

ЭКОЛОГОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ УЧАСТКОВ АЛАВЕРДСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

© 2012 г. Г. В. Шагинян

*Институт геологических наук НАН РА,
0019, Ереван, Пр. Маршала Баграмяна, 24а, Республика Армения
E-mail: hrshah@sci.am
Поступила в редакцию 24.08.2012 г.*

В статье приводятся результаты геохимических исследований экологического состояния участков Алавердского и Шамлугского месторождений Алавердского рудного района. Установлены составы рудничных вод, которые в основном относятся к сульфатному классу, почв и донных осадков на этих участках, выведены коэффициенты и составлены ряды интенсивности миграции ведущих металлов в водной среде. Подсчитано количество выносимых рудничными водами металлов в годовом разрезе и дана оценка их влияния на окружающую среду.

Группа Алавердских месторождений (Алаверди, Ахтала, Шамлуг) расположена в северной части Армении, на южных отрогах Сомхетских гор, на левом берегу р. Дебет.

Алавердский рудный район сложен в основном мощной вулканогенной толщей (порфириты, туфы, туфобрекчии) юрского возраста, которая прорывается интрузивными породами гранитоидного состава (Геология..., 1974). Для района месторождений в целом характерны продукты вулканической деятельности. Лавовые потоки формируют спокойные, пологие формы рельефа, которые прорезаны глубокими ущельями с крутыми склонами. Такие формы рельефа определяют интенсивное перемещение выщелоченного материала поверхностным водным стоком.

Разработка месторождений в течение десятков лет привела к визуально хорошо наблюдаемым изменениям покрова на поверхности рельефа, характерных для зон окисления сульфидных месторождений. Промывающие эти образования воды как поверхностного, так и подземного стоков, также приобретают свойственные для местности характеристики и часто изменение состава (качества) вод достигает такой степени, что установление их генетически первоначального состава является невозможным. В этих случаях изучение состава вод становится необходимостью по некоторым весьма важным причинам. Из них для нас, на наш взгляд, наиболее интересными являются:

- Изучение влияния горнорудной промышленности на окружающую среду и оценка экологического состояния района риска.

- Изучение возможностей утилизации элементов из вод, т.к. содержания выносимых рудничными водами элементов иногда достигают таких значений, что в некоторых случаях создание и применение фильтров и устройств для их извлечения могут быть полностью оправданы.

Наши исследования охватили территорию рудника Лернаанк (Ленрудник) и участок Шамлугского месторождения. По литературным данным (Геология..., 1974), на Алавердском месторождении, среди поверхностных, не связанных с рудничными, встречаются воды кислые, что объясняется промыванием отвалов водами поверхностного стока. Поверхностные воды месторождения в основном сульфатные, но среди них выделяются воды кислые и нейтральные.

Проведены комплексные полевые и лабораторные исследования в 2011г. и 2012г. с целью изучения составов вод, почв и донных осадков водотоков, промывающих участки месторождений. Все аналитические исследования проводились в Гидрогеохимической лаборатории ИГН НАН РА химиками-аналитиками Ц.О. Экузьян, Ш.С. Закарян и Ш.А. Гюльнарзян. Были применены традиционные арбитражные (Резников, ..., 1963) и физико-химические (Салихджанова ..., 1988) методы исследований. Почвы и донные осадки исследовались методом водной вытяжки элементов по предложенной К.К. Гедройцем методике (Гедройц К.К. ..., 1932) с целью определения их водноподвижной части.

Алавердское медноколчеданное месторождение находится в 2-х км к СЗ от ж/д станции Алаверди. Оруденение представлено штоками, штокверковыми зонами и жилами колчеданных руд в вулканогенных породах среднеюрского возраста (Геология..., 1974).

Вдоль основного тектонического нарушения меридионального направления, проходящего через месторождение, протягивается зона перемятых, гидротермально сильно измененных и минерализованных пород. Оруденение приурочено к гидротермально измененной зоне. Зона окисления месторождения, в результате интенсивно протекающих процессов эрозии, развита слабо. Интенсивнее протекающие процессы окисления наблюдаются в районах накопленных в течение около 200 лет мощных отвалов.

Результаты аналитических исследований рудничных вод территории Лернаанк приводятся в табл. 1, донных осадков – в табл. 2 и почв – в табл. 3.

Как показывают выведенные формулы Курлова, в водах доминирует сульфат-ион, что и обуславливает сульфатный класс вод. В этих условиях обеспечивается интенсивное протекание процессов окисления, и их влияние определяет гидрохимическую обстановку территории. При этом все изученные элементы и соединения, представляющие интерес с геологической точки зрения, выступают значительными содержаниями. Особенно интересны значения рН, жесткости, содержания металлов, аммоний- и нитрат-ионов. Обнаружение почти во всех пробах указанных соеди-

нений азота свидетельствует об интенсивном антропогенном воздействии. По степени токсичности соединения азота составляют ряд: $\text{NO}_2 > \text{NH}_4^+ > \text{NO}_3^-$ (Крайнов и др., 1987). Малые содержания или необнаружение NO_2 в водах по всей вероятности связано с тем, что после загрязнения вод он в данной среде быстро осаждается, а остаток интенсивно окисляется до NO_3^- , который уже обнаруживается в значимых количествах. Для металлов рассчитаны значения коэффициентов интенсивности миграции в данной среде по предложенной схеме А.И. Перельмана (Перельман..., 1977). Полученные результаты приводятся в табл. 4.

По каждой точке опробования установлен ряд интенсивности миграции элементов:

1В - Fe>Zn>Cd>Cu>Pb; 2В - Cu>Zn>Cd>Fe>Pb; 3В - Cu>Zn>Cd>Pb;
4В - Fe>Cu>Zn>Pb>Cd; 5В - Zn>Fe>Cu>Cd>Pb.

Таким образом, полученные ряды показывают, что в данной среде наиболее высокой миграционной способностью обладают Fe, Cu, Zn, т.е. они могут мигрировать на очень большие расстояния. Учитывая большую крутизну и расчлененность рельефа и благоприятные гидрогеохимические условия местности, можно сделать выводы о перемещении этих элементов на значительные расстояния и о их негативном влиянии на значительные территории.

Самые короткие пути транзита у Pb и Cd, т.е. они осаждаются в первую очередь, что подтверждается и их значительными содержаниями в донных осадках (табл. 2).

По классификации А.И. Перельмана (Перельман, 1966), для окислительной обстановки Fe, Cu, Zn обладают следующими характеристиками величин миграции: Fe – слабая миграция; $K_{\text{Fe}}=0,001-0,1$; Cu – средняя миграция; $K_{\text{Cu}}=0,1-10,0$; Zn – сильная миграция, $K_{\text{Zn}}=1-100$. Учитывая, что в данной классификации очень сильной миграционной способностью обладают элементы с $K_x=100-1000$, можем подчеркнуть весьма высокие миграционные способности в данной среде Fe, Cu и Zn.

Таблица 1

Содержание элементов и соединений в поверхностных водах (в мг/л) территории с.Лернаанк

N/ N	Элементы и соединения	1 В, Выше с.Лернаанк, под отвалами в западном ущелье	2 В, Выше с.Лернаанк, под отвалами в восточном ущелье	3 В, Ниже с.Лернаанк, под отвалами	4 В, Территория нижнего горизонта м-ия	5 В, Река, напротив штольни, нижний горизонт	6 В, Штольня, нижний горизонт
1	H ⁺	4,48	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
2	NH ₄ ⁺	3,00	0,20	0,40	0,80	1,60	1,20
3	Na ⁺	20,56	13,10	55,76	20,00	25,29	74,13
4	K ⁺	1,20	1,20	1,00	2,20	2,00	1,40
5	Ca ²⁺	313,50	81,70	211,42	137,75	133,00	211,85
6	Mg ²⁺	69,12	23,04	77,17	54,72	52,99	122,69
7	Al ³⁺	18,00	0,003	0,005	2,20	1,80	0,32
8	Fe _{общ.}	12,75	0,02	не обн.	3,20	1,75	11,30
9	Mn ²⁺	0,50	0,022	0,033	0,94	0,57	1,63
10	Cu ²⁺	1,30	0,85	0,66	0,85	0,44	0,85
11	Zn ²⁺	24,03	0,03	0,003	0,05	0,05	0,005
12	Pb ²⁺	0,25	0,0006	0,00038	0,0018	0,0012	0,001
13	Cd ²⁺	0,24	0,00048	0,00024	0,0016	0,0026	0,00036
14	F ⁻	1,06	0,27	0,36	0,38	0,40	0,70
15	Cl ⁻	7,81	12,78	8,52	8,52	8,52	8,52
16	SO ₄ ²⁻	1441,89	105,34	733,17	512,73	471,58	1077,33
17	HCO ₃ ⁻	кислая	231,08	231,87	109,80	146,40	122,00
18	NO ₃ ⁻	3,00	16,00	4,00	4,00	5,00	2,00
19	NO ₂ ⁻	не обн.	0,005	не обн.	0,005	0,003	0,01
20	PO ₄ ³⁻	0,05	0,025	не обн.	не обн.	0,025	не обн.
21	H ₄ SiO ₄	70,00	25,00	20,00	20,00	25,00	20,00
22	As	0,05	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
23	Cr	0,015	0,017	0,015	0,01	0,02	0,005
24	Общ. мин.	1992,81	510,68	1344,39	878,16	876,44	1655,94
25	Общ. жесткость, мг-экв/л	21,33	5,98	16,90	11,37	11,00	20,67
26	pH	3,26	8,02	7,86	7,95	8,11	7,70

$$M_{1,99} \frac{SO_4^{99}}{Ca54 Mg35}$$

$$M_{0,51} \frac{HCO_3^{57} SO_4^{33}}{Ca62 Mg29}$$

$$M_{1,34} \frac{SO_4^{79} HCO_3^{20}}{Ca24 Mg33 Na13}$$

$$M_{0,88} \frac{SO_4^{83} HCO_3^{14}}{Ca54 Mg35}$$

$$M_{0,88} \frac{SO_4^{78} HCO_3^{19}}{Ca33 Mg35}$$

$$M_{1,66} \frac{SO_4^{91}}{Ca43 Mg41 Na13}$$

Таблица 2

Содержание элементов и соединений в донных осадках (в мг/кг)
поверхностных водотоков территории м-ия Лернаанк

н/н	Место опробования					
	Элементы и соединения	1В, выше с.Лернаанк под отвалами в западном ущелье	2В, выше с.Лернаанк, под отвалами в восточном ущелье	3В, ниже с.Лернаанк, под отвалами	4В, территория нижнего горизонта м-ия	5В, река, напротив штольни, нижний горизонт
1	NH_4^+	8,00	5,00	10,00	12,00	8,00
2	Na^+	6,90	13,80	52,90	36,80	43,70
3	K^+	18,00	5,00	9,10	9,10	8,00
4	Ca^{2+}	124,80	82,60	211,20	336,00	268,80
5	Mg^{2+}	35,00	35,00	81,60	139,90	87,50
6	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	0,2	0,2	не обн.	0,2	0,2
7	Cu^{2+}	10,40	0,4	0,05	0,3	0,09
8	Zn^{2+}	81,40	0,2	0,3	0,01	0,007
9	Pb^{2+}	5,80	0,14	0,05	0,1	0,04
10	Cd^{2+}	0,33	0,03	0,003	0,04	0,005
11	F^-	0,5	1,50	1,80	2,00	2,00
12	Cl^-	28,00	21,00	28,00	21,00	28,00
13	SO_4^{2-}	510,30	131,70	691,30	1296,80	850,20
14	HCO_3^-	85,40	268,50	305,00	183,00	268,40
15	NO_3^-	22,00	3,00	3,00	3,00	5,00
16	NO_2^-	не обн.	3,50	2,00	1,50	2,00
17	PO_4^{3-}	не обн.	не обн.	0,5	0,3	0,3
18	H_4SiO_4	100,00	100,00	50,00	25,00	10,00
19	Общ. мин.	1037,00	671,60	1446,80	2067,10	1582,20
20	Общ. жесткость, мг-экв/л	9,10	7,00	17,20	28,30	20,60
21	pH	7,77	6,97	7,74	6,93	7,35

Таблица 3

Содержание элементов и соединений в почвах (в мг/кг) территории с. Лернаанк

№/№	Место опробования					
	Элементы и соединения	Выше с.Лернаанк, под отвалами в западном ущелье	Выше с.Лернаанк, под отвалами в восточном ущелье	Ниже с.Лернаанк, под отвалами	Территория нижнего горизонта м-ия	Напротив штольни, нижний горизонт, на берегу реки
1	NH_4^+	4,00	4,00	4,50	4,50	6,00
2	Na^+	23,00	27,60	9,20	4,60	6,90
3	K^+	20,20	5,00	7,50	22,20	22,20
4	Ca^{2+}	40,30	122,90	2400,00	21,10	652,80
5	Mg^{2+}	16,30	15,20	72,90	22,20	58,30
6	$\text{Fe}_{\text{пчлн}}$	1,20	0,2	0,4	0,8	0,2
7	Cu^{2+}	0,56	0,03	0,3	0,6	0,3
8	Zn^{2+}	1,50	0,04	0,022	0,01	0,01
9	Pb^{2+}	0,3	0,01	0,18	0,07	0,05
10	Cd^{2+}	0,015	0,003	0,007	0,007	0,007
11	F^-	2,50	3,20	3,20	4,00	5,50
12	Cl^-	28,00	28,00	17,70	28,00	21,00
13	SO_4^{2-}	123,50	65,80	5900,90	74,10	1654,20
14	HCO_3^-	97,60	390,40	183,00	85,40	183,00
15	NO_3^-	8,00	3,00	5,00	8,00	10,00
16	NO_2^-	0,08	1,00	0,5	0,3	3,00
17	PO_4^{3-}	0,3	не обн.	0,3	не обн.	не обн.
18	H_4SiO_4	200,00	80,00	100,00	200,00	100,00
19	Общ.мин.	567,40	746,40	8705,60	475,90	2723,50
20	Общ.жесткость, мг-экв/л	3,30	7,40	125,80	2,90	37,40
21	pH	5,46	7,20	6,71	5,73	6,80

Таблица 4

Коэффициенты интенсивности миграции (К) металлов в водах
Лернаанкского участка

N/N	Номера проб					
	Элементы	1В	2В	3В	4В	5В
1.	Cu	533.91	19.61	-	4545.45	994.32
2.	Fe	116.54	5555.55	164.18	1609.84	166.66
3.	Pb	41.88	2.31	0.16	2.92	2.73
4.	Zn	805.02	63.83	10.18	568.18	5000.0
5.	Cd	804.02	31.37	2.56	2.59	42.21

Шамлугское медноколчеданное месторождение находится в бассейне левого притока р.Дебет – Учкилиса, к западу от ж/д станции Ахтала, на плато, прорезанном эрозионными ложбинами нескольких мелких притоков, которые впадают в р.Учкилиса. В геологическом строении Шамлугского месторождения в основном участвуют вулканогенные образования среднеюрского возраста и их пирокластические разности. Нижнюю часть разреза составляют порфириды среднего и основного составов. На порфиридах залегают туфы и туфобрекчии андезитового, андезито-дацитового и дацитового составов.

На участке месторождения породы интенсивно подвержены гидротермальному изменению. Они прорезаны базальтовыми, андезитовыми, дацитовыми порфиридами и кератофирами (Геология..., 1974).

Руды Шамлугского месторождения в основном медно-серноколчеданные. Местами встречаются медно-цинковые и полиметаллические проявления (Геология..., 1974).

Проведенные в районе Шамлугского месторождения исследования также в основном имели целью выяснить и оценить влияние участка месторождения на окружающую среду и показать хотя бы приблизительные количественные характеристики содержаний элементов при их возможной утилизации из рудничных вод.

На Шамлугском участке в летний сезон действуют в основном два водотока – рудничная вода капитальной шт. 2, расположенной на нижнем горизонте месторождения и дренирующей циркулирующие подземные воды участка, и водоток, дренирующий значительную часть циркулирующих на верхнем горизонте месторождения поверхностные воды. Дебит рудничной воды составляет примерно бл/сек, водотока - 3-4л/сек. Небольшое ущелье, в пределах которого проведено опробование указанных вод, полностью покрыто продуктами процессов окисления с характерным охристым-желтым цветом. Почвы и породы разрыхлены. Промывая сильно измененные почвы и породы, эти воды сливаются и впадают в речку, являющуюся одним из основных притоков р.Дебет – регионального базиса эрозии территории. Следовательно, учитывая большую крутизну склонов и высокую скорость течения, при благоприятных окислительно-восстанови-

тельных условиях можно предполагать о перемещении выносимых элементов на большие расстояния.

Результаты аналитических исследований этих вод приводятся в табл. 5. Как и ожидалось, воды относятся к сульфатному классу, имеют высокую минерализацию и низкое значение pH.

Проведены расчеты годового выноса металлов рудничными водами: шт. 1 Лернаанкского месторождения ($Q \approx 4$ л/сек.), поверхностного водотока Шамлугского месторождения при дебите 3 л/сек. и шт. 2 Шамлугского м-ия - 6 л/сек. (табл. 6).

Исходя из полученных значений как по Алавердскому, так и Шамлугскому участкам, можно заключить, что содержания исследованных металлов, может быть, пока не имеют значимую ценность с точки зрения утилизации элементов, однако в экологическом отношении они свидетельствуют о неблагоприятном влиянии на окружающую среду.

Таблица 5

Содержание элементов и соединений (в мг/л) в поверхностных водах Шамлугского месторождения

N/N	Место опробования		
	Элементы и соединения	Шамлуг, водоток из м-ия	Шамлуг, шт. 2
1	NH_4^+	1,00	1,40
2	Na^+	39,31	48,00
3	K^+	9,23	2,58
4	Ca^{2+}	304,00	173,55
5	Mg^{2+}	172,80	208,90
6	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	1,41	5,94
7	Al^{3+}	7,80	16,80
8	Cu^{2+}	8,00	13,76
9	Zn^{2+}	1,00	2,69
10	Pb^{2+}	0,07	0,12
11	Cd^{2+}	0,14	0,19
12	Mn^{2+}	1,27	2,44
13	F^-	1,80	2,00
14	Cl^-	24,14	12,78

15	SO ₄ ²⁻	1431,28	1438,60
16	HCO ₃ ⁻	12,20	12,20
17	NO ₃ ⁻	40,00	16,00
18	NO ₂ ⁻	0,08	0,02
19	PO ₄ ³⁻	0,07	0,07
20	H ₄ SiO ₄	15,00	30,00
21	Cr	0,01	0,07
22	As	не обн.	не обн.
23	Общ. мин.	2070,61	1988,05
24	Общ. жесткость, мг-экв/л	29,39	25,85
25	pH	5,05	4,29

Таблица 6

Годовой вынос элементов рудничными водами
Лернаанкского и Шамлугского м-ий (в кг)

Элементы	Лернаанк, рудничная вода, шт.1	Водоток из м-ия, Шамлуг	Рудничная вода, шт.2, Шамлуг
Fe	1425	133	1124
Al	320	737	3178,8
Cu	850	756	2603,6
Zn	5,0	9,5	508,1
Pb	1,0	6,6	22,7
Cd	0,4	13,2	35,9
Mn	1630	12,0	461,6
Cr	5,0	0,09	13,2

ЛИТЕРАТУРА

- Гедройц К.К.** Химический анализ почвы. Гос.изд. сельско-хозяйственной и колхозно-кооперативной литературы. М., Л., 1932, 535 с.
- Геология Армянской ССР. Т.VIII. Гидрогеология. Изд. АН АрмССР. Е., 1974. 392 с.
- Перельман А.И.** Геохимия ландшафта. М., Изд."Высшая школа", 1966. 392 с.
- Перельман А.И. Геохимия. М.,** Изд."Высшая школа", 1979, 423 с.
- Крайнов С.Р., Швец В.М.** Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. М., "Недра", 1987, 237 с.
- Резников А.А., Муликовская Е.П., Соколов И.Ю.** Методы анализа природных вод. Гос. научно-техническое изд. литературы по геологии и охране недр. М., 1963, 404 с.
- Салихджанова Р.М.-Ф., Гинзбург Г.И.** Полярографы и их эксплуатация в практическом анализе и исследованиях. М., "Химия", 1988, 160 с.

Рецензент М. А. Налбандян

**ԱԼԱՎԵՐԴԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՇՐՋԱՆԻ ՈՐՈՇ ՏԵՂԱՄԱՍԵՐԻ
ԷԿՈԼՈԳԱԵՐԿՐԱՔԻՄԻԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ ԵՎ ՎԻՃԱԿԻ
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ**

Հ.Վ. Շահինյան

Ամփոփում

Հոդվածում բերվում են Ալավերդու հանքային շրջանի Ալավերդի և Շամլուղ հանքավայրերի տեղամասերի երկրաբնապահպանական իրավիճակի երկրաքիմիական հետազոտությունների արդյունքները: Որոշվել են հանքավայրային ջրերի, որոնք հիմնականում պատկանում են սուլֆատային դասին, ջրհոսքերի հատակային նստվածքների ու հողերի կազմերը: Հաշվարկվել և դուրս են բերվել տեղանքին բնորոշ մետաղների միգրացիայի գործակիցները ջրային միջավայրում, կազմվել են միգրացիայի ինտենսիվության շարքերը: Հաշվարկվել են հանքավայրային ջրերով 1 տարվա ընթացքում լվացվող և դուրս բերվող մետաղների քանակները և տրվել է շրջակա միջավայրի վրա նրանց ազդեցության գնահատականը:

**THE ECOGEOCHEMICAL CHARACTERISTIC AND ASSESSMENT
OF THE CONDITION OF SOME SITES OF THE
ALAVERDI ORE DISTRICT**

H.V. Shahinyan

Abstract

The article presents the results of geochemical studies of the ecological condition of sites within the Alaverdi and Shamlough deposits, belonging to the Alaverdi ore district. Compositions of the mine waters, which are mainly related to the sulphate class, and also those of the soils and water flow bottom sediments at these sites were established. For the metals typical for this area, indices and series of intensities of migration in water medium were derived. Yearly quantities of metals washed out and transported with mine waters were calculated, and the influence of their environmental impacts was assessed.