

УДК 622:332.368

Л.Н. Ларичев, В.В. Ческидов

**ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕДЕНИЯ И ФОРМ ФИКСАЦИИ
ЭЛЕМЕНТОВ-ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ДОННЫХ
ОТЛОЖЕНИЯХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ ГОРНОГО ОТВОДА ЛЕБЕДИНСКОГО ГОКа**

Представлены результаты комплексных гидрогеохимических исследований экологического состояния поверхностных водных объектов горного отвода Лебединского горно-обогатительного комбината с целью оценки влияния его производственной деятельности на эти компоненты природной среды.

Ключевые слова: окружающая среда, хвостохранилище, загрязнение, донный осадок, литогеохимические особенности.

Не вызывает сомнения, что практически любой вид хозяйственной деятельности человека приводит к отрицательному воздействию на окружающую природную среду (ОПС). Специфика горного производства заключается в его массивированном отрицательном воздействии на ОПС по всем ее компонентам. Действительно, горнорудная деятельность сопровождается масштабным нарушением сплошности земной коры в процессе добычных работ, изменением и уничтожением природных ландшафтов, созданием техногенных форм рельефа, накоплением значительных объемов техногенных отложений (отвалы вскрышных и сопутствующих пород, хвостохранилища и т.п.), загрязнением атмосферы при взрывах, транспортных и обогатительных работах. Весьма велико негативное воздействие горных предприятий на почвы и биосферу. Влияет этот вид человеческой деятельности и на гидросферу, т.е. поверхностные и подземные водные объекты, нару-

шая как их гидрологический и гидродинамический режимы так и основные качественные характеристики, включая химический состав. Значительным источником загрязнения водных объектов в зоне деятельности ГОКов являются промышленные воды, в т.ч. фильтраты технологических растворов «мокрых» хвостохранилищ.

Следует отметить, что при оценке экологического состояния поверхностных водных объектов помимо определения степени загрязнения в них воды, большое значение имеет изучение экологического состояния их донных отложений, а также распределения веществ загрязнителей в системе вода — водная фаза донного осадка — донный осадок. Подобные исследования призваны не только установить перечень и концентрации элементов-загрязнителей в донных отложениях, но и установить долю их подвижных форм, что в конечном итоге позволит выбрать как наиболее рациональную схему их реабилитации, рекультивации

или ликвидации (в зависимости от поставленной задачи), так и направление утилизации донных осадков, если это необходимо.

Для оценки возможного негативного воздействия технологических растворов «мокрых» хвостов рудообогатения на поверхностные воды был выбран отрог «Крутой Лог» балки Чуфичева, в пределах которого располагается природно-техногенный водоем и вытекающий из него ручей. Именно в этом водоеме, расположенном у подножия головной дамбы действующего хвостохранилища Лебединского ГОКа происходит накопление фильтратов хвостохранилища.

Опробование водных объектов проводилось в долине балки Чуфичева по профилю от подножия головной дамбы хвостохранилища ЛГОКа через основной водоем и далее по водотоку в направлении хвостохранилища СГОКа. Гидрогеохимические пробы воды и донных отложений отбирались в нескольких точках по направлению движения поверхностных вод не только для определения их химического состава, но и с целью выявления тенденции возможного его изменения по латерали.

Серия гидропроб (I) начиналась отбором воды в месте впадения дренажной канавы, устроенной параллельно головной дамбе хвостохранилища ЛГОКа в основной водоем. Эти пробы должны характеризовать состав воды, фильтрующейся из хвостохранилища ЛГОКа через тело головной дамбы в окружающее пространство. Серия проб II отбиралась из основного водоема, в котором происходит

аккумуляция как инфильтратов хвостохранилища ЛГОКа, так и вод поверхностного стока со всех сопредельных территорий. Завершала гидрохимические исследования серия проб III, отобранных из ручья, вытекающего из основного водоема.

Одновременно с пробами воды отбирались пробы донных осадков с целью изучения химического состава их водной фазы путем сравнительного анализа водной вытяжки и литогеохимических особенностей высушенных и обезвоженных центрифугированием осадков.

Гидрогеохимические анализы воды, водных и аммонийно-ацетатных вытяжек донных осадков проводились в Аналитической лаборатории ВСЕГИНГЕО. Проводилось определение, как общего химического состава вод, так и содержания в них микроэлементов и органических соединений. Там же были проведены химические анализы содержания металлов в донных осадках водоема и водотока.

Оценка экологического состояния воды опробованного водоема и водотока проводилась путем сравнения полученных аналитических данных с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) различных веществ в водах водных объектов как хозяйственно-питьевого, так и культурно-бытового назначения в соответствии с нормативными документами (ГОСТ 2874—82, СанПиН 4630-88, СанПиН 2.1.5 99-00, ГН 2.1.5 1093-02, ГН 2.1.5 1094-02).

Оценка экологического состояния донных грунтов проводилась путем сравнения аналитических данных с нормативными значениями ПДК раз-

личных веществ в почвах земель населенных пунктов согласно МУ.2.1.7 130-99 «Гигиеническая оценка качества почв населенных мест», а также со значениями общего допустимого уровня (ОДУ) загрязняющих веществ, применяемых при оценке степени экологического благополучия техногенно нарушенных территорий в странах Евросоюза (т.н. Holland List). Результаты анализа общего химического состава воды водоема и водотока (табл. 1) позволяют сделать вывод о том, что они являются пресными с общей минерализацией менее 1000 мг/л (764 — 827 мг/л), субнейтральными (рН 7,0 — 7,1). Их общая жесткость варьирует в пределах 7,0 — 7,5° при величине карбонатной жесткости, меняющейся от 4,56 до 4,87°, в то время как ее некарбонатная составляющая характеризуется значениями 2,44 — 2,83°.

По показателю жесткости воды, как водоема, так и водотока относятся к группе «мягких», т.к. их общая жесткость находится в интервале 4,2 — 8,4°. Согласно рассчитанным формулам Курлова, опробованные воды имеют сульфатно-гидрокарбонатный кальциево-магниевый состав.

Несмотря на то, что в проанализированных водах основные показатели свойств и макрокомпонентов (рН, общая минерализация, концентрация хлор-Иона, сульфат-Иона и т.п.) значительно ниже соответствующих значений ПДК, они не отвечают требованиям к водам хозяйственно-питьевого назначения. Это несоответствие обусловлено тем, что в них присутствует ряд, как макрокомпонентов, так и макро-

элементов в количестве либо превышающем ПДК, либо вообще запрещенных для воды питьевого назначения. Действительно, в проанализированных водах, как водоема, так и водотока отмечаются концентрации, превышающие рекомендованный уровень для кальция (90 — 96 мг/л при норме 75 мг/л), магния (33 — 34 мг/л при норме 30 мг/л), общего железа (0,98 мг/л при норме 0,3 мг/л), фторидов (0,68 — 0,74 мг/л при норме 0,60 мг/л). Кроме того, в них отмечено наличие таких компонентов и элементов [аммоний (0,1 — 1,5 мг/л), нитриты (0,5 — 0,6 мг/л), бор (0,10 — 0,12 мг/л), литий (0,018 — 0,019 мг/л), никель (0,005 — 0,012 мг/л)], присутствие которых в питьевой воде недопустимо.

Сравнение результатов гидрохимических анализов воды по всем сериям проб со значениями ПДК различных веществ в водах культурно-бытового назначения показали, что по концентрации большинства макрокомпонентов (Na, K, Mg, Fe_{общ.}, SO₄, Cl, фториды), микроэлементов (Cd, Li, Mn, Sr, Cu, Ni т.п.) и значениям ряда показателей (рН, общая минерализация) исследованные воды отвечают санитарно-гигиеническим требованиям к водам культурно-бытового назначения. Концентрации основных катионов (Na, K, Fe_{общ.}) и анионов (сульфаты, нитриты, фториды и т.п.) составляют десятые доли ПДК. Содержания ряда микроэлементов (Li, Ni, Sr, Cr) также составляют десятые доли ПДК. Многие элементы (As, Hg, Zn, Cu и т.п.) содержатся в количестве сотых долей ПДК и менее. Концентрации близкие

Таблица 1

Сравнительная эколого-гидрохимическая характеристика воды водоема и водотока отрога «Крутой Лог» балки Чуфичева (мг/л)

№ п/п	Компонент, показатель свойств	I Вода водоема у подпорной дамбы ЛГОКа	II Вода основного водоема	III Вода водотока	ПДК вод культурно-бытового назначения	Превышения ПДК		
						I	II	III
1.	рН	7.1	7.0	7.1	6.5 — 8.5	норм.	норм.	норм.
2.	Сумма минеральных веществ	764	827	823	1000	0.76	0.82	0.82
3.	Сухой остаток растворимый	625	678	681				
4.	Жесткость общ., °	7.00	7.40	7.50	7.0	1	1.05	1.07
5.	Жесткость карбонатная	4.56	4.87	4.67	н/рег			
6.	Жесткость некарбонатная	2.44	2.53	2.83	н/рег			
7.	Натрий (Na)	52	58	57	200	0.260	0.29	0.285
8.	Калий (K)	37	46	46	Na+K≤200	0.445	0.52	0.51
9.	Кальций (Ca)	90	92	96	20	4.5	4.6	4.8
10.	Магний (Mg)	30	34	33	50	0.60	0.68	0.66
11.	Аммоний (NH ₄)	1.5	0.4	<0.1	1.5	1.0	0.26	<0.06
12.	Железо закисное (Fe ⁺²)	<0.1	<0.1	0.25	0.3	<0.33	<0.33	0.83
13.	Гидрокарбонаты (HCO ₃)	279	297	285	н/рег			
14.	Сульфаты (SO ₄)	238	261	272	500	0.47	0.52	0.54
15.	Хлориды (Cl)	30	30	30	350	0.08	0.08	0.08
16.	Нитраты (NO ₃)	<1.0	<1.0	<1.0	45	<0.02	<0.02	<0.02
17.	Нитриты (NO ₂)	0.6	0.5	0.2	3.3	0.18	0.15	0.1
18.	Кислород раствор. (O ₂)	3.80	3.55	3.31	5.0	0.76	0.71	0.66

290 Окончание табл. 1

№ п/п	Компонент, показатель свойств	I Вода водоема у подпорной дамбы ЛГОКа	II Вода основного водоема	III Вода водотока	ПДК вод культурно-бытового назначения	Превышения ПДК		
						I	II	III
19.	Соединения кремния (SiO ₂)	6	8	4	10	0.6	0.8	0.4
20.	Бор (В)	0.10	0.12	0.12	0.5	0.20	0.24	0.24
21.	Железо общ.	0.14	<0.1	0.98	0.3	0.46	0.33	3.02
22.	Кадмий (Cd)	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.001	0.2	0.2	0.2
23.	Литий (Li)	0.018	0.019	0.019	0.03	0.60	0.63	0.63
24.	Марганец (Mn)	<0.01	0.038	<0.01	0.1	0.1	0.3	0.1
25.	Медь (Cu)	<0.005	<0.005	<0.005	1.0	<0.05	<0.05	<0.05
26.	Мышьяк (As)	<0.005	<0.005	<0.005	0.01	<0.2	<0.2	<0.2
27.	Никель (Ni)	0.012	0.006	<0.005	0.1	0.12	0.06	<0.05
28.	Ртуть (Hg)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0005	0.2	0.2	0.2
29.	Свинец (Pb)	0.005	0.005	<0.005	0.001	<5	<5	<5
30.	Стронций (Sr)	0.82	0.90	0.90	7.0	0.11	0.12	0.12
31.	Хром (Cr)	<0.002	<0.002	<0.002	0.05	0.4	0.4	0.4
32.	Цинк (Zn)	<0.01	<0.01	<0.01	1.0	0.01	0.01	0.01
33.	Фториды	0.68	0.71	0.74	1.5	0.45	0.46	0.47
34.	Нефтепродукты	<0.005	<0.005	<0.005	0.1	<0.05	<0.05	<0.05
35.	Фенольный индекс	<0.05	<0.05	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	<0.05

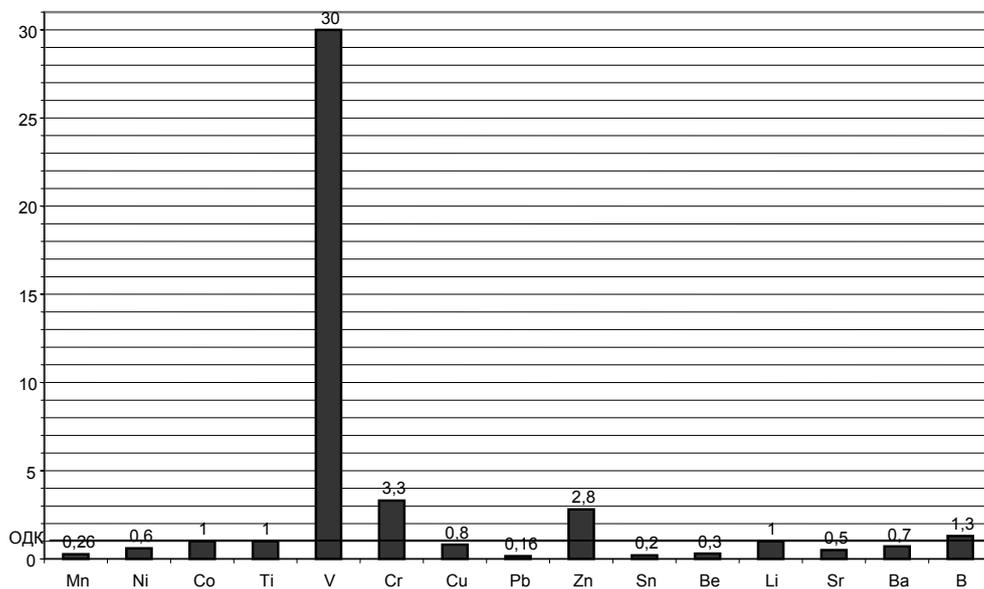


Рис. 1. Относительная концентрация микроэлементов в сухих донных осадках основного водоема отрога «Крутой Лог» балки Чуфичева

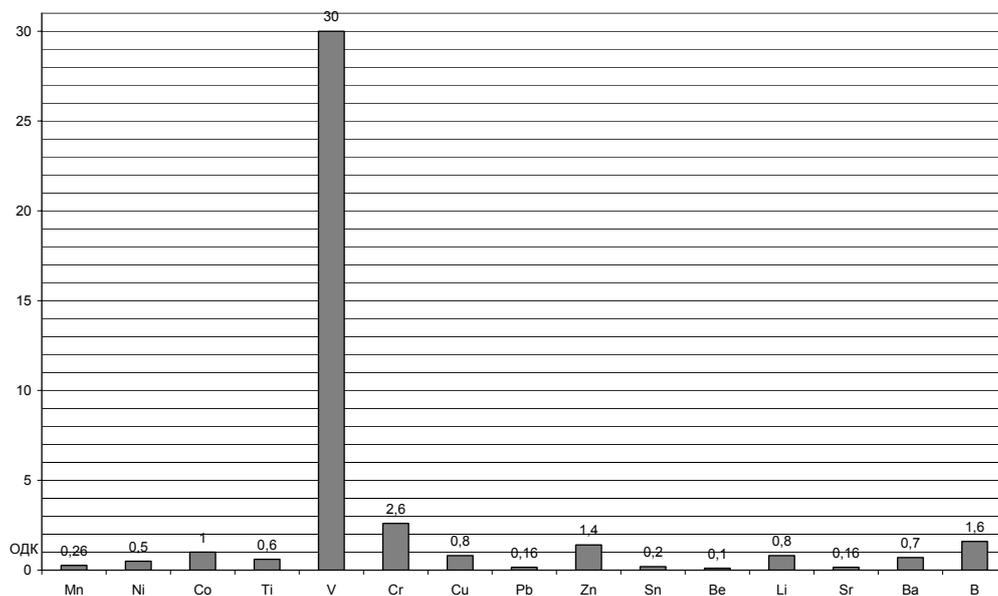


Рис. 2. Относительная концентрация микроэлементов в сухих донных осадках водотока отрога «Крутой Лог» балки Чуфичева

к ПДК, но превышающие ее, установлены для общей жесткости и рав-

ные — для аммония в точке гидро-опробования I.

Одним словом, поверхностные воды исследуемой территории отвечают санитарно-гигиеническим требованиям к водам культурно-бытового назначения за исключением воды, отобранной у основания головной дамбы хвостохранилища ЛГОКа по показателю общей жесткости, что не критично.

С точки зрения оценки экологического состояния донных грунтов, обусловленного наличием в них разного рода элементов-примесей, следует отметить, что по результатам химических анализов осадков как основного водоема, так и водотока они содержат достаточно низкие концентрации ряда элементов (Mn, Ni, Cu, Be, Co, Ti), контролируемых в почвах и грунтах. Так в донных осадках основного пруда установлены (рис. 1) содержания ниже ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) для марганца (0,26 ОДК), никеля (0,6 ОДК), меди (0,8 ОДК), свинца (0,16 ОДК), олова (0,2 ОДК), бериллия (0,3 ОДК), стронция (0,5 ОДК), бария (0,7 ОДК). В то же время отмечены концентрации, равные ОДК, для кобальта, титана и лития. Близки к ОДК содержания бора (1,3 ОДК), в то время как содержания цинка составляют 2,8 ОДК, а хрома — 3,3 ОДК. Концентрации же ванадия превышают ОДК в 30 раз.

В свою очередь в донных осадках водотока отмечены (рис. 2) низкие содержания марганца (0,26 ОДК), лития (0,5 ОДК), титана (0,6 ОДК), меди (0,8 ОДК), свинца (0,16 ОДК), олова (0,2 ОДК), бериллия (0,1 ОДК), лития (0,8 ОДК), стронция (0,16 ОДК) и бария (0,7 ОДК). Содержания кобальта равны ОДК. В то же время данные осадки превышают нормативные показатели по содержанию цинка (1,4

ОДК), бора (1,6 ОДК), хрома (2,6 ОДК) при аномально высоких концентрациях ванадия (30 ОДК).

В целом донные осадки водных объектов отрога Крутой Лог балки Чуфичева **неблагополучны** по содержаниям цинка, хрома, ванадия и бора, условно безопасны по содержаниям кобальта, титана и лития. Необходимо отметить, что перечень элементов-загрязнителей не характерен для микрокомпонентного состава железных руд и хвостов разрабатываемых месторождений, т.е. они имеют внегоковский источник.

Сравнение химического состава водных вытяжек донных осадков различных водных объектов (табл. 2) как по концентрации макрокомпонентов и микроэлементов, так и по показателям качества позволила установить следующие тенденции.

Так по значениям рН водные вытяжки донных осадков как основного водоема (II), так и водотока (III) превышают величины этого показателя, соответствующие воде — 7.65 против 7.0 и 7.8 против 7.1 соответственно. В то же время величина общей минерализации водных вытяжек значительно меньше этого показателя для соответствующих вод. В основном водоеме минерализация водной вытяжки составляет 378 мг/л на фоне 827 мг/л, а водная вытяжка донных осадков водотока составляет 157 мг/л при общей минерализации воды 823 мг/л.

Аналогичная картина отмечается как для макрокатионов (Ca, Mg, Na, K), так и для макроанионов (HCO₃, Cl, SO₄, нитриты), концентрации которых в водных вытяжках донных осадков ниже таковой в соответствующих водах (рис. 3).

Таблица 2

Сравнительная характеристика химического состава водных вытяжек и воды различных водных объектов отрога «Крутой Лог» балки Чуфичева (мг/л)

№ п/п	Компонент, показатель свойств	Основной водоем (II)		Водоток (III)	
		Вода	Водная вытяжка	Вода	Водная вытяжка
1.	pH	7.0	7.65	7.1	7.80
2.	Общая минерализация, мг/л	827	378	823	157
3.	Кальций (Ca)	4.60	3.546	4.80	1.043
4.	Магний (Mg)	2.80	0.999	2.70	0.350
5.	Натрий (Na)	2.52	0.413	2.48	0.380
6.	Калий (K)	1.18	0.487	1.18	0.244
7.	Гидрокарбонаты (HCO ₃)	4.87	0.500	4.67	0.680
8.	Хлориды (Cl)	0.84	0.123	0.84	0.099
9.	Сульфаты (SO ₄)	5.43	4.801	5.67	1.415
10.	Нитриты (NO ₂)	0.01	0.032	0.01	0.001
11.	Стронций (Sr)	0.90	4.25	0.90	2.25
12.	Литий (Li)	0.019	0.05	0.019	0.035
13.	Марганец (Mn)	0.038	0.4	0.01	0.41
14.	Медь (Cu)	0.005	0.29	0.005	0.04
15.	Никель (Ni)	0.006	0.07	0.005	0.065
16.	Железо (Fe) общ.	0.1	0.95	0.98	0.5

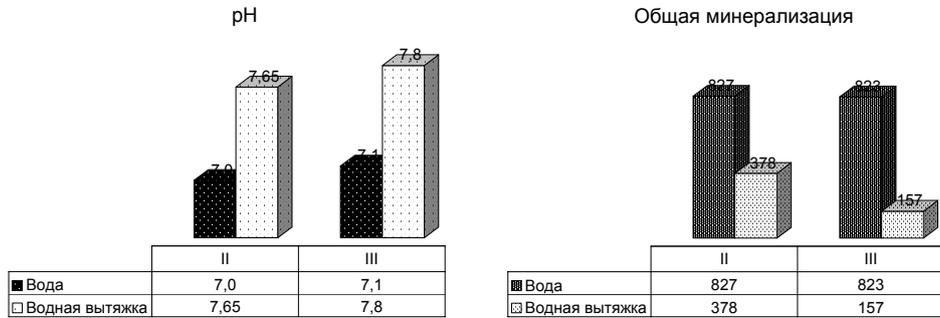
Иными словами водные вытяжки донных осадков являются менее минерализованной субстанцией по сравнению с водой соответствующего водного объекта.

В то же время содержания ряда микроэлементов (Sr, Li, Mn, Cu, Ni, Fe_{общ.}) в водных вытяжках превышают аналогичные значения для воды как основного водоема (II), так и водотока (III) (рис. 1). Этот факт может свидетельствовать о наличии в донных осадках определенной доли водорастворимых форм этих микроэлементов.

Помимо определения химического состава водных вытяжек донных осадков проводилось и определение химического состава их ацетатно-аммонийных вытяжек. Определение химического состава водных вытяжек донных осадков позволяет установить наличие в них водорастворимых форм ряда компонентов и микроэлементов. Однако в донных осадках могут существовать и иные формы фиксации химических элементов.

Именно с целью выявления неводорастворимых соединений микроэлементов проводились ацетатно-аммо-

Показатели свойств



Макрокомпоненты

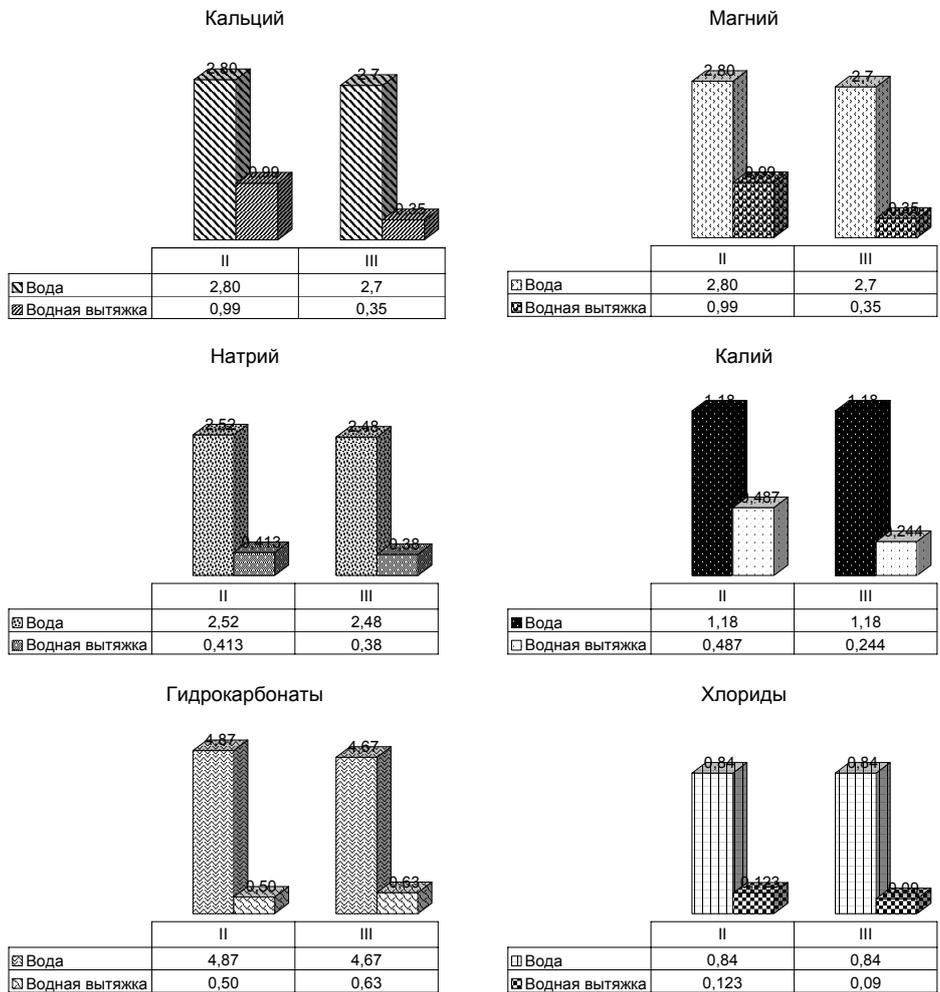


Рис. 3. Сравнительная характеристика вариаций химического состава воды и водных вытяжек донных осадков основного водоема (II) и водотока (III) отрога Сухой Лог балки Чуфичева

Таблица 3

Сравнительная характеристика водных и аммонийно-ацетатных вытяжек донных осадков основного водоема (II) и водотока (III) отрога «Крутой Лог» балки Чуфичева (мг/л)

№ п/п	Элемент	Донный осадок основного водоема (II), мг/кг		Донный осадок водотока (III), мг/кг	
		Водная вытяжка	Аммонийно-ацетатная вытяжка	Водная вытяжка	Аммонийно-ацетатная вытяжка
1.	Стронций (Sr)	4.25	54.3	2.25	63.2
2.	Литий (Li)	0.05	0.62	0.035	0.93
3.	Марганец (Mn)	0.4	86.8	0.41	172.5
4.	Медь (Cu)	0.29	1.2	0.04	1.55
5.	Цинк (Zn)	<0.05	4.1	<0.05	3.1
6.	Свинец (Pb)	<0.025	0.08	<0.025	1.71
7.	Кадмий (Cd)	<0.001	<0.002	<0.001	0.002
8.	Хром (Cr)	<0.01	0.14	<0.01	0.42
9.	Ртуть (Hg)	<0.0005	<0.001	<0.0005	<0.001
10.	Мышьяк (As)	<0.025	<0.05	0.025	0.06
11.	Никель (Ni)	0.07	0.94	0.065	2.65
12.	Железо (Fe) общ.	0.95	18.0	0.5	150

нийные вытяжки, которые позволяют, в частности установить наличие в осадках компонентов, фиксирующихся в органическом веществе, видимо, в виде металлоорганических комплексов.

Сравнение химического состава водных и ацетатно-аммонийных вытяжек донных осадков основного водоема (II) и водотока (III) по содержанию ряда микроэлементов (табл. 3, рис. 4) позволяет установить следующую тенденцию. По всем микроэлементам, установленным в значимых концентрациях (Sr, Li, Mn, Cu, Ni, Fe_{общ.}) ацетатно-аммонийные вытяжки характеризуются более высокими их содержаниями по сравнению с водными разновидностями. Как для вытяжек

донных осадков основного водоема (II), так и для вытяжек донных осадков водотока (III) в ацетатно-аммонийных вытяжках устанавливаются значительно более высокие (в несколько раз, на порядок, на 2-3 порядка) по сравнению с их водными аналогами концентрации стронция (13-29 раз), лития (12-30 раз), марганца (217-430 раз), меди (4-38 раз), цинка (82-62 раза), свинца (3,2-64 раза), никеля (13-40 раз), общего железа (19-300 раз). Для микроэлементов, концентрации которых в водных вытяжках отмечены ниже порога чувствительности метода определения (Zn, Pb, Cr) в ацетатно-аммонийных вытяжках устанавливаются их вполне значимые концентрации, часто на

порядок более высокие, чем разрешающая способность аналитических методов.

Например, при содержаниях в водных вытяжках *цинка* в количестве менее 0,05 мг/кг в их ацетатно-аммонийных аналогах концентрации этого элемента составляют 4,1 мг/кг для осадков основного водоема и 3,1 мг/кг для осадков водотока. Аналогичная картина отмечена для *свинца* (0,08 мг/кг и 1,71 мг/кг на фоне 0,025 мг/л) и *хрома* (0,14 мг/кг и 0,42 мг/кг на фоне 0,01 мг/л).

Полученные данные свидетельствуют о наличии в донных осадках неводорастворимых форм фиксации ряда химических элементов, концентраторами которых могут являться, в том числе, органические вещества. Об этом косвенно может свидетельствовать наличие органического углерода ($C_{гум.}$) в водных вытяжках донных осадков как основного водоема (2,90 %), так и водотока (1,16 %).

Литогеохимическое изучение донных осадков как основного водоема, так и водотока позволило установить следующие их особенности:

Отмечена тенденция распределения как ряда микроэлементов-металлов (Ni, Cr, Zn, Pb, Cu и т.п.), так и некоторых макроэлементов (Fe, Mn, P) между твердой и жидкой фазами донных осадков. При опробовании донных осадков, как основного водоема, так и водотока, отбирались серии из двух проб, одна из которых высушивалась, а вторая центрифугировалась с целью удаления жидкой фазы, т.е. обезвоживалась. Вполне естественно, что в высушенной пробе оставались все компоненты, как фиксированные в «минеральном скелете», так и растворенные в жидкости, на-

полняющей осадок. В то же время в процессе центрифугирования происходит отжим жидкой фазы осадка, сопровождаемый удалением растворенных в ней компонентов. К сожалению, в процессе центрифугирования вместе с водой происходило отделение, видимо, какой-то части органических веществ, о чем свидетельствовала повышенная цветность отделяемых растворов.

Как для донных осадков основного водоема, так и для донных осадков водотока установлено, что в высушенных осадках по сравнению с их центрифугированными разностями наблюдаются более высокие концентрации *железа* (10 — 8 и 6 — 4 %), *марганца* (0,8 — 0,6 и 0,8 — 0,6 %), *никеля* (0,006 — 0,005 и 0,005 — 0,002 %), *титана* (0,5 — 0,4 и 0,3 — 0,06 %), *хрома* (0,01 — 0,008 и 0,008 — 0,003 %), *меди* (0,005 — 0,003 %), *свинца* (0,005 — 0,002 %), *цинка* (0,02 — 0,01 %), *бериллия* (0,0003 — 0,0001 %), *лития* (0,005 — 0,003 %), *фосфора* (0,3 — 0,2 % и 0,2 — 0,1 %), *циркония* (0,03 — 0,02 и 0,01 — 0,006 %), *натрия* (1 — 0,5 %) и *калия* (2 — 1 %).

Это свидетельствует о том, что довольно значительная часть, как микроэлементов, так и некоторых макроэлементов находится в подвижном, в том числе и водорастворимом состоянии.

Представляется возможным определить долю подвижных форм некоторых элементов в донных осадках как основного водоема (табл. 4), так и водотока (табл. 5). Из представленных таблиц становится ясно, что в донных осадках водотока значительная часть таких элементов как титан, никель,

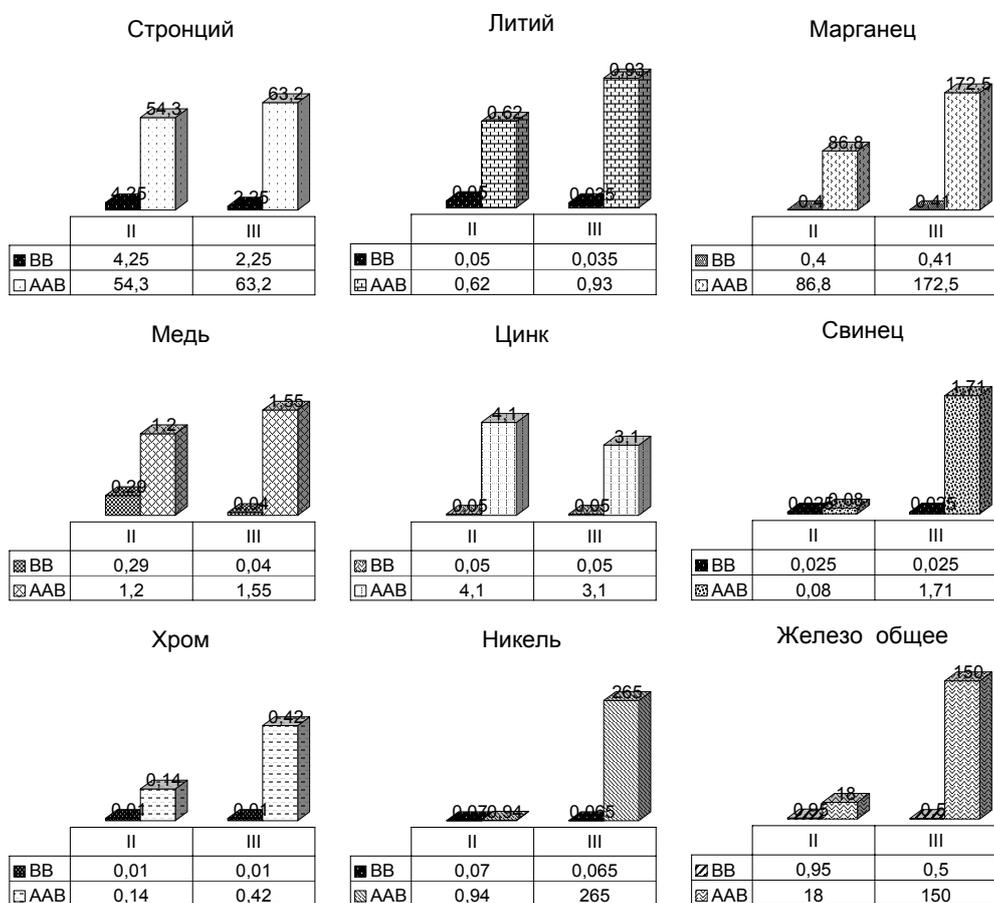


Рис. 4. Сравнительная характеристика содержаний ряда микроэлементов (мг/кг) в водных (BB) и ацетатно-аммонийных (AAB) вытяжках донных осадков основного водоема (II) и водотока (III) отрога Крутой Лог балки Чуфичева

хром, кобальт, свинец, фосфор, калий, натрий находятся в подвижных формах, доля которых варьирует от 50 до 80 % от общего количества данного элемента. В то же время в донных осадках основного водоема отмечаются более низкие концентрации подвижных форм тех же элементов, превышающие 50 % только для бериллия (60 %) и достигающие 50 % для цинка и циркония. Для прочих элементов доля подвижных форм варьирует от 16 до 33 % (Ni, Cr, Ti). Отмеченная тенденция может быть

объяснена различными механизмами фиксации элементов в осадках, обусловленными вариациями физико-химических (например, окислительно-восстановительный потенциал) условий, гидродинамическими параметрами, интенсивностью образования органического вещества, его групповым составом и т.п. факторами, изучение которых требует специальных исследований.

Выводы

1. Воды поверхностных водных объектов отрога «Крутой Лог» бал-

Таблица 4

Сравнительная характеристика металлоносности высушенных (C_1) и центрифугированных (C_2) донных осадков основного водоема отрога Крутой Лог балки Чуфичева

Элемент	Содержание в высушенном осадке, C_1 , %	Содержание в центрифугированном осадке, C_2 , %	Разность содержаний, $\Delta C=(C_1-C_2)$, %	Доля подвижных форм, $\frac{\Delta C}{C_1} \cdot 100\%$
Железо	10	8	2	20
Марганец	0,08	0,06	0,02	25
Никель	0,006	0,005	0,001	16
Титан	0,5	0,4	0,1	20
Хром	0,03	0,02	0,01	33
Цинк	0,02	0,01	0,01	50
Бериллий	0,0003	0,0001	0,0002	66
Фосфор	0,3	0,2	0,1	33
Литий	0,005	0,004	0,001	20
Цирконий	0,02	0,01	0,01	50

Таблица 5

Сравнительная характеристика металлоносности высушенных (C_1) и центрифугированных (C_2) донных осадков водотока отрога Крутой Лог балки Чуфичева

Элемент	Содержание в высушенном осадке, C_1 , %	Содержание в центрифугированном осадке, C_2 , %	Разность содержаний, $\Delta C=(C_1-C_2)$, %	Доля подвижных форм, $\frac{\Delta C}{C_1} \cdot 100\%$
Железо	6	4	2	33
Марганец	0,08	0,06	0,02	25
Никель	0,005	0,002	0,003	60
Титан	0,03	0,004	0,026	82
Хром	0,008	0,003	0,005	64
Кобальт	0,003	0,0006	0,0024	80
Бериллий	0,0001	<0,0001		
Литий	0,004	0,003	0,001	25
Медь	0,005	0,003	0,002	40
Свинец	0,005	0,002	0,003	60
Фосфор	0,2	0,1	0,1	50
Натрий	1	0,5	0,5	50
Калий	2	<1	1	50
Бор	0,005	0,003	0,002	40

ки Чуфичева в основном отвечают требованиям, предъявляемым к водам культурно-бытового назначения, что свидетельствует о слабом техногенном воздействии техно-

гических растворов хвостохранилища Лебединского ГОКа на поверхностные водные объекты, расположенные в пределах его горного отвода.

2. Донные отложения поверхностных водных объектов отрога «Крутой Лог» балки Чуфичева экологически неблагополучны и не отвечают требованиям, предъявляемым к почвам и грунтам населенных пунктов в связи с высокими (выше ОДК) содержаниями в них Zn, Cr, V, B, а также Co, Ti и Li.

3. Сравнительная характеристика высушенных и обезвоженных осадков позволяет сделать вывод о том, что в донных отложениях поверхностных водных объектов отрога «Крутой Лог» балки Чуфичева значительная часть концентраций таких микроэлементов как Ti, Ni, Cr, Pb находится в под-

вижном состоянии, причем доля подвижных форм перечисленных элементов может достигать 50-80 % от их общего содержания в осадке.

4. Ацетатно-аммонийные вытяжки донных осадков характеризуются более высокими (в несколько раз, на порядок, на несколько порядков) концентрациями Sr, Li, Mn, Cu, Zn, Pb, Ni, Fe_{общ} по сравнению с их водными вытяжками, что свидетельствует о наличии в донных отложениях как водорастворимых, так и неводорастворимых формах фиксации ряда элементов, концентраторами которых могут являться органические вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. В шести книгах. — М.: Недра, 1994.
2. ГН 2.1.5.1093-02 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
3. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почв населенных мест.
4. СанПиН 2.1.5-980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
5. СанПиН 2.17.1289-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почв. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Ларичев Л.Н. — кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
Ческидов В.В. — преподаватель,
Московский государственный горный университет, ud@msmu.ru.

