения и эксплуатируемых месторождений, имеются также и не традиционные ресурсы – отходы обогащения и металлургического передела медно-молибденовых, свинцово-цинковых и золоторудных месторождений.

Техногенные отходы (месторождения) горного, обогатительного и металлургического производства представлены отвальными материнскими первичными забалансовыми сульфидными

рудами и продуктами их окисления (балансовые, и забалансовые смешанные и окисленные руды), хвостами обогащения медно-молибденовых и свинцовых руд: шлаками; коками металлургического производства и др., которые заскладированы на ОАО Алмалыкском горно-металлургическом комбинате (АГМК) [1–5].

Как видно из приведенных данных, объемы вторичного минерального сырья могут обеспечить производство АГМК на длительный период (табл. 1).

Таблица 1

Авторский подсчет запасов цветных, благородных и редких металлов в нетрадиционных техногенных месторождениях АГМК

Показатель	В отвалах, т	Cu		Mo		Pb		Zn		S		Au		Ag		ЭПГ	
		%	т	г/т	т	%	т	%	т	%	т	г/т	т	г/т	т	г/т	т
Отходы забалансовых первичных, окисленных, смешанных руд	177418000	0.4	709672	40	7090	0.035	62296	0.04	70967	1.5	2661270	0.7	124	3.0	531	0.12	21
Отвальные хвосты обогащения МОФ (хвостохранилища № 1, 2)	900000000	0.24	2160000	35	22500	0.03	270000	0.036	360000	2.48	22500000	0.3	270	2.7	2700	0.06	36
Отвальные хвосты обогащения СОФ	502400000	0.11	552000	5	2500	0.30	1207200	0.30	1207200	0.96	5024000	0.2	100.4	1.05	5292	0.03	15
Шлаки медеплавильного завода	12380000	2.0	247600	790	9904	0.41	4952	0.53	65614	2.18	294360	1.8	26	73	9037	0.18	2
Медный клинкер цинкового завода	110000	1.9	42000	150	165	1.2	13200	2.2	24200	9.6	110000	3.5	38	250	2700	0.8	1.1
Отвальные клинкеры цинкового завода	39533000	0.26	112985	5	167	0.4	133132	1.26	435930	4.0	1571320	0.4	15	26	1027	–	–
Отвалы забалансовых и балансовых окисленных и первичных свинцово-цинковых руд	49146000	–	–	–	–	0.88	182000	0.82	178000	8.0	3931680	–	–	–	–	–	–
Итого	2779817000		3724257		42326		1690650		2341910		36092630		573		21487		75
Показатель	В отвалах, т	Re		Se		Te		Cd		Bi		As		Sb		Tl	
		г/т	т	г/т	т	г/т	т	г/т	т	г/т	т	г/т	т	г/т	т	г/т	т
Отходы забалансовых первичных, окисленных, смешанных руд	177418000	0.3	53	3.0	531	1.5	266	22.0	2087	4.0	709	300	53125	12.0	1403	1.5	266
Отвальные хвосты обогащения МОФ (хвостохранилища № 1, 2)	900000000	1.6	1260	4.0	3600	2.0	704	6.2	5400	3.0	2700	40	36000	11.0	9900	2.5	2250
Отвальные хвосты обогащения СОФ	502400000	0.1	50	3.5	1758	4.0	2009	25.0	1256	4.0	2009	40	20096	5.0	2512	1.0	50
Шлаки медеплавильного завода	12380000	0.012	1.4	2.5	29	1.3	16	17.5	206	3.0	37	800	9904	800	9904	1.0	12
Медный клинкер цинкового завода	110000	–	–	80	88	16.0	17	30.0	33	46	50	6500	7700	800	880	1.5	1
Итого	1693298000		1544		6006		3012		9802		5505		125825		24600		2580

Характерной особенностью данного вида сырья является его легкодоступность, все техногенные руды находятся на поверхности и залегают компактно и соответственно не требуют больших затрат на добычу; т. е. отпадает самый трудоемкий и дорогостоящий процесс – дезинтеграция и извлечение пород содержащие руды из монолитного массива (проходка буровзрывных скважин, взрывание и экскавация пород). Наличие в них высоких остаточных содержаний металлов и близость развитой инфраструктуры по добыче и переработке руд является весьма привлекательной.

Поэтому вовлечение в производство техногенных отходов имеет необходимую реальность. Общее количество не востребованных техногенных отходов на АГМК более 1 млрд тонн, которые занимают значительные площади.

В результате минералого-технологического картирования выше перечисленных объектов техногенных отходов, по профилям были отобраны сотни проб для изучения химического состава, распределения цветных, благородных, редких и др., а также токсичных металлов и форм их нахождения.

Для этого были использованы высокоразрешающие, локальные аналитические приборы нового поколения: ICP – масс-спектрометр Elan 6000 (Perkin Elmer, США); рентгено-флуоресцентный анализатор ES-2000R (Oxford Inst., Англия); электронный микроскоп с электронно-зондовым микроанализатором JXA-8800R «Superprobe».

В результате минералогических и аналитических исследований в техногенных отходах установлены значительные концентрации цветных, благородных, редких и токсичных металлов (табл. 2, 3).

Таблица 2

Среднее содержание элементов и их кларки концентраций в техногенных отходах медного и цинкового производства АГМК

Элемент, г/т	Кек цинкового завода	КК	Шлак медного производства	КК	Пыль горно-металлургического производства	КК	Кларк элемента, г/т
Fe	550000	11.1	51000	10.9	120000	2.5	46500
Cr	1000	12	389	4.7	155	2	83
Mn	13600	13.6	1900	1.9	1500	1.5	1000
Ti	30000	6.6	3678	0.8	6000	1.3	4500
V	140	1.7	2560	28.4	120	1.3	90
S	95800	204	21800	46	24000	51	470
Cu	23600	500	20200	430	1200	26	47
Mo	150	136	790	718	22	20	1.1
Zn	23700	273	5284	63.6	700	8.4	83
Pb	13300	831	4110	256	900	60	16
Ni	180	3.1	1050	18	85	1.4	58
Co	120	7.0	747	41	80	4.4	18
As	7000	3813	777	498	900	530	1.7
Sb	800	1600	763	1526	35	70	0.5
Au	3.5	804	4.34	1009	3.1	721	0.0043
Ag	588	841000	4.09	587	9.2	1300	0.007
ΣЭПГ	0.7	700	0.87	870	0.25	250	0.001
Re	0.08	46	0.017	24	0.08	114	0.0017
Se	80	1600	2.41	48	7.0	140	0.05
Te	16	2100	1.29	185	2.5	355	0.007
Cd	12	92	17.3	133	14	1080	0.013
In	2	9	4.9	20	0.40	2	0.25
Hg	17	204	0.59	7	5.0	60.2	0.083
Tl	–	–	0.61	0.6	2.0	2	1.0
Bi	30	4285	40	5714	4.3	477	0.007
Ga	99	5.2	8.16	0.4	13.6	0.7	19
Ge	–	–	1.98	1.4	2.0	1.5	1.4
W	67	32	17	13	61	47	1.3
Sn	180	72	37.3	15	28	11.2	2.5
ΣTR	205	1.2	220	1.4	2.25	1.4	168
Количество проб	250		350		50		

Примечание: КК – кларк концентраций; «–» – элемент не обнаружен; ΣЭПГ – сумма элементов платиновой группы; ΣTR – сумма редкоземельных элементов. Анализы выполнены в ИГиГ и Гохран РУз. Аналитик Е. Н. Игнатиков.

Техногенные отходы являются геохимической системой, где происходит рассеяние одних металлов и концентрация других, которое зависит от геохимических свойств металлов и свойств самой системы. Отсюда следует, что техногенные отходы являются геохимической системой, которая характеризуется определением уровня среднего содержания металла и может быть описана соответствующим кларком.

Местом скопления и концентрации элементов является геохимический концентр (ГК) – продукт механических, химических реакций и концентрацией элементов, образованный отработкой и переработкой первичных руд

и в дальнейшем в местах дислокации подверженные различными процессами выветривания и окисления, за счет атмосферных осадков, поверхностных и подземных вод. За основу выделения берется расчетный кларк концентраций (КК). Эта величина отражает экономическое понятие и носит объективное научное представление о техногенных отходах.

Анализ расчетных данных (КК) для всех техногенных отходов показал, что они являются ГК, которые по содержанию металлов являются высококомплексными, где кроме основных цветных металлов, присутствуют благородные, редкие и токсичные металлы (табл. 2, 3).

Таблица 3

Среднее содержание элементов, их кларки концентраций в техногенных отходах переработки месторождения Кальмакыр

Элемент, г/т	1	КК	2	КК	3	КК	4	КК	Кларк элемента, г/т
Fe	65000	1.4	40000	8	55900	12	6330	13.9	46500
Cr	–	–	–	–	1600	80	2100	26.5	83
Mn	300	3.6	400	48	1000	1	1200	1.2	1000
Ti	5300	1.2	6700	1.5	4000	0.8	6000	1.1	4500
V	–	–	–	–	95	1.05	102	1.1	90
S	10000	21.3	15000	31.9	35800	78	47000	100	470
Cu	8000	170	4000	85	1600	34	2100	45	47
Mo	20	18	30	27	30	28	20	19	1.1
Zn	480	5..	500	6.2	7240	87	450	5.4	83
Pb	480	30	300	19	230	14	300	19	16
Ni	50	0.1	31	0.05	81	1.5	72	1.3	58
Co	61	3.1	40	2.2	101	6	81	4.5	18
As	50	30	400	235	68	40	60	35	1.7
Sb	23	46	54	108	634	1270	300	600	0.5
Au	1.2	280	0.5	117	0.21	50	0.5	121	0.0043
Ag	4.1	585	1.9	270	2.2	314	1.6	210	0.007
ΣЭПГ	0.12	120	0.14	140	0.118	118	0.18	180	0.001
Re	4	5287	4.5	143	0.3	428	0.1	143	0.0007
Se	3.3	60	3.5	70	3.1	62	7.5	150	0.05
Te	1	143	2	286	2.1	300	2.8	400	0.007
Cd	10	770	8	615	2.5	115	16	1246	0.013
In	4	16	4.3	17	2.0	8	5.0	20	0.25
Hg	–	–	–	–	1.0	12	1.9	23	0.083
Tl	–	–	–	–	1.0	1	1.9	1.9	1.0
Bi	–	–	–	–	8.5	1214	4.5	643	0.007
Ga	9	0.5	2.9	0.16	25	1.5	15	0.9	19
Ge	3	2	3	2	1.0	0.7	4.5	3	1.4
W	–	–	–	–	31	24	26	20	1.3
Sn	–	–	–	–	4.8	2	12.5	5	2.5
ΣTR	–	–	–	–	105	0.5	167	1	168
Количество проб	40		50		80		350		

Примечание: Руда окисленная: 1 – балансовая, 2 – забалансовая; 3 – руда первичная (забалансовая); 4 – хвосты обогащения; КК – кларк концентраций; «–» – элемент не обнаружен; ΣЭПГ – сумма элементов платиновой группы; ΣTR – сумма редкоземельных элементов. Анализы выполнены в ИГиГ и Гохран РУз. Аналитик Е. Н. Игнатиков.

Данный показатель указывает, какие металлы наиболее концентрированы в отдельно взятом ГК,

и какие являются экономически важными металлами для разработки технологии их извлечения.

В техногенных отходах (отвалах) содержится значительное количество забалансовых медно-молибденовых руд. Среди них выделяются первичные сульфидные (50–60%) и смешанные и окисленные руды (около 40%).

В первичных забалансовых рудах в среднем содержание меди (0.16%), золота (0.21 г/т), серебра (2.24 г/т), сумма платиноидов ΣЭПГ (0.3 г/т), рения (0.3 г/т), молибдена (30 г/т), в значительных количествах присутствуют Te, Se (табл. 2).

Среднее содержание меди в окисленных балансовых и забалансовых рудах составляет соответственно (0.8% и 0.4%), молибдена (20, 30 г/т), золота (1.2, 0.5 г/т), серебра (4.1, 1.9 г/т), рения (4, 4.5 г/т), ΣЭПГ (0.12, 0.14 г/т), присутствуют также в значительных количествах Se, Te, Cd (табл. 2).

Среднее содержание меди в хвостах обогащения медной обогатительной фабрики составляет (0.21%), молибдена (20 г/т), золота (0.5 г/т), серебра (1.6 г/т), ΣЭПГ (0.18 г/т), рения (0.1 г/т), в завышенных количествах присутствуют Se, Te, Cd, Bi, Jn (табл. 2).

Более перспективными по содержанию металлов являются отходы металлургического производства, особенно клинкеры (кеки) цинково завода и шлаки медного производства.

В клинкерах отмечается значительные концентрации меди в среднем (2.3%), молибдена (150 г/т), цинка (2.4%), свинца (1.3%), золота (3.5 г/т), серебра (588 г/т), ΣЭПГ (0.7 г/т), селена (80 г/т), теллура (16 г/т), кадмия (12 г/т), Bi (30 г/т) (табл. 3)

Кроме этих основных компонентов, в медных клинкерах установлены значительные концентрации железа, в среднем (55%). Форма нахождения – легко извлекаемые минералы (магнетит, гематит) (табл. 3).

В шлаках медного производства установлены значительные концентрации металлов, кото-

рые в среднем составляют меди (2.0%), молибдена (790 г/т), Fe (51%), цинка (0.52%), свинца (0.4%), Ni (0.10%), золота (4.3 г/т), серебра (4.1 г/т), ΣЭПГ (0.87 г/т), кадмий (17.3 г/т), Jn (4.9 г/т), Bi (40 г/т) (табл. 3).

В пылях металлургического производства присутствуют в значительных концентрациях железа (12%), сера (2.4%), меди (0.12%), золота (3.1 г/т), серебра (9.2 г/т), ΣЭПГ (0.25 г/т), Se (7 г/т), Cd (14 г/т), Bi (4.5 г/т) (табл. 2, 3).

Для вышеперечисленных металлов находящиеся в техногенных отходах АГМК вычислены (КК) которые указывают, что металлы в данных отходах концентрируются в сотни и тысяча раз (табл. 2, 3).

Для всех перечисленных металлов техногенных отходов АГМК установлены формы их нахождения: для меди халькопирит, борнит, халькозин, ковелин, куприт, азурит, Cu-пирит и др.; для молибдена – молибденат, молибдит, повелит и др.; для золота – самородное золото, теллуриды и селениды золота и др.; для серебра – самородное серебро, аргентит, селениды и теллуриды серебра, сульфосоли серебра; для платиноидов – меренскит; для рения – ReS₂, джезказганит, ReMoS₂; для свинца – галенит, церусит и др.; для цинка – сфалерит, слейтсонит и др.; для кадмия – гриконит; для висмута – висмутин, теллуриды и селениды висмута.

В таблице 1 приводятся материалы авторского подсчета запасов лидирующих промышленно ценных металлов Cu, Mo, Pb, Zn, S, Au, Ag, ΣЭПГ, Re, Se, Te, Cd, Bi, As, Sb, Tl.

В таблице 4 представлены материалы извлекаемые, перспективные для извлечения, установленные, но не извлекаемые ассоциации ценных цветных, благородных, редких, радиоактивных и токсичных элементов в техногенных месторождениях АГМК.

Таблица 4

Извлекаемые, перспективные для извлечения, установленные, но не извлекаемые ассоциации цветных, благородных, редких и радиоактивных элементов из техногенных месторождений АГМК

Месторождение	Рудный компонент		
	извлекаемый	перспективный для извлечения	установленный, но не извлекаемый
Отвалы балансовых и забалансовых окисленных и первичных руд	–	Cu, Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Ru, Os–187, Mo, <u>S</u> , <u>As</u> , <u>Sb</u> , Bi	Ni, Co, <u>Th</u> , U, TR, <u>Tl</u> , Ge, Ga, In, <u>Hg</u> , P, Zn, Fe
Хвосты обогащения СОФ и МОФ	–	Ag, Cu, <u>Bi</u> , <u>As</u> , <u>Sb</u> , Au, <u>Se</u> , <u>Te</u>	Ni, Co, <u>Tl</u> , Ga, In, TR, Fe
Кеки цинкового завода	–	<u>Cu</u> , Au, Ag, Mo, Re, <u>Cd</u> , <u>Se</u> , <u>Te</u> , <u>Zn</u> , <u>Pb</u> , Fe	In, <u>Ni</u> , <u>Co</u> , <u>Th</u> , U, Ga, Ge, TR, <u>Tl</u> , <u>In</u> , <u>Hg</u> , Bi, ΣЭПГ, ΣTR
Шлаки медного завода	частично Cu, Ag, Au	Fe, Mo, <u>Zn</u> , <u>Pb</u> , Se, Pt, Pd, Ru, Rh, <u>As</u> , <u>Sb</u> , Re, Cd, <u>Te</u> , <u>Bi</u>	TR, <u>Tl</u> , In, Ba, <u>U</u> , <u>Th</u> , <u>Co</u> , <u>Ni</u>
Пыли горно–металлургического производства	–	Au, Pd, Pt, Rh, Ru, <u>Cu</u> , <u>Hg</u> , <u>Bi</u> , <u>Se</u> , <u>Te</u>	<u>Zn</u> , <u>Pb</u> , <u>As</u> , <u>Sb</u> , Re, Mo, <u>Co</u> , <u>Ni</u> , Ga, Ge, <u>Cd</u> , <u>U</u> , <u>Th</u> , TR

Примечание: Подчеркиванием выделены токсичные элементы.

Полученные результаты исследований указывают на то, что техногенные отходы АГМК являются высококомплексными рудами и их можно

использовать как источник получения дополнительного количества металлов на АГМК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каширский С. А., Турсебеков А. Х. Сырьевая база Алмалыкского горнометаллургического комбината // Горный журнал, 1999. № 4. С. 1–5.

2. Турсебеков А. Х. Суперкрупные техногенные месторождения меди, благородных и редких металлов Алмалыкского рудного района (Узбекистан) // Геология и минеральные ресурсы, 2008. № 4. С. 30–35.

3. Турсебеков А. Х., Шарипов Х. Т. и др. Минералогия и геохимия высококомплексных техногенных отходов Узбекистана // Материалы всеросс. конф. «Минералы и минералообразование в природ-

ных и техногенных процессах». Уфа: Башкирская МО, 2009.

4. Турсебеков А. Х. и др. Технологическая минералогия месторождения Большой Кальмакыр. Т.: ГП «НИИМР», 2012. 107 с.

5. Турсебеков А. Х., Алабергенов Р. Д., Шарипов Х. Т. Клинкеры и шлаки цветной металлургии Узбекистана: минералогия и геохимия // Материалы междунар. конф. «Ресурсосбережения и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья». СПб., 2016. С. 441–443.