



Биолог. журн. Армении, 2 (69), 2017

**ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОД
САРСАНГСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ВАРДАДЗОРА РЕСПУБЛИКИ АРЦАХ (РА)**
(Второе сообщение)

Т.А.ДЖАНГИРЯН

Степанакертский филиал Национального аграрного университета Армении
tjhangiryan@mail.ru

Как известно, эксплуатация открытых и подземных горнорудных месторождений оказывает сильное экологическое влияние на прилегающие территории, растительный покров, поверхностные и подземные воды, загрязняя их тяжелыми металлами и другими веществами. Металлорудные месторождения и обогатительные комбинаты Дрмбона и Вардадзора Арцаха за 15-летнюю деятельность не оказывали сильного отрицательного действия на качество воды Сарсангского водохранилища и артезианских вод Вардадзора. Концентрация тяжелых металлов в изученных водах за последние 4 года интенсивной эксплуатации месторождений и работы обогатительных комбинатов сохраняется на уровне значительно ниже ПДК.

*Металлорудные месторождения – тяжелые металлы –
поверхностные и подземные воды – загрязнения*

Բաց և ընդերքային լեռնահանքավայրերի շահագործումն ուժեղ էկոլոգիական ազդեցություն է թողնում դրանց հարակից տարածքների, բուսական ծածկույթի, մակերևութային ու խորքային ջրերի վրա, աղտոտելով այդ օբյեկտները ծանր մետաղներով և այլ նյութերով: Արցախի Դրմբոնի և Վարդաձորի մետաղահանքերն ու հանքահարստացուցիչ կոմբինատներն իրենց 15-ամյա գործունեության ընթացքում խիստ բացասական ազդեցություն չեն թողել Սարսանգի ջրամբարի և Վարդաձորի արտեզյան ջրերի որակի վրա: Վերջին 4 տարիների ընթացքում, մետաղահանքերի ինտենսիվ արդյունահանման և հանքահարստացուցիչ կոմբինատների աշխատանքի հետևանքով ծանր մետաղների պարունակությունն ուսումնասիրված ջրերում պահպանվում է ՍԹԿ-ից զգալիորեն ցածր մակարդակի վրա:

Մետաղահանքեր – ծանր մետաղներ – մակերևութային և խորքային ջրեր – աղտոտում

The exploitation of open and underground ore deposits exerts a strong ecological impact on the adjacent areas, vegetation, surface and subterranean waters by polluting these objects with heavy metals and other substances. The metal ores of Drmbon and Vardadzor in Artsakh during their 15-year activities haven't had strong negative influence on the quality of the waters in Sarsang reservoir and Vardadzor artesian waters. The content of heavy metals in the investigated waters is kept on a level rather lower than the MPC (maximum permissible concentration).

Metal ores – heavy metals – surface and subterranean waters – pollution

Поверхностные воды территории Арцаха в основном имеют родниковое происхождение, достаточно чистые и используются для питья, орошения и в коммунально-бытовых целях. С 1940-го года здесь начали строить водохранилища и среди них самая крупная – Сарсангское водохранилище на реке Тартар, объем которого составляет 600 млн м³, а длина около 12 км [2, 3, 12].

Загрязнение водной среды сточными водами городов и промышленными отходами приобретает угрожающие размеры в большинстве промышленно развитых стран и подвергает серьезной опасности не только растительный и животный мир, но и здоровье людей. ТМ вызывают токсическое повреждение ДНК, оказывают канцерогенные эффекты на человека и животных, часто являются причиной мутации. Особую опасность представляют тяжелые металлы. Транспорт тяжелых металлов через атмосферу играет важную роль в их распространении в окружающей среде. Содержание ТМ в природных водах обусловлено геохимическим фоном и влиянием антропогенных источников [1, 6, 7].

Из первого сообщения видно, что органолептические показатели (прозрачность, взвешенные частицы, цвет и запах) в пробах изученных вод в зависимости от сроков взятия значительно различались. Качество воды особенно ухудшалось в мае, что обусловлено талыми водами и интенсивными атмосферными осадками [4].

По водородному показателю изученные воды имели щелочную реакцию. Вода Сарсангского водохранилища была слаба минерализована, а артезианская вода Вардадзора, хотя имела относительно высокую степень минерализации (762 – 951 мг/л), по качеству соответствовала пресным водам. Содержание тяжелых металлов в воде Сарсангского водохранилища и артезианской воды Вардадзора было значительно ниже ПДК. Ртуть вообще не была обнаружена [4].

Цель наших исследований – периодически осуществляемыми лабораторными анализами выявить органолептические и химические показатели вод Сарсангского водохранилища в прилегающем узле Дрмбонского подземного металлорудного месторождения и обогатительной фабрики, а также артезианской воды (с глубины 50 м), территории открытого карьера аналогичного месторождения и фабрики Вардадзора, оценить экологическое влияние данной отрасли на качественные показатели отмеченных водных объектов. Дрмбонская шахта, обогатительная фабрика и 3 хвостохранилища находятся на расстоянии 500-700 м от Сарсангского водохранилища. Фабрика построена по новейшим технологиям, а хвостохранилища хорошо изолированы. Здесь запасы руды уже исчерпаны и проводятся завершающие работы. Однако влияние этих объектов на окружающую среду чувствуется, кроме того, Сарсангское водохранилище находится на нижней части данного рельефа. Что касается Вардадзора, то там отсутствуют поверхностные воды, и для комбината используется артезианская вода.

Материал и методика. Образцы вод из Сарсангского водохранилища в узле около Дрмбона и артезианской воды с территории месторождения Вардадзора были взяты в конце ноября 2015 г., 26 мая и 28 августа 2016 г. Из Сарсангского водохранилища пробы брались из трех точек (с глубины 0,5-1 м, на расстоянии 10 м от берега): с точки напротив обогатительной фабрики и очистительных хвостохранилищ, а также 500 м вверх и 500 м вниз от центральной точки. Лабораторные анализы вод проводились в лаборатории мониторинга ОВОС (Армэкомониторинг – “ГНКО”) МОП РА.

Химический состав поверхностных вод был определен стандартными методами [8, 11]. Водородный показатель, удельная электропроводность и соленость воды определялись электрохимическим способом [11], взвешенные частицы – весовым методом [5], общие растворенные вещества (степень минерализации) – умножением показателя удельной электропроводности на коэффициент 0,65; 5-суточное БПК (БПК₅) – это количество кислорода (мг), требуемое для окисления находившихся в 1 л воды органических веществ в аэробных условиях при температуре 20°C в результате протекающих в воде биохимических процессов за определенный период времени (БПК за 3, 5, 10, 20 сут и т.д.). В аналитической практике чаще всего определяют 5-суточное БПК₅ (что составляет 70% БПК). Величина последнего БПК для хозяйственно-питьевых вод должна быть не более 3 мг О₂/л и не более 6 мг для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования [10]. Химическая потребность кислорода (ХПК) – общее количество содержащихся в воде восстановителей (неор-

ганических и органических), реагирующих с сильными окислителями (бихромат, перманганат и др.). Окисление проводилось бихроматом. Нормативы ХПК воды водоемов хозяйственно-питьевого водопользования – 15 мг O_2 /л, культурно-бытового – 30 мг O_2 /л [10]. Ионы силициума, аммония, нитрита и фосфата – спектрофотометром КФК-2 [5], сульфат, хлорид и нитрат ионы – методом ионной хроматографии [9], гидрокарбонат – методом обратной титрации [5], прозрачность, запах, цвет являются техническими параметрами и определяются визуальным и органолептическим методами. Все химические элементы определялись масспектрометром ICP-MSELAN 9000 [13, 14].

Учитывая, что в воде происходят процессы окисления-восстановления, физико-химические, биохимические, вызванные деятельностью микроорганизмов, сорбции, десорбции и т.д., а также могут изменяться и органолептические свойства воды – запах, цвет и др. анализы проводились строго по методике [10]. Пробы вод не были консервированы химическими реагентами и были доставлены в лабораторию в натуральном, охлажденном до 4⁰С виде в стеклянных бутылках.

Результаты и обсуждение. Из табл.1 видно, что органолептические показатели (прозрачность, взвешенные частицы, цвет и запах) в пробах изученных вод в зависимости от сроков взятия значительно различаются. Очевидно также, что в пробах вод Сарсангского водохранилища наибольшее содержание взвешенных частиц имеет место в пробе узла напротив обогатительной фабрики Дрмбон, в мае (133,8 мг/л), а в ноябре и августе соответственно 12,9 и 21,6 мг/л, т.е. меньше, чем в других пробах. Взвешенные частицы сильно действуют на прозрачность, цвет и запах, а также на биологические и биохимические показатели воды.

Для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения окраска не должна обнаруживаться в столбике высотой 20 см, для водоемов культурно-бытового назначения – 10 см. Запах воды обусловлен наличием в ней пахнущих веществ, которые попадают в нее естественным путем и со сточными водами. Запах воды водоемов не должен превышать 2-х баллов [10]. По отмеченным показателям воду Сарсангского водохранилища и артезианскую воду Вардадзора можно отнести к категории чистых природных вод.

По водородному показателю изученные воды имеют в основном нейтральную и слабощелочную реакцию, что обусловлено химическим составом окружающих горных пород, где превосходят щелочные и щелочно-земельные металлы (Na, K, Ca, Mg и др.). В пресных водах степень минерализации (общие растворенные минеральные вещества) не превосходят 1г/л, причем около 90% составляют гидрокарбонаты, 7-8% сульфаты и очень мало хлориды. Однако в Вардадзорской воде сульфаты значительно превосходят содержание гидрокарбонатов. Высоко и содержание хлоридов, что не характерно пресным водам. Что касается содержания нитратов, нитритов и иона аммония, то в Сарсангском водохранилище полученные данные не превосходят ПДК для хозяйственно-питьевой воды (NH_4^+ – 0,02-1,5, NO_2^- – 0,001-0,04 и NH_4^+ – 0,03-0,7 мг/л), а в Вардадзорской артезианской воде ПДК превосходят только нитраты. Вода Сарсангского водохранилища слабо минерализована, а артезианская вода Вардадзора имеет относительно высокую степень минерализации (926-2387 мг/л) и по качеству не соответствует пресным водам в августе.

По показанию БПК₅ изученные воды в пробах, взятых в конце ноября 2015г. из Сарсангского водохранилища и артезианской воды Вардадзора, соответствуют хозяйственно-бытовым и культурным водам, а в пробах, взятых 26 мая 2016 г. и 28 августа 2016 г., соответствуют хозяйственно-питьевым водам. По показателю ХПК вода Сарсангского водохранилища и артезианская вода Вардадзора причисляются к категории хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых вод.

Таблица 1. Органолептические и химические показатели вод Сарсангского водохранилища в узле Дрмбона и артезианской воды на территории Вардадзора в связи с эксплуатацией металлорудных месторождений

№ №	Показатели	Единица измерения	Сарсанг 500 м вверх от узла Дрмбона	Сарсанг узел Дрмбона	Сарсанг 500 м вниз от узла Дрмбона	Вардадорская артезиан- ская вода
Образцы в конце ноября 2015г.						
1	2	3	4	5	6	7
1.	Прозрачность	см	31 прозрач.	31 прозрач.	31 прозрач.	31 прозрач.
2.	Взвешенные частицы	мг/л	17,4	12,9	12,2	16,4
3.	Цвет (визуаль.)	степень	5 безцвет	5 безцвет	5 безцвет	5 безцвет
4.	Запах	балл	2 со слабым запахом	0 без запаха	0 без запаха	0 без запаха
5.	Водородный индекс	p ^H	6,92	6,97	7,14	7,29
6.	Гидрокарбонаты	мг/л	167,8	167,8	161,7	366,1
7.	Сульфаты	мг/л	21,21	22,13	21,81	377,34
8.	Хлориды	мг/л	5,50	5,78	5,74	95,14
9.	Нитраты	мг/л	1,372	1,456	1,461	23,343
10.	Нитриты	мг/л	0,01	0,003	0,001	0,008
11.	Ионы аммония	мг/л	0,187	0,116	0,105	0,04
12.	Общие растворенные вещества	мг/л	202	195	194	926
13.	Фосфаты	мг/л	0,074	0,044	0,03	<0,005
14.	Силициум	мг/л	10,59	10,77	9,69	9,02
15.	5-суточное БПК (БПК ₅)	мг/л	6,59	7,02	6,72	8,0
16.	ХПК (бихроматное окисл.)	мг/л	6	6	16	20
17.	Удельная электропроводность	мкрсим/см ²	310	301	298	1424
18.	Li	мг/л	0,0098	0,0099	0,0097	0,0065
19.	Be	мг/л	0,0000053	0,0000018	0,000003	9·10 ⁻⁷
20.	B	мг/л	0,1248	0,1253	0,1243	0,1709
21.	Na	мг/л	12,31	12,32	11,97	75,92
22.	Mg	мг/л	10,78	10,98	10,77	44,57
23.	Al	мг/л	0,0132	0,0041	0,0137	0,0003
24.	P	мг/л	0,0501	0,0425	0,0467	0,0085
25.	K	мг/л	1,579	1,498	1,467	2,86
26.	Ca	мг/л	29,93	30,24	29,60	130,87
27.	Ti	мг/л	0,0018	0,0017	0,0018	0,0019
28.	V	мг/л	0,0029	0,0029	0,0029	0,0015
29.	Cr	мг/л	0,00064	0,0007	0,0008	0,002
30.	Fe	мг/л	0,0371	0,0249	0,0359	0,0967
31.	Mn	мг/л	0,00324	0,00247	0,00254	0,0674
32.	Co	мг/л	0,00068	0,00089	0,00079	0,00025
33.	Ni	мг/л	0,0029	0,0028	0,00296	0,00287
34.	Cu	мг/л	0,0018	0,0016	0,0018	0,0018
35.	Zn	мг/л	0,0004	0,0013	0,00075	0,0013
36.	As	мг/л	0,0066	0,0067	0,0067	0,00065
37.	Se	мг/л	0,0004	0,0003	0,0003	0,0079
38.	Sr	мг/л	0,2674	0,2725	0,2688	1,2897
39.	Mo	мг/л	0,00153	0,00152	0,00154	0,0047

1	2	3	4	5	6	7
40.	Ag	мг/л	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²
41.	Cd	мг/л	0,0000086	0,0000108	0,0000089	0,0000132
42.	Sn	мг/л	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹⁰
43.	Sb	мг/л	0,00017	0,00017	0,00016	0,000054
44.	Ba	мг/л	0,0319	0,0312	0,0323	0,0564
45.	Pb	мг/л	0,000044	1·10 ⁻¹⁰	0,00022	1·10 ⁻¹⁰
46.	Bi	мг/л	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹⁰
47.	U	мг/л	0,00047	0,00048	0,00047	0,00611
48.	Ион фторида	мг/л	0,1391	0,1304	0,1684	0,3974
49.	Ион бромиды	мг/л	0,0226	0,0249	0,0263	0,4014
Образцы 26 мая 2016г.						
1	2	3	8	9	10	11
1.	Прозрачность	см	20	6	25	31
2.	Взвешенные частицы	мг/л	18,3	133,8	27,5	13,2
3.	Цвет (визуаль.)	степень	15	5	5	5
4.	Запах	балл	0	0	0	0
5.	Водородный индекс	p ^H	7,8	7,81	7,55	7
6.	Гидрокарбонаты	мг/л	152,6	177,0	149,5	286,8
7.	Сульфаты	мг/л	19,67	19,84	19,56	554,53
8.	Хлориды	мг/л	5,23	4,19	4,36	205,1
9.	Нитраты	мг/л	0,908	1,552	0,076	44,43
10.	Нитриты	мг/л	0,025	0,039	0,027	0,007
11.	Ионы аммония	мг/л	0,504	0,460	0,1818	0,038
12.	Общие растворенные вещества	мг/л	181	172	176	1256
13.	Фосфаты	мг/л	0,074	0,104	0,059	0,015
14.	Силиций	мг/л	6,54	6,76	6,39	9,58
15.	5-суточное БПК (БПК ₅)	мг/л	2,57	2,02	2,49	2,41
16.	ХПК (бихроматное окисл.)	мг/л	14	30	12	10
17.	Удельная электропроводность	мкР сим/см ²	278	265	271	1933
18.	Li	мг/л	0,0091	0,0086	0,0086	0,0097
19.	Be	мг/л	0,000015	0,000008	0,0000087	0,0000093
20.	B	мг/л	0,1100	0,1059	0,1058	0,1856
21.	Na	мг/л	9,74	9,28	9,28	92,94
22.	Mg	мг/л	10,08	9,55	9,78	47,87
23.	Al	мг/л	0,0244	0,0371	0,0657	0,0031
24.	P	мг/л	0,1694	0,08255	0,0605	0,00096
25.	K	мг/л	1,673	1,675	1,466	3,657
26.	Ca	мг/л	31,52	30,76	30,71	190,20
27.	Ti	мг/л	0,0033	0,0036	0,0064	0,0024
28.	V	мг/л	0,0024	0,0022	0,0024	0,0014
29.	Cr	мг/л	0,0011	0,0011	0,0012	0,0053
30.	Fe	мг/л	0,0402	0,0539	0,0783	0,1295
31.	Mn	мг/л	0,0027	0,0015	0,0139	0,0071
32.	Co	мг/л	0,0004	0,0003	0,0004	0,0014
33.	Ni	мг/л	0,0042	0,0027	0,0032	0,0048
34.	Cu	мг/л	0,0026	0,0021	0,0165	0,0023
35.	Zn	мг/л	0,0040	0,0005	0,0017	0,0023
36.	As	мг/л	0,0053	0,0052	0,0053	0,0014
37.	Se	мг/л	0,0006	0,0005	0,0005	0,0178
38.	Sr	мг/л	0,2136	0,2057	0,2171	1,6884
39.	Mo	мг/л	0,0012	0,0013	0,0012	0,0047
40.	Ag	мг/л	0,1·10 ⁻¹²	0,1·10 ⁻¹²	0,1·10 ⁻¹²	0,1·10 ⁻¹²
41.	Cd	мг/л	0,000041	0,000016	0,000017	0,000059
42.	Sn	мг/л	0,000019	0,0000055	0,000012	0,000021
43.	Sb	мг/л	0,00013	0,00013	0,00015	0,000077
44.	Ba	мг/л	0,0476	0,05308	0,0671	0,0837
45.	Pb	мг/л	0,000042	0,000016	0,000057	0,00019
46.	Bi	мг/л	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²

1	2	3	4	5	6	7
47.	U	мг/л	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²
48.	Ион фторида	мг/л	0,055	0,053	0,056	0,262
49.	Ион бромада	мг/л	0,03	0,040	0,032	0,725
Образцы 28 августа 2016 г.						
1	2	3	12	13	14	15
1.	Прозрачность	см	31	31	31	31
2.	Взвешенные частицы	мг/л	19,2	21,6	25	35,6
3.	Цвет (визуаль.)	степень	10	10	5	5
4.	Запах	балл	0	2	0	0
5.	Водородный индекс	p ^H	7,82	7,82	7,32	7,48
6.	Гидрокарбонаты	мг/л	140,3	137,3	115,9	277,6
7.	Сульфаты	мг/л	20,33	19,40	16,35	1216,53
8.	Хлориды	мг/л	5,09	4,85	4,70	498,19
9.	Нитраты	мг/л	0,016	0,024	0,263	83,364
10.	Нитриты	мг/л	0,013	0,007	0,025	0,003
11.	Ионы аммония	мг/л	0,312	0,647	0,679	0,024
12.	Общие растворенные вещества	мг/л	167	159	145	2387
13.	Фосфаты	мг/л	0,015	0,015	0,059	0,015
14.	Силициум	мг/л	6,90	6,36	5,72	9,73
15.	5-суточное БПК (БПК ₅)	мг/л	1,93	1,65	1,6	1,72
16.	ХПК (бихроматное окисл.)	мг/л	30	20	20	30
17.	Удельная электропроводность	мкР сим/см ²	257	245	223	3671
18.	Li	мг/л	0,0084	0,0085	0,0076	0,008
19.	Be	мг/л	0,0000011	1·10 ⁻¹²	0,000002	0,000009
20.	B	мг/л	0,2475	0,2448	0,2198	0,3181
21.	Na	мг/л	13,31	13,39	12,43	193,08
22.	Mg	мг/л	11,84	11,92	10,88	147,63
23.	Al	мг/л	0,0032	0,0016	0,0196	0,0003
24.	P	мг/л	0,0546	0,0667	0,0535	0,0155
25.	K	мг/л	1,764	1,735	1,731	4,403
26.	Ca	мг/л	26,75	25,73	27,21	441,38
27.	Ti	мг/л	0,0022	0,0021	0,0030	0,0031
28.	V	мг/л	0,0036	0,0035	0,0029	0,0036
29.	Cr	мг/л	0,0011	0,0009	0,0009	0,0109
30.	Fe	мг/л	0,0259	0,0284	0,0517	0,0197
31.	Mn	мг/л	0,0028	0,0028	0,0062	0,0010
32.	Co	мг/л	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008
33.	Ni	мг/л	0,0021	0,0020	0,0033	0,0071
34.	Cu	мг/л	0,0013	0,0013	0,0050	0,0065
35.	Zn	мг/л	0,001	0,001	0,0114	0,0049
36.	As	мг/л	0,0071	0,0071	0,0056	0,0028
37.	Se	мг/л	0,0004	0,0004	0,0004	0,0459
38.	Sr	мг/л	0,2509	0,2359	0,2203	3,1460
39.	Mo	мг/л	0,0057	0,0010	0,0004	0,0028
40.	Ag	мг/л	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²
41.	Cd	мг/л	3,43·10 ⁻⁵	8,9·10 ⁻⁶	3,34·10 ⁻⁵	2,8·10 ⁻⁵
42.	Sn	мг/л	3,23·10 ⁻⁵	3,19·10 ⁻⁵	4,78·10 ⁻⁵	5,29·10 ⁻⁵
43.	Sb	мг/л	0,000157	0,000149	0,00019	0,000054
44.	Ba	мг/л	0,0138	0,0129	0,0145	0,0479
45.	Pb	мг/л	0,000009	7,04·10 ⁻⁵	0,00031	3,03·10 ⁻⁵
46.	Bi	мг/л	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²
47.	U	мг/л	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²	<10 ⁻¹²
48.	Ион фторида	мг/л	0,048	0,045	0,043	0,218
49.	Ион бромада	мг/л	0,034	0,035	0,033	2,227

В проведенных исследованиях целевое значение имеет выявление элементарно-химического состава изученных вод, среди которых особую опасность представляют некоторые тяжелые металлы (Hg, Cd, Pb, Be, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo и др.). ПДК этих элементов в водах питьевого и культурно-бытового значения составляет: Hg – 0,0005, Cd – 0,001, Pb – 0,03, Be – 0,0002, Co – 0,01, Cu – 1, Zn – 5, Cr⁶⁺ – 0,05, Ni, Ba и Mn – по 0,1 мг/л [1, 10]. Из данных табл.1 видно, что содержание всех элементов в воде Сарсангского водохранилища и артезианской воды Вардадзора значительно ниже ПДК. Ртуть вообще не была обнаружена.

Обобщая вышеприведенные данные, приходим к выводу, что эксплуатация металлорудных месторождений Дрмбона и Вардадзора НКР пока не оказывает сильного отрицательного воздействия на прилегающие к этим территориям водные объекты, и концентрация тяжелых металлов в изученных водах на один-два порядка ниже ПДК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Հարությունյան Վ.Ս. Շրջակա միջավայրի մոնիտորինգ, Երևան, էջ 240-276, 2010:
2. Մնացականյան Բ. Պ., Առաքելյան Յու. Ա. Լեռնային Ղարաբաղի Հանրապետության ու հարակից տարածքների ջրագրությունը ու ջրային հաշվեկշիռը, Երևան, էջ 15, 2005.
3. Պետրոսյան Բ. Չ. Արցախի ջրային ռեսուրսները, Ստեփանակերտ, էջ 14-44, 2003:
4. Джангирян Т.А., Арутюнян С.С. Эколого-токсикологическая оценка вод, прилегающих к металлодобывающим месторождениям Дрмбона и Вардадзора НКР. Биолог. журн. Армении, Ереван, 68, 3, с. 59-66, 2016.
5. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Гидрометеиздат, М., 542с., 1977.
6. Соколов О.А., Черников В.А., Лукин С.В. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды, Белгород, с.20-23, 2008.
7. Федорова Е.В. Миграция и биоаккумуляция металлов в зоне влияния металлургического комплекса, Земледелие, М., 1, с.8-11, 2008.
8. Фомин Г.С. Вода, контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам, М., Энциклоп. справочник, 848с., 2000.
9. Фритц Дж., Гьерде Д., Поланд К. Ионная хроматография, перевод с английского, М., Мир, 216 с. 1984.
10. Экологический мониторинг под ред. Т.Я. Ашихминой, М., с.187-267, 2005.
11. Clesceri L.S., Greenberg E.A., Eaton A.D. Standard methods for the examination of water and wastewater, Washington, 20th edition, 1220 p., 1998.
12. Jhangiryan T.A. Trends of development of mining industry in the republic of Nagorno-Karabakh and the resulting ecological risks, Bulletin of NAUA, Yerevan, 4, pp.17-21, 2015.
13. Perkin Elmer Sciex, Instruments/ICP Mass Spectrometry, Elan Version, Software Guide, Canada, September, 201 p., 2008.
14. Taylor H.E., "ICP-MS Practices Techniques", USA, chapter 3, pp.15-27, 2001.

Поступила 09.01.2017