

**НАПРАВЛЕНИЕ  
«МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
ГЕОЭКОСИСТЕМ ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНОВ»**

## ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ПЫЛЕВОЙ ФРАКЦИИ СНЕГА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ЧИТЫ

Бондаревич Е.А., Коцюржинская Н.Н., Самойленко Г.Ю., Климович К.И., Игумнов С.А.

*Читинская государственная медицинская академия, г. Чита, Россия*

*e-mail: bondarevich84@mail.ru*

**Абстракт:** Чита характеризуется неблагоприятным набором климато-географических и техногенных факторов, которые в наибольшей мере реализуются в зимний период года. Они приводят к задерживанию пыли и ксенобиотиков в атмосфере в виде смога и дальнейшему перемещению в снежный покров. В результате наблюдается значительное загрязнение сопряженных сред, что негативно сказывается на здоровье человека. Так по величине пылевой нагрузки  $P_n$  наиболее неблагоприятными являлись центральная (более 12 т·км<sup>2</sup>·сут.) и восточная (более 7 т·км<sup>2</sup>·сут.) часть Читы. Вычисленный средний суммарный показатель нагрузки ксенобиотиков из пылевой фракции ( $Z_p = 76,295$ ) соответствует низкому уровню загрязнения, однако имелись и аномалии с высоким уровнем.

**Ключевые слова:** Снежный покров, тяжелые металлы, пылевая нагрузка.

Тяжелые металлы – опасные ксенобиотики, поступление которых в экосистемы значительно усилилось в связи с техногенезом. Эта группа загрязнителей характеризуется высокой токсичностью, низкой скоростью миграции, способностью к биоаккумуляции и биомагнификации, политропностью действия. В связи с этим интересным является изучение накопления тяжелых металлов в объектах окружающей среды, одним из которых является снежный покров. Ряд авторов [1, 2] считают снежный покров более объективным, стабильным и репрезентативным объектом анализа для оценки степени загрязнённости атмосферы.

В условиях города Читы совокупность климато-географических факторов создают неблагоприятную ситуацию задерживания техногенных аэрозолей и дымов. В результате пылевые частицы и различные формы тяжелых металлов абсорбируются в снежном покрове, и далее перемещаются в корнеобитаемый слой почвы и в поверхностные воды.

Целью работы было сравнение степени загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами (цинком, свинцом, кадмием и медью) в условиях различной степени техногенного воздействия.

Для оценки уровня загрязненности различных участков снежного покрова г. Читы были выбраны контрольные точки отбора (рис. 1) и все они разделены по направлениям сторон света от центра города.

Пробоотбор проводили в период максимального снегонакопления в конце декабря – январе 2014 и 2015 гг. Всего было отобрано 25 проб. Фоновый участок у села Засопка.

Отбор проб снежного покрова проводился в соответствии с методиками [2, 3, 4, 5]. Плавление проб проводили при комнатной температуре непосредственно перед анализом.

В качестве химических индикаторов степени загрязнения снежного покрова были выбраны ионы цинка, кадмия, свинца и меди, так как они не подвергаются трансформации при таянии снега.

Для определения твёрдой фазы талой воды каждая проба отфильтровывалась (объем воды 1 л) через бумажный фильтр «синяя». Отделённая пылевая фракция на бумажном фильтре высушивалась до постоянной массы и взвешивалась. Твёрдая фракция далее подвергалась мокрому озолению в кварцевых тиглях в присутствии 2-2,5 мл концентрированной  $\text{HNO}_3$  (х.ч.) и 0,5-1 мл 30 %-ного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  (х.ч.) с использованием «ПДП-Аналитика», согласно МУ 31-17/06. Озоление проводили до получения светлого осадка, не имеющего угольных включений. Зола растворяли в 1 мл концентрированной  $\text{HCOOH}$  (ч.д.а.), объем минерализата доводили до 10 мл дистиллированной водой. Концентрацию ионов  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{Cu}^{2+}$  определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «ГА-Универсал», методом стандартных добавок с использованием трехэлектродной электрохимической ячейки. Пробу каждого образца анализировали в 3-х параллельных опытах в 2-х кратной повторности. Статистическая обработка результатов проводилась программами TA-Lab и MS Excel 2010 методами описательной статистики.

Выделенная пылевая фракция снежного покрова имела значительные количественные отличия, в зависимости от места отбора пробы. Рассчитанный по массе пыли в пробе



## Зональные показатели загрязнения пылевой фракции снежного покрова г. Читы

	Ед. изм.	Зона города				
		Центр	Восток	Запад	Север	Юг
Zn	мг·кг <sup>-1</sup>	82,063 <sup>1</sup>	65,735	10,86	203,78	56,457
		305,5 – 11 <sup>2</sup>	167 – 0,55	23 – 1,8	382 – 8,9	146 – 8,2
Cd	мг·кг <sup>-1</sup>	1,566	0,255	1,574	–	–
		6,7 – 0,15	1,5 – 0,22	4,5 – 0,27		
Pb	мг·кг <sup>-1</sup>	56,775	57,13	37,44	104,18	40,033
		94 – 5,2	236 – 6	79 – 2,1	176 – 9,2	85 – 4,1
Cu	мг·кг <sup>-1</sup>	76,725	148,375	43,82	109,86	14,06
		222 – 16	422 – 0,55	165 – 14	220 – 30,3	42 – 0,18
Z <sub>c</sub>		76,91	64,48	30,67	152,86	43,95
		213,58 – 6,93	161,5,27	63,71 – 1,45	269,16 – 12,69	90,11 – 4,88
Z <sub>p</sub>		101,21	76,29	37,89	139,82	20,54
		289,39 – 15,97	215,13 – 3,56	80,68 – 4,13	257,79 – 2,08	32,59 – 4,45
P <sub>n</sub>	кг/км <sup>2</sup> ·с ут.	12359	7641	6961	5238	3771
		18219 – 6219	9844 – 1531	64563 – 1875	8250 – 1938	6844 – 1750

<sup>1</sup> – среднее значение показателя, <sup>2</sup> – максимальные и минимальные значения показателя.

Таким образом, по степени загрязнения пылевой фракции снега урбанизированная территория Читы характеризуется средним и высоким уровнем. По суммарному показателю загрязнения исследованные зоны города можно расположить в следующей убывающей последовательности: северная > центральная > восточная > южная > западная части.

## Список литературы

1. Воронкова И.П., Чеснокова Л.А. Содержание токсичных микроэлементов в сопряжённых средах / Гигиена и санитария. 2009. № 4. С. 17-19.
2. Смирнова С.М., Долин В.В. Тяжелые металлы в снежном покрове г. Николаева. Сборник научных трудов Института геохимии окружающей среды. К.: ИГНС, 2011. В. 19. С. 115-124.
3. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами / Сост. Б.А. Ревич, Ю.Е. Саг, Р.С. Смирнова, Е.П. Сорокина. М.: ИМГРЭ, 1982. 112 с.
4. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89 (утв. Госкомгидрометом СССР 01.06.1989, Главным государственным санитарным врачом СССР 16.05.1989).
5. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населённых пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. № 5174 – 90 / Сост. Б.А. Ревич, Ю.Е. Саг, Р.С. Смирнова. М.: ИМГРЭ, 1990. 9 с.

### CONTAMINATION OF SNOW DUST FRACTION OF HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT OF THE CITY OF CHITA

**Bondarevich E.A., Kotsyurzhinskaya N.N., Samoilenko G.Y., Igumnov S.A., Klimovich K.I.**

*Chita State Medical Academy, Chita, Russia*

*e-mail: bondarevich84@mail.ru*

**Abstract:** Chita is characterized by a set of unfavorable climatic and geographical and technological factors, which is best realized in the winter period. They lead to the retention of dust and xenobiotics in the atmosphere in the form of smog and further movement in the snow. As a result, there is significant pollution coupled environments and the resulting negative impact on human health. So biggest dust load  $P_n$  most disadvantaged is the central (*more than 12 tons · km<sup>2</sup> · day*) and eastern (*more than 7 tons · km<sup>2</sup> · day*) of the Chita. The calculated average total load indicator xenobiotics from dust fraction ( $Z_p = 76,295$ ) corresponds to a low level of contamination, but there were some anomalies and a high standard.

**Keywords:** Snow cover, heavy metals, dust load.

## СОСТАВ ПРИРОДНЫХ ВОД БАССЕЙНА Р. МУЛЬТА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ) КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ЭКОСИСТЕМЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Бородина Е.В., Бородина У.О.

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

*e-mail: borev@igm.nsc.ru*

**Абстракт:** В работе представлены результаты по ICP-MS определению растворенных форм 26 элементов в воде озер Мультинского бассейна. Из элементов аэротехногенного происхождения превышение ПДК [4] установлено только для Zn в Верхнем Мультинском озере, и для Cu и Zn в р. Поперечная, однако, эти показатели значительно ниже ПДК загрязняющих веществ в питьевой воде [5]. Несмотря на значительный вклад атмосферных осадков и снежно-ледниковых вод в питание водных объектов, других техногенных компонентов не обнаружено, что свидетельствует о сравнительно низком содержании загрязняющих веществ в атмосферных осадках региона.

**Ключевые слова:** многоэлементный количественный анализ водных проб, экология особо охраняемых природных территорий, бассейн р. Мульта, Горный Алтай.

Актуальность экологического мониторинга природных вод связана с тем, что в Республике Алтай для питья, хозяйственно-бытовых целей и в сельском хозяйстве в основном используются пресные поверхностные воды, наиболее подверженные внешним загрязнениям. Расширение хозяйственной деятельности на территории Горного Алтая и ее рекреационного использования определяют необходимость таких исследований для решения задач по сохранению экологического равновесия в регионе.

Состав водных объектов бассейна р. Мульта формируется за счет выщелачивания элементов из подстилающих горных пород и почв, их поступления с тальми ледниковыми водами и атмосферного переноса. Низкая минерализация природных вод бассейна р. Мульта связана с климатическими особенностями района и гидрологическим режимом рек. Для водных объектов р. Мульта характерно преимущественно снежно-ледниковое питание, большое количество атмосферных осадков и интенсивный водообмен с одной стороны и обедненность почв органическими остатками и недостаточное время контакта вод с породами – с другой. Тем не менее, определяющим фактором обогащения природных водотоков микроэлементами является выщелачивание подстилающих горных пород и накопление микроэлементов в почвенных растворах.

Вода озер Мультинского бассейна является ультрапресной (<100 мг/л), очень мягкой (<1.5 мг-экв/л), гидрокарбонатной I типа, кальциевой – в озерах Мультинского каскада, Поперечном и Сурочьем и, вероятно, натриевой – в озерах Паука и Чаша Братьев. Устойчивые различия в химическом составе воды озер Мультинского каскада и бассейна р. Поперечная, вероятно, связаны с природными особенностями состава воды, поступающей с площади водосбора, вследствие, в первую очередь, различий в составе подстилающего грунта и разного вклада источников питания водных объектов.

Природный химический состав воды бассейна р. Мульта по некоторым параметрам не соответствует установленным нормативам качества и физиологической полноценности питьевой воды [1-3, 5-7]. Нижним пределом минерализации, при котором поддерживается гомеостаз организма, является сухой остаток в 100 мг/л, оптимальный уровень минерализации соответствует 200-500 мг/л. При этом содержание кальция должно быть не менее 25 мг/л, магния – не менее 5 мг/л. В воде бассейна р. Мульта все показатели значительно ниже оптимальных значений. Содержание растворенных форм элементов в озерах Мультинского каскада и р. Поперечная не превышает ПДК загрязняющих веществ в питьевой воде за исключением содержания алюминия (2.5 ПДК) и железа (2.2 ПДК) в пробе из северной части Верхнего Мультинского озера (таблица).

Загрязнение воды рек верхней части бассейна Катуня тяжелыми металлами кроме природного характера обусловлено трансграничным переносом с предприятий Восточного Казахстана. В снежном покрове Катунского хребта в течение длительного времени происходит накопление загрязняющих элементов, что отражается на составе водных объектов бассейна р. Мульта. В исследованных водных объектах наблюдается превышение ПДК вредных веществ, установленных для водных объектов рыбохозяйственного значения [4]. Содержание меди в

озерах Мультинского каскада составляет 1.1-3.4 ПДК, а в устье р. Поперечная – 11.4 ПДК. Содержание цинка в Верхнем Мультинском озере – 1.2 ПДК, в р. Поперечная – 6 ПДК. В северной части Верхнего Мультинского озера зафиксировано содержание алюминия 12.5 ПДК, марганца 3.5 ПДК, железа 6.6 ПДК, ванадия 1.3 ПДК. У юго-восточного берега Среднего Мультинского озера содержание марганца достигает 1.2 ПДК и железа 2.1 ПДК (таблица).

Таблица

Результаты ИСП-МС определения содержания растворенных форм элементов в водных пробах, мкг/л

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	В-1-12	В-5-14	В-6-14	В-2-12	В-7-14	В-8-14	В-9-14	В-3-12	В-10-14
Na	348	352	332	538	498	1222	248	240	265
Mg	319	279	300	412	313	278	431	654	432
Al	54	22	22	106	26	126	27	<b>498</b>	53
Si	638	1321*	1348*	1415	1583	1319*	1053*	967	1605
P	28,7*	6,9*	8,9*	17,2*	9,1	34,3	7,9*	26,1*	9,4
K	429	334	335	466	304	1795	218	405	249
Ca	2223	2368	2414	2086	2744	3197	2893	2174	2804
Sc	0,03*	<0,02	<0,02	0,06*	<0,02	<0,02	<0,02	0,04*	<0,02
Ti	<1	<0,6	<0,6	1,9*	<0,6	<0,6	0,6*	17,6	2,4
V	0,17	0,17	0,15	0,23	0,28	0,29	0,13	<b>1,25</b>	0,16
Cr	0,34	0,4*	0,42*	<0,1	0,44*	0,57*	0,51*	0,93	0,53*
Mn	7,9	1,7	2,2	<b>11,7</b>	2,4	4,6	1,9	<b>35,2</b>	2,6
Fe	58	20	39	<b>210</b>	39	35	41	<b>659</b>	61
Co	0,28	<0,04	<0,04	0,15	<0,04	<0,04	<0,04	0,41	<0,04
Ni	<1	<5	<5	<1	<5	<5	<5	1,4*	<5
Cu	<b>1,47</b>	0,88	0,99	<b>1,74</b>	<b>1,16</b>	<b>11,37</b>	0,87	<b>3,42</b>	<b>1,31</b>
Zn	2,8*	4,6	4,1	1,6*	3,9	<b>60,1</b>	4,4	4,3	<b>11,6</b>
Rb	0,76	0,50	0,54	0,83	0,52	2,29	0,55	1,42	0,55
Sr	10,6	12,5	13,1	13,0	14,9	15,3	17,3	12,7	17,6
Mo	0,27	0,35	0,35	0,23	0,28	0,29	0,32	0,17	0,43
Cd	0,02*	<0,01	0,01*	0,02*	0,01*	0,12	0,01*	0,02*	0,01*
Sn	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Ba	7,5	2,8	2,7	8,7	2,6	4,8	4,4	12,4	4,0
Hg	<0,01	-	-	<0,01	-	-	-	<0,01	-
Pb	0,14	0,15*	0,14*	0,19	0,16*	2,81	0,30*	0,92	0,40
U	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,09	0,15	0,09
Сумма	4130	4728	4823	5290	5541	8109	4949	5715	5520
Компонент	10	11	12	13	14	15	16	17	
	В-11-14	В-12-14	ПО-12	ПО-14	Приказ	ПДК	Первая	Высшая	
Na	270	378	10	10	120000	200000 <sup>1-3</sup>	200000	20000	
Mg	430	312	3	3	40000	50000 <sup>2</sup>	65000	5000-50000	
Al	36	13*	10	5	40	200 <sup>2</sup>	200	100	
Si	1236*	1135*	200	500	-	10000 <sup>1,2</sup>	10000	10000	
P	7,6*	8,2*	10	3	50 <sup>1</sup>	3500 <sup>1,2</sup>	-	-	
K	251	244	10	30	10000 <sup>2</sup>	12000 <sup>3</sup>	20000	2000-20000	
Ca	2880	2882	300	500	180000	100000 <sup>3</sup>	130000	25000-80000	
Sc	<0,02	<0,02	0,025	0,02	-	-	-	-	
Ti	1,0*	<0,6	1	0,6	60	100 <sup>2</sup>	-	-	
V	0,13	0,08	0,01	0,01	1	100 <sup>1,2</sup>	-	-	
Cr	0,54*	0,20*	0,1	0,2	20	50 <sup>1,4</sup>	50	30	
Mn	2,2	0,3*	0,2	0,2	10	100 <sup>1,2</sup>	50	50	
Fe	52	9*	0,1	5	100	300 <sup>1,2</sup>	300	300	
Co	<0,04	<0,04	0,01	0,04	10	100 <sup>1,2</sup>	100	100	
Ni	<5	<5	1	5	10	20 <sup>2</sup>	20	20	
Cu	<b>1,06</b>	0,84	0,25	0,25	1	1000 <sup>1,4</sup>	1000	1000	
Zn	4,6	4,2	1	1	10	1000 <sup>2</sup>	5000	3000	
Rb	0,52	0,33	0,05	0,1	100	100 <sup>1</sup>	-	-	
Sr	16,6	12,3	1	1	400	7000 <sup>1,2</sup>	7000	7000	
Mo	0,39	0,48	0,01	0,01	1	70 <sup>4</sup>	70	70	
Cd	0,01*	0,01*	0,01	0,01	5	1 <sup>1,2</sup>	1	1	
Sn	<0,1	<0,1	0,1	0,1	112	-	-	-	
Ba	3,5	3,5	0,1	0,1	740	100 <sup>1</sup>	700	100	
Hg			0,01	-	0,01	0,5 <sup>1,2</sup>	0,5	0,2	
Pb	0,21*	0,14*	0,03	0,1	6	10 <sup>2</sup>	10	5	
U	0,08	0,07	0,001	0,01	-	15 <sup>4</sup>	-	-	
Сумма	5193	5004	-	-	-	-	-	-	

Примечание. Погрешность определения не превышает 10%. \* Концентрации элементов близки к пределу обнаружения, погрешность до 100% (данные по содержанию этих элементов следует считать оценочными). Анализы выполнены на масс-спектрометре высокого разрешения ELEMENT фирмы Finnigan MAT (Германия), в ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН (Новосибирск), аналитик Николаева И.В.

Номера в таблице соответствуют следующим образцам: 1 – В-1-12 – Нижнее Мультиинское озеро, северный берег; 2 – В-5-14 – Нижнее Мультиинское озеро, южный берег; 3 – В-6-14 – р. Мульта, Шумы; 4 – В-2-12 – Среднее Мультиинское озеро, юго-восточный берег; 5 – В-7-14 – Среднее Мультиинское озеро, северо-восточный берег; 6 – В-8-14 – р. Поперечная, устье; 7 – В-9-14 – р. Мульта, исток из Верхнего Мультиинского озера; 8 – В-3-12 – Верхнее Мультиинское озеро, северный берег; 9 – В-10-14 – Верхнее Мультиинское озеро, северо-восточный берег; 10 – В-11-14 – Верхнее Мультиинское озеро, восточный берег; 11 – В-12-14 – ручей "Сурочий", впадающий в Верхнее Мультиинское озеро, устье; 12 – ПО-12 – пределы обнаружения для анализов, выполненных в 2012 г. (В-1-12 – В-3-12); 13 – ПО-14 – пределы обнаружения для анализов, выполненных в 2014 г. (В-5-14 – В-12-14); 14 – Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20, 1 – полифосфаты (олиготрофные водоемы), 2 – для водоемов с минерализацией до 100 мг/л; 15 – ПДК питьевой воды согласно: 1 – СанПиН 2.1.4.1074-01, 2002; 2 – ГН 2.1.5.1315-03, 2003; 3 – Директиве 80/778/ЕС, 1980 и Директиве 98/83/ЕС, 1998; 4 – ГН 2.1.5.2280-07; 16 – СанПиН 2.1.4.1116-02, первая категория, не более; 17 – СанПиН 2.1.4.1116-02, высшая категория, не более. Жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК.

Анализ корреляционных матриц содержания растворенных форм микроэлементов в озерах Мультиинского каскада выявил прямые корреляционные зависимости между элементами, поступающими в водные объекты из природных источников: Mg, Al, V, Mn, Fe, Cu, Rb, Ba, Pb, U. Все водные объекты Мультиинского каскада за исключением пробы из заболоченного участка в северной части Верхнего Мультиинского озера имеют однотипные взаимоотношения между элементами. Для состава воды р. Поперечная характерен другой тип корреляционных связей, при котором Cu, Rb, Pb оказываются более независимыми от других элементов. Это может быть показателем загрязнения бассейна р. Поперечной аэротехногенным материалом, содержащим Cu, Rb, Pb. Аэротехногенное загрязнение бассейна р. Мульта в целом обусловлено поступлением в водные объекты Co, Zn, Sr, Mo, не имеющих корреляционной связи с большинством элементов в составе всех изученных объектов. В связи с этим, повышенные содержания Zn в оз. Верхнее Мультиинское и р. Поперечная, а также Cu, Rb и Pb в р. Поперечная, вероятно, связаны с аэротехногенным загрязнением, а не обусловлены природными особенностями этого района.

Но из всех элементов аэротехногенного происхождения только для Zn в Верхнем Мультиинском озере, и для Cu и Zn в р. Поперечная, установлено превышение ПДК вредных веществ [4]. Однако, эти показатели значительно ниже ПДК загрязняющих веществ в питьевой воде [5]. Несмотря на значительный вклад атмосферных осадков и снежно-ледниковых вод в питание водных объектов, других техногенных компонентов не обнаружено, что свидетельствует о сравнительно низком содержании загрязняющих веществ в атмосферных осадках региона.

Превышение ПДК по содержанию таких элементов как Al, Mn, Fe, V (северная часть оз. Верхнего Мультиинского), Mn, Fe (оз. Среднее Мультиинское), а также Cu (озера Мультиинского каскада) не связано с аэротехногенным загрязнением. Высокое содержание этих элементов имеет природный характер, оно обусловлено высоким содержанием этих элементов в подстилающих горных породах или биохимическими процессами, а значит, отражает фоновое состояние ландшафтов.

#### Список литературы

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М., 2003.
2. Директива 80/778/ЕЕС от 15.07.1980 г. по качеству питьевой воды, предназначенной для употребления человеком // Журнал Европейского Сообщества. 1980. L229. С. 11-29.
3. Директива 98/83/ЕЕС от 3.11.1998 г. по качеству питьевой воды, предназначенной для употребления человеком.
4. Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 2002.

6. СанПиН 2.1.4.1116-02 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. Санитарно - эпидемиологические правила и нормативы. М., 2002.

7. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод. М., 2000.

**COMPOSITION OF NATURAL WATERS OF THE MULTA RIVER BASIN  
(MOUNTAIN ALTAI) AS AN INDICATOR OF TECHNOGENIC INFLUENCE  
ON ECOSYSTEMS OF SPECIALLY PROTECTED AREAS**

**Borodina E.V., Borodina U.O.**

*V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch RAS*

*Novosibirsk, Russia*

*e-mail:borev@igm.nsc.ru*

**Abstract:** The results for ICP-MS determination of 26 dissolved elements in the water of Multa river basin are presented. Among the elements of airborne origin excess of maximum allowable concentration [4] set only for Zn in the Upper Multinskoe lake, and for Cu and Zn in the Poperechnaya river, however, these are significantly lower maximum allowable concentration contaminants in drinking water [5]. Despite the significant contribution of precipitation and snow and glacier water in the supply of water objects, no other technogenic components were found, indicating a relatively low content of pollutants in atmospheric precipitation in the region.

**Keywords:** multivariate quantitative analysis of water samples, the environment of protected areas, Multa river basin, Mountain Altai.

## ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ СУЛЬФИДНО-ВОЛЬФРАМОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Дорошкевич С.Г., Смирнова О.К.

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

e-mail: sv-doroch@mail.ru

**Абстракт:** Рассмотрено распределение некоторых химических элементов в природных и техногенных ландшафтах сульфидно-вольфрамовых месторождений Забайкалья. С учетом литогенной основы, рельефа, разновидностей почв, растительности выделено три типа ландшафтов: горно-таежный, пойменный и техногенный. Показано влияние техногенных ландшафтов на пойменные.

**Ключевые слова:** природные и техногенные ландшафты, сульфидно-вольфрамовые месторождения, геохимические ассоциации элементов

Увеличивающееся антропогенное воздействие на окружающую среду на локальном, региональном и глобальном уровнях требует понимания механизмов, определяющих устойчивость биосферы и ее компонентов. На территории Забайкалья, характеризующейся высоким минерально-сырьевым потенциалом, особенно актуальны исследования влияния отходов горнорудного и обогащительного производства на природные ландшафты, часть из которых относится к особо охраняемым объектам мирового наследия. В связи с этим важно выявить особенности распределения и формы нахождения химических элементов в компонентах природно-техногенных систем разрабатываемых и законсервированных месторождений, факторы, обуславливающие их миграцию и концентрацию. При этом особого внимания заслуживают микроэлементы, которые, с одной стороны, чутко реагируют на воздействие природных и антропогенных факторов, определяющих их содержание в биосфере, с другой стороны, играют важную роль в биогеохимических процессах экосистем.

Районы исследований расположены в таежном среднегорье Забайкалья с абсолютными отметками рельефа 900-1500 м и с островной мерзлотой. Объекты исследований – природные и техногенные ландшафты в пределах горных отводов сульфидно-вольфрамовых месторождений (законсервированное Джидинское и ныне действующее Бом-Горхонское).

На участках Джидинского и Бом-Горхонского месторождений и прилегающих к ним территориях выделено три типа ландшафтов: горный таежный, пойменный и техногенный. Для горно-таежного ландшафта характерен эрозионно-денудационный рельеф, а для пойменного и техногенного – эрозионно-аккумулятивный. Горно-таежный ландшафт преобладает. Коренные породы, составляющие литогенную основу ландшафтов, представлены разнообразными гранитоидами – от кварцевых диоритов до лейкократовых гранитов, почвообразующие рыхлые породы – элювиальными и делювиальными образованиями.

Фитоценоз природного горно-таежного ландшафта **Джидинского рудного узла** включает кедр, лиственницу, ель, березу с травяно-моховым и травяно-брусничным с рододендронам даурским покровом. Почвы – горные дерново-таежные, дерново-лесные глубокопромерзающие.

Горные дерново-лесные почвы характеризуются малой мощностью (5-10 см) гумусового горизонта (содержание гумуса – 1,2-2,0 %), сложенного легкими суглинками серого с коричневым оттенком цвета, мелкокомковатой структурой. Структурно-метаморфический горизонт представлен плотными среднесуглинистыми, щебнистыми образованиями (обломки коренных пород составляют 30-50 % от общей массы) желто-бурого и бурого цвета. С глубины 60-80 см залегает горизонт грубообломочных пород. Реакция почв – слабокислая в верхней части профиля и слабокислая или нейтральная – в нижней. Геохимический спектр химических элементов составлен по верхнему 0-20-см слою почв (жирным выделены петрогенные элементы):

**Si>Al>Fe>Na>K>Ca>Mg>Ti>Mn>P>Ba>Sr>Zr>V>Rb>Cr>Zn>Cu>Ce>Ni>Y>La=**  
**Pb>Co>Nd>Nb>Cs>Mo=Sn=Sb.**

Разрез горных дерново-таежных почв характеризуется малой мощностью грубо гумусового горизонта (3-7 см) с содержанием гумуса 2-4 %. По гранулометрическому составу это легкий суглинок. Далее до глубины 15 см – желтовато-бурый суглинок. Структурно-метаморфический горизонт – плотный коричнево-бурого и бурого цвета, среднесуглинистый, с содержанием щебня около 40-60 %. С глубины 50-60 см начинается горизонт грубообломочных пород. Реакция почв – слабокислая по всему профилю.

Пойменный ландшафт Джидинского рудного узла развит в поймах рек Модонкуль, Инкур и ручьев Барун-Нарын, Зун-Нарын, выполненных аллювиальными отложениями. Растительность – лугово-тальниковая на аллювиальных луговых и осоково-полевицево-тальниковая на аллювиальных болотных перегнойно-глеевых глубокопромерзающих почвах.

Гумусовый горизонт аллювиальных луговых почв имеет мощность 15-25 см, серого или темно-серого цвета, легко- или среднесуглинистый. Содержание гумуса в нем 1,5-4,0 %. По профилю присутствуют признаки оглеения, отмечающиеся в виде железо-марганцевых конкреций и сизоватых пятен. Реакция почв – нейтральная по всему профилю почвы, либо слабощелочная в нижней его части. Поглощающий комплекс насыщен основаниями. Геохимический ряд элементов по пойме р. Модонкуль:

**Si>Al>Fe>Ca>Na>K>Mg>Ti>P>Mn>Zn>Ba>Sr>Zr>Cu>Rb>V>Cr>Ni>Ce>Pb>Y>Cd>Co>La>Nd>Nb>Cs>Mo>Sn=Sb;**

по пойме руч. Зун-Нарын:

**Si>Al>Fe>Ca>Na>K>Mg>S>Ti>P>Mn>F>Ba>Sr>Zr>Cr>V>Ni>Rb>Ce=Zn>Cu>Y>La>Pb>Co>Cs>Sb>Bi.**

Аллювиальные болотные перегнойно-глеевые глубокопромерзающие почвы характеризуются наличием в верхней части почвенного профиля перегнойного горизонта мощностью 20-30 см, темно-серого цвета. Содержание органического вещества 45-60 %, степень его разложения - высокая. В массе перегнойного горизонта выделяются равномерно распределенные примеси тонкодисперсного минерального материала. Нижележащий горизонт представлен минеральной толщей, в которой в разной степени проявлено оглеение. Реакция почв – сильноокислая в верхней части и кислая в нижней части профиля. Поглощающий комплекс насыщен основаниями. Геохимический спектр химических элементов по пойме р. Барун-Нарын выглядит следующим образом:

**Si>Al>Ca>Fe>Mg>Mn>K>P>S>Na>Ti>Ba>Sr>Zr>Zn>Pb>Rb>Ce>Cu>Y>V>Co>La>Ni>Cr=Mo>As>Nb>Sb>Sn>Bi;**

по пойме руч. Зун-Нарын:

**Si>Al>Fe>Na>Ca>K>Mg>Ti>S>P>Ba>Mn>Sr>F>Zr>Cr>V>Rb>Ce>Ni>Zn>Cu>La>Pb>Y>Co>Nb>Sn>Bi.**

Техногенный ландшафт Джидинского месторождения представлен массивами хранилищ отходов переработки сульфидно-гюбнеритовых руд. Ассоциация химических элементов на поверхности хвостохранилищ:

**Si>Al>K>Fe>Ca>Mg>Na>S>Ti>Mn>F>Zn>W>Rb>Pb>P>Ba>V>Cu>Sr>Cs>Cr>Zr>As>Bi>Ni>Mo>Ce>Sn>Y>Co>Ag>Sb>La>Nb>Cd.**

Количество валовой формы некоторых химических элементов, входящих в состав руд, в пойменных ландшафтах Джидинского месторождения, граничащих с техногенными, возрастает относительно фона: меди – в 2,4-9,6 раз; молибдена – в 1,3-13,4 раза; олова – в 1,1-2,5 раза; кадмия – в 6,4-13,4 раза; цинка – в 15,1-45,4 раз; свинца – в 1,9-314,8 раз (рис. 1).

Растительность горно-таежного ландшафта Бом-Горхонского месторождения представлена лиственницей, сосной, березой, ольхой по травяно-моховому покрову и травяно-брусничному с рододендром даурским на горных дерново-таежных почвах. Горные дерново-таежные почвы характеризуются малой мощностью грубо гумусового горизонта (2-5 см). По гранулометрическому составу он соответствует среднему суглинку. Далее до глубины 10-12 см – желтовато-бурый суглинок. Структурно-метаморфический горизонт – плотный коричнево-бурого и бурого цвета, среднесуглинистый, около 50-70 % общей массы составляет щебень. С глубины 50-60 см идет горизонт грубообломочных пород. Реакция почв – слабо- или среднекислая по всему профилю. Содержание гумуса находится в пределах 2-4 %. Насыщенность почв основаниями низкая; в составе обменных катионов преобладает кальций.

Пойменный ландшафт Бом-Горхонского месторождения включает поймы ручьев Бом-Горхон и Зун-Тигня. Представлен тремя типами почв: по пойме р.Зун-Тигня – аллювиальные дерново-глеевые (реже аллювиальные дерново-перегнойно-глеевые); по пойме р. Бом-Горхон – аллювиальные дерново-перегнойно-глеевые, болотные переходные торфянисто-глеевые (по левому борту, в районе впадения руч. Четвертый Ключ). Растительность: ива, ерник по травяно-осоково-моховому и травяно-моховому покрову.

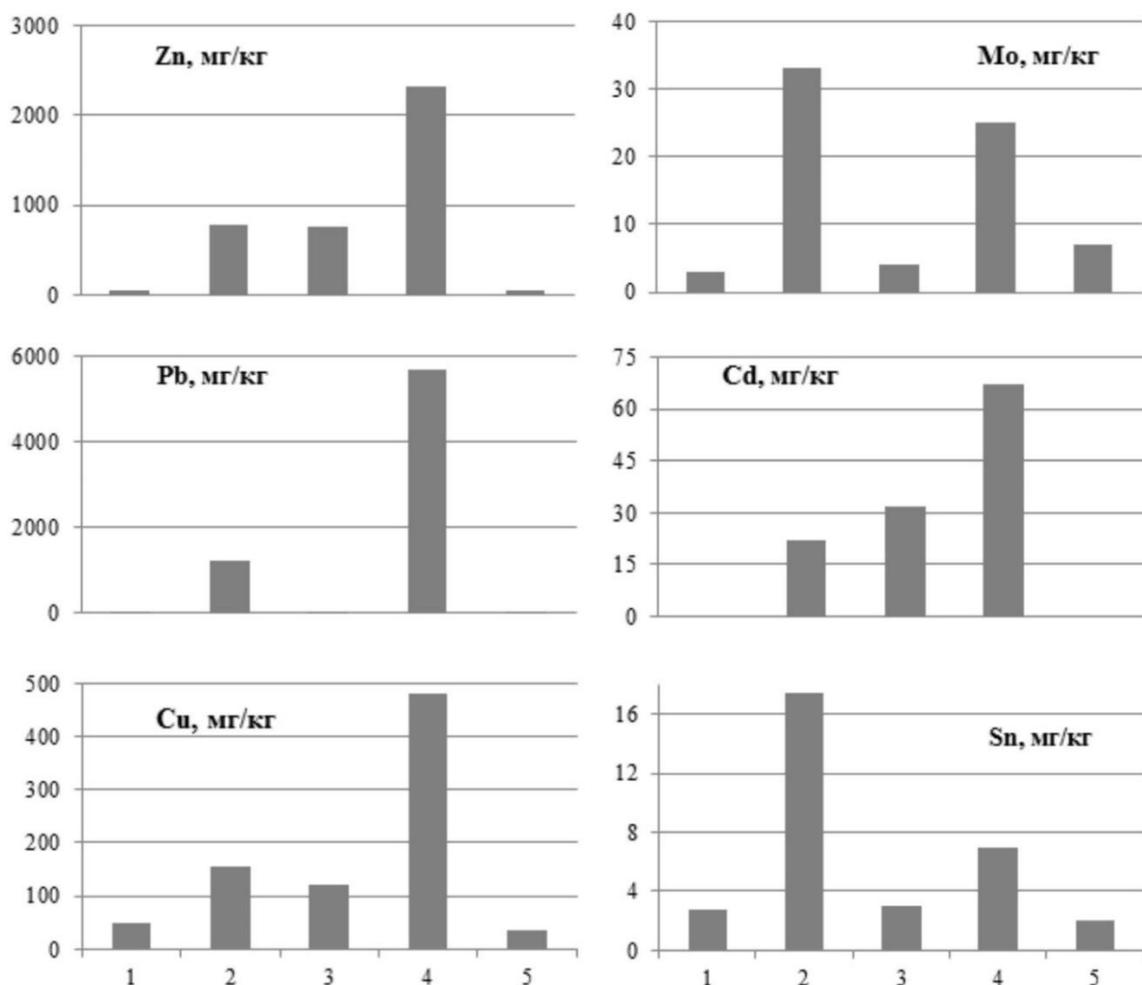
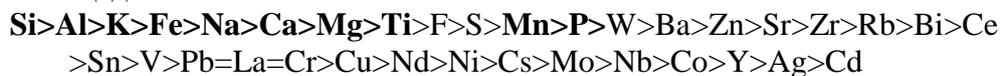
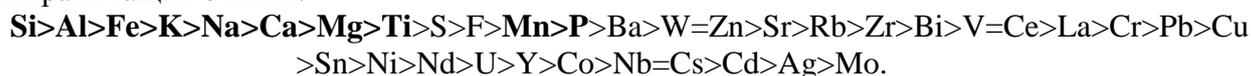


Рис. 1. Содержание валовой формы химических элементов в 0-20-см слое почв ландшафтов Джидинского месторождения (n=3): 1 – фон, 2 – бывшее намывное хвостохранилище, 3 – пойма р. Модонкуль, 4 – пойма руч. Барун-Нарын, 5 – пойма руч. Зун-Нарын.

Аллювиальные дерново-глеевые почвы характеризуются наличием гумусового горизонта мощностью 13-35 см, серого или темно-серого цвета, легко- или среднесуглинистого. По профилю присутствуют признаки оглеения, отмечающиеся в виде Mn-Fe-конкреций, сизоватых пятен и наличия глеевого горизонта. Реакция почв – кислая. Содержание гумуса в гумусовом горизонте находится в пределах 1,5-3,0%. Поглощающий комплекс насыщен основаниями. В долине р. Зун-Тигня отмечается наличие намывных техногенных песков, распространившихся при прорыве дамбы старого хвостохранилища. Геохимический спектр элементов почв площадей с намывными песками:

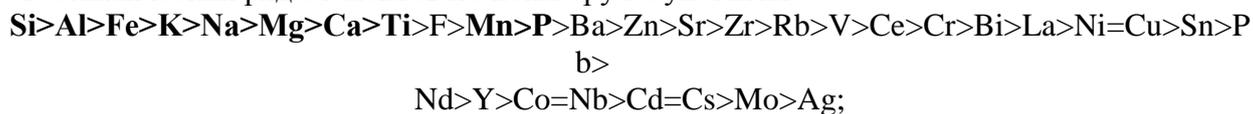


и граничащих с ними:



Аллювиальные дерново-перегнойно-глеевые почвы характеризуются наличием сизовато-черного заиленного перегнойного горизонта мощностью 10-12 см, под которым залегает гумусовый горизонт мощностью до 15-20 см, серого или темно-серого цвета, среднесуглинистого, переходящего в грязно-сизую глеевую толщу. Реакция почв – от близкой к нейтральной до кислой. Содержание органического вещества в перегнойном горизонте до 15%. Содержание гумуса в гумусовом горизонте находится в пределах 2,0-3,5%. Поглощающий комплекс насыщен основаниями.

Геохимический ряд элементов по пойме руч. Зун-Тигня:



по пойме руч. Бом-Горхон:

**Si>Al>Fe>K>Na>Ca>Mg>Ti>S>F >Mn>P>Ba>Sr>Zr>Zn>Rb>W>Ce>V>La>Bi>Nd>Cr>Cu>Ni>Y>Sn>Pb>Nb=Cs>Co>Mo>Cd>Ag.**

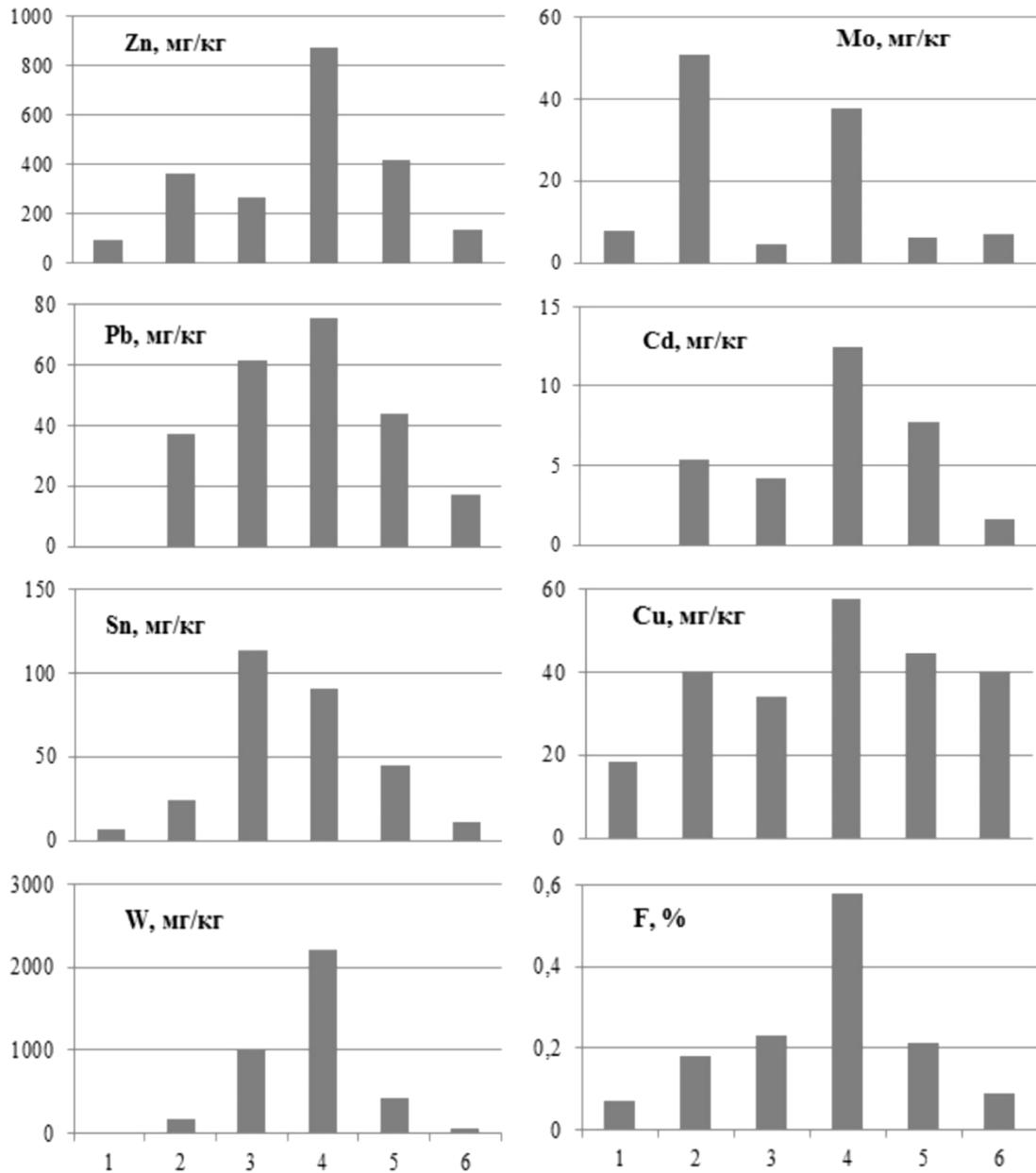


Рис. 2. Содержание валовой формы химических элементов в 0-20-см слое почв ландшафтов Бом-Горхонского месторождения (n=3-5): 1 – фон, 2 – карьер, 3 – бывшее хвостохранилище (Зун-Тигня), 4 – хвостохранилище (Бом-Горхон), 5 – пойма руч. Зун-Тигня, 6 – пойма руч. Бом-Горхон.

Болотные переходные торфянисто-глеевые глубокопромерзающие почвы в долине р. Бом-Горхон характеризуются наличием в верхней части почвенного профиля среднеразложившегося коричнево бурого торфяного горизонта мощностью 20-30 см, переходящего в сизую тяжелосуглинистую массу. Реакция почв – кислая по всему профилю. Геохимический спектр элементов:

**Si>Al>Fe>K>Na>Ca>Mg>Ti>S>F>P>Ba>Zr>Mn>Sr>Rb>Ce>Zn>La>V>Nd>Cu>Cr>Ni=Y>U>Pb>Cs>Co>Nb>Mo>Sn>Bi.**

Техногенный ландшафт Бом-Горхонского месторождения представлен массивами хвостохранилищ, карьерами. Геохимический ряд представлен следующей ассоциацией элементов: на территории старого хвостохранилища (р. Зун-Тигня):

**Si>Al>Fe>K>Na>Ca>Mg>Ti=S>F>W>Mn>P>Ba>Zn>Rb>Sr>Zr=Bi>Sn>Pb>Ce>V=La>Nd>Cu>Nb=Cs>Cr>Ag=Mo>Cd>Ni>Co>Y;**

на территории ныне действующего хвостохранилища р. (Бом-Горхон):

**Si>Al>Fe=K>Na>Ca>Mg>Ti>S>F> Mn=P>Ba>Sr>Zr>Zn>Rb>W>**

Ce>V>La>Bi>Pb>Cu>Cr>Nd>Ni>Y=Cs>U>Sn>Nb>Co>Cd;  
на территории старых карьеров:  
**Si>Al>Fe>K>Na>Ca>Mg>Ti>F>P>Mn>Ba>Sr>Zr>Zn>Rb>Ce>V>La>**  
**Pb>Cu>Nd=Bi>Cr>Nb=Y>Sn=Ni>Co>Cs>Mo>Cd.**

В грунтах техногенных ландшафтов старых лежалых хвостохранилищ Бом-Горхонского месторождения по долине р. Зун-Тигня количество валовой формы химических элементов относительно фона выше для фтора – в 3 раза; цинка – в 4,4 раза; олова – в 6,6 раз; меди – в 2,4 раза; кадмия – в 1,6 раза; свинца – в 1,8 раза; вольфрама – в 57 раз (рис. 2). Меньшее влияние на пойменный ландшафт руч. Бом-Горхон оказывает действующее хвостохранилище: отмечается повышение относительно фона содержания фтора – в 1,3 раза; цинка – 1,4 раза; олова – в 1,7 раз; меди – в 2,2 раза и вольфрама – в 5,7 раз (рис. 2).

Геохимический спектр почв техногенных ландшафтов рассмотренных месторождений отличается появлением в составе ассоциации серы и фтора, содержание которых превышает содержание таких петрогенных элементов как фосфор и марганец. Высокое содержание серы и фтора, а также ряда тяжелых металлов в почвах пойменных ландшафтов свидетельствует о процессах миграции этих элементов из прилегающих техногенных образований.

Почвы пойменных ландшафтов, сопряженных с лежалыми массивами отходов обогащения руд, характеризуются более высоким содержанием ряда химических элементов, в том числе, потенциально токсичных для биоты, чем почвы ландшафтов, прилегающих к действующим хвостохранилищам сульфидно-вольфрамовых месторождений. Это говорит о тенденции увеличения со временем выноса компонентов лежалых сульфидсодержащих отходов обогащения руд, в окружающую среду.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 13-05-01155).

## **NATURAL AND TECHNOGENIC LANDSCAPES OF SULPHIDIC AND TUNGSTEN ORE DEPOSITS OF TRANSBAIKALIA**

**Doroshkevich S.G., Smirnova O.C.**

*Geological institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia  
e-mail: sv-doroch@mail.ru*

**Abstract:** Distribution of some chemical elements in natural and technogenic landscapes of sulphidic and tungsten ore deposits of Transbaikalia has been consideration. Based on bedrock composition, the relief, types of soils, vegetation three types of landscapes are distinguished: mountain-taiga, floodland and technogenic. Influence of technogenic landscapes on floodland is shown.

**Keywords:** natural and technogenic landscapes, sulphidic and tungsten ore deposits, geochemical associations of chemical elements.

## ПРИРОДНЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗА В ВОДОТОКАХ (НА ПРИМЕРЕ Р. БЕЛОЙ)

Фащевская Т.Б.

*Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия*

*e-mail: tf.ugatu@yandex.ru*

**Абстракт:** На основе анализа статистической однородности рядов среднегодовых концентраций железа общего в воде р. Белой за 1947-2007 годы выделены периоды, отличающиеся уровнем антропогенного воздействия на водоток. Установлены межгодовые закономерности содержания железа в речной воде в результате влияния природных и антропогенных факторов. Проведена оценка пригодности речной воды для различных видов водопользования.

**Ключевые слова:** водоток, антропогенное воздействие, железо общее, статистическая однородность временных рядов, предельно допустимая концентрация.

Река Белая является главным водотоком Республики Башкортостан (РБ), расположенной в предгорьях Южного Урала. Длина реки 1430 км, годовой объем стока в устье реки в среднем по водности год составляет 30,0 км<sup>3</sup>. Разнообразие физико-географических условий и гидрологических особенностей водотоков в бассейне реки обуславливают естественную пространственно-временную изменчивость содержания железа в речной воде.

Многочисленные объекты хозяйственной деятельности человека, расположенные на территории РБ, приводят к дополнительному поступлению железа в водный объект. В горной части региона и равнинном Зауралье такими объектами являются предприятия горнорудной промышленности, в Предуралье - предприятия нефтедобычи, нефтепереработки, химической и нефтехимической, металлургической, машиностроительной, энергетической отраслей, объекты складирования отходов производства и потребления.

Река Белая обеспечивает питьевой водой множество населенных пунктов, используется для промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения, рыбохозяйственного водопользования, а также является основным в регионе приемником сточных вод промышленности и жилищно-коммунального хозяйства. До 90% загрязняющих веществ в составе сточных вод от декларируемых в РБ источников сбрасывается в р. Белую с территории крупных промышленных центров Предуралья – городов Стерлитамак и Уфа [3].

Для определения количественных характеристик природных и антропогенных факторов содержания железа в водотоке необходимо сравнение современного его состояния с состоянием в естественных природных условиях. Однако, начало систематических наблюдений за содержанием в р. Белой железа (с конца 1940-х годов) совпадает с периодом, когда в ее бассейне уже ведется хозяйственная деятельность. Так, еще со времен горнозаводского освоения Урала в верховьях р. Белой функционирует Белорецкий металлургический комбинат (с 1762 г.), который в современных условиях является предприятием с полным металлургическим циклом: от добычи железной руды, выплавки чугуна и стали до производства изделий из металла [2].

Таким образом, в настоящее время трудно получить количественные оценки содержания железа в речной воде без учета антропогенного влияния. В [4] показано, что интенсивность хозяйственной деятельности на водосборе и, соответственно, антропогенного воздействия на р. Белую характеризуется большой временной изменчивостью. Поэтому проведено сравнение содержания железа в речной воде в различные временные периоды, отличающиеся интенсивностью антропогенного воздействия на водоток.

По данным Башкирского УГМС проанализированы многолетние изменения среднегодового содержания железа общего в речной воде в створах городов Стерлитамак, Уфа и Бирск (табл. 1), расположенных в среднем и нижнем течении реки, за период 1947-2007 гг. (рис. 1). Для оценки качества речной воды на графики (рис. 1) также нанесены линии, соответствующие значениям предельно допустимых концентраций (ПДК) для рыбохозяйственного (ПДК<sub>рх</sub>) и хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (ПДК<sub>хб</sub>) водопользования.

Сведения о пунктах наблюдения за качеством воды р. Белой [5]

№ п/п	Створ	Расстояние от устья, км	Средний многолетний расход воды, м <sup>3</sup> /с	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>
1	г. Стерлитамак	753	121	21 000
2	г. Уфа	493	755	100 000
3	г. Бирск	272	842	121 000

Для определения точных границ временных периодов, отличающихся интенсивностью антропогенного воздействия на водоток, проведен анализ статистической однородности многолетних рядов среднегодовых концентраций железа. Анализ проводился графически и с помощью статистических критериев [1].

Для проведения графического анализа были построены суммарные кривые вида  $\Sigma C_{Fe}=f(t)$ , где в качестве функции рассматривались среднегодовые концентрации железа общего, нарастающие во времени  $t$ . На каждой суммарной кривой были выделены прямолинейные участки и определены точки перелома прямых линий, соответствующие границам временных периодов, определяемых как статистически однородные. Для примера на рис. 2 приведена суммарная кривая концентрации железа в речной воде в створе г. Уфы. Прямолинейные участки суммарной кривой на рис. 2 показаны разными маркерами.

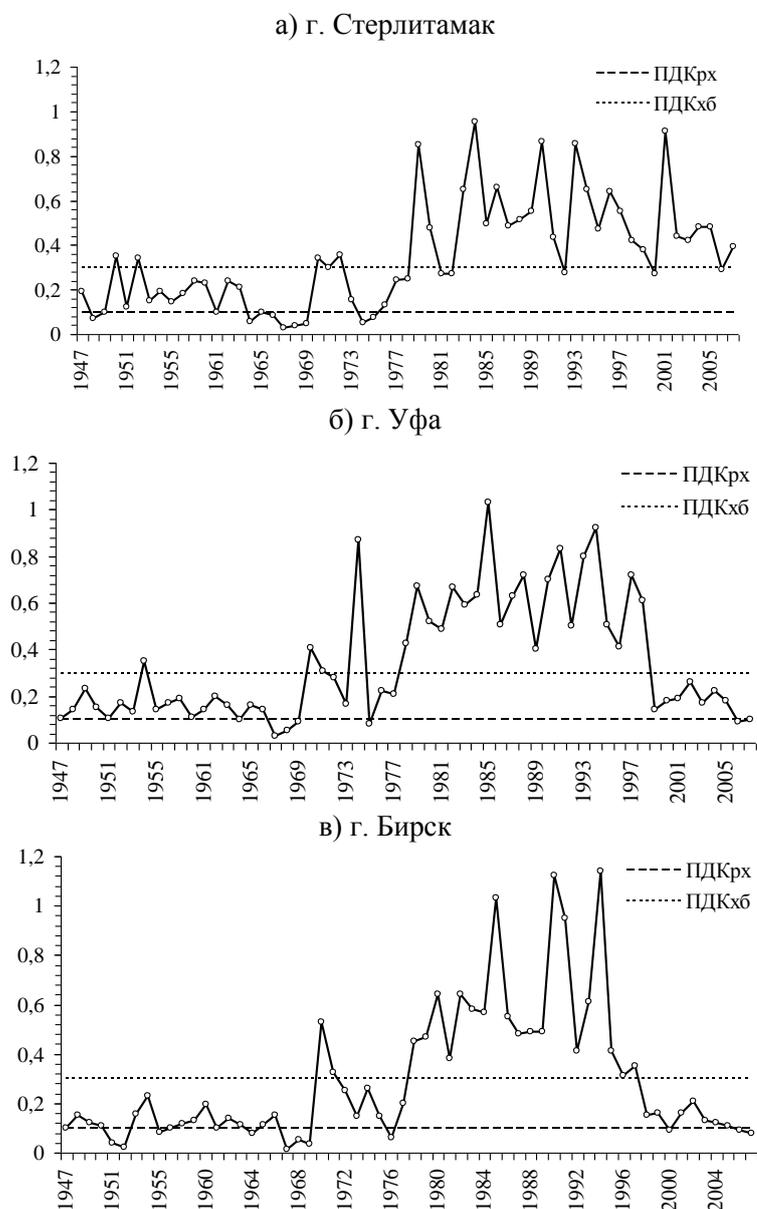


Рис. 1. Межгодовые изменения содержания железа общего в воде р. Белой в исследуемых створах,  $C_{Fe}$ , мг/л.

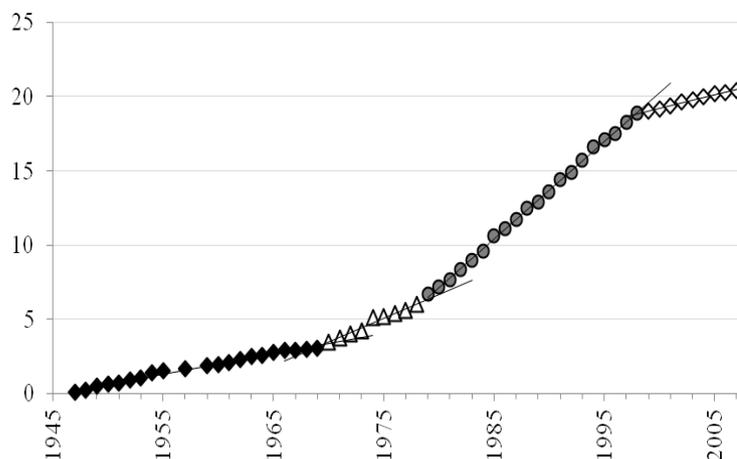


Рис. 2. Изменение суммарной концентрации железа общего ( $\Sigma C_{Fe}$ ) в воде р. Белой в створе г. Уфы за период 1947-2007 гг., мг/л.

Достоверность границ выделенных по результатам графического анализа периодов подтверждена анализом существенности нарушения однородности временных рядов с помощью статистических критериев. Гипотеза о неоднородности различных участков суммарных кривых принималась, если хотя бы два из трех критериев (Фишера, Стьюдента или Вилкоксона) подтверждали ее. В табл. 2 приведены результаты оценки статистической однородности многолетних рядов среднегодовых концентраций железа общего в воде р. Белой в исследуемых створах.

Из табл. 2 видно, что в период до 1969 г. среднее многолетнее содержание железа в речной воде составляет 0,11-0,17 мг/л, лишь в отдельные годы снижается ниже уровня ПДКрх (0,1 мг/л) или превышает ПДКхб (0,3 мг/л). В этот период, условно названный периодом «малого» антропогенного воздействия [4], состояние водотока является близким к естественному, а его гидрохимический состав определяется, в основном, природными факторами.

Таблица 2

Результаты оценки статистической однородности временных рядов содержания железа общего в р. Белой за 1947-2007 гг. (при уровне значимости 5%)

Периоды по результатам графического анализа	Средняя многолетняя концентрация, мг/л	Среднее квадратическое отклонение	Критерий Фишера*		Критерий Стьюдента*		Критерий Вилкоксона*			Примечание
			$F$	$F_a$	$St$	$St_a$	$U$	$U_1$	$U_2$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
г. Стерлитамак										
1947-1978	0,17	0,099	4,07	2,17	8,67	2,01	845	306	564	ряд не однороден
1979-2007	0,53	0,200								
г. Уфа										
1947-1969	0,15	0,066	12,2	2,74	3,23	2,04 2,042,04	158	51,2	138	ряд не однороден
1970-1978	0,33	0,231	1,94	2,86	4,00		159	48,4	132	
1979-1998	0,64	0,165	9,18	2,86	8,08		180	48,4	132	
1999-2007	0,17	0,055								
г. Бирск										
1947-1969	0,11	0,054	7,68	2,62	4,12	2,032,052,05	170	54,0	144	ряд не однороден
1970-1978	0,26	0,150	2,95	2,97	3,62		156	45,7	125	
1979-1997	0,61	0,258	40,5	2,97	5,65		190	52,3	138	
1998-2007	0,13	0,041								

\*  $F_a$  и  $St_a$  – табулированные критические значения, нижнее  $U_1$  и верхнее  $U_2$  граничные значения;  $F$ ,  $St$  и  $U$  – расчетные значения.

К 1969 году в РБ вводятся в строй большинство из функционирующих в настоящее время производственных объектов, мощность которых значительно превышает объемы антропогенного воздействия на водоток за предыдущие годы [4]. Поэтому с конца 1960-х и

1970-х годов в исследуемых створах среднее многолетнее содержание железа общего увеличивается в 3,2-5,5 раза. Максимальное среднегодовое значение концентрации железа в 1994 г. достигает величины 1,14 мг/л (11,4ПДК<sub>рх</sub>; 4ПДК<sub>хб</sub>) в створе г. Бирска.

До конца 1990-х годов в створах городов Уфа и Бирск и до конца исследуемого периода в створе города Стерлитамак по содержанию железа качество речной воды не соответствует требованиям, предъявляемым к водотокам рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. В этот период – период «интенсивного» антропогенного воздействия – химический состав р. Белой определяется, в основном, антропогенными факторами.

С конца 1990-х годов в створах городов Уфа и Бирск содержание железа общего снижается до уровня, предшествующего увеличению. Среднее многолетнее содержание железа в речной воде составляет 0,13-0,17 мг/л. Статистическая однородность рядов среднегодовых концентраций железа в речной воде в период «малого» антропогенного воздействия и в конце исследуемого периода подтверждается тремя используемыми критериями. Вычисленные значения  $F$  и  $St$  оказались меньше табулированных критических значений  $F_a$  и  $St_a$ , соответственно. Значение  $U$  попадает в промежуток между граничными значениями: нижним  $U_1$  и верхним  $U_2$ . Качество воды в створах городов Уфа и Бирск к концу исследуемого периода становится пригодным для рыбохозяйственного использования.

Таким образом, установлено, что динамика интенсивности хозяйственной деятельности в Республике Башкортостан за исследуемый период (1947-2007 гг.) является причиной статистически значимых изменений содержания в р. Белой железа. В исследуемых створах выделены временные периоды, в пределах которых получены достоверные усредненные количественные оценки содержания в речной воде железа общего.

Установлено, что к концу исследуемого периода в створах городов Уфа и Бирск состояние водотока становится близким к естественному, а качество его воды – пригодным для рыбохозяйственного использования. В створе города Стерлитамак качество речной воды по-прежнему не соответствует требованиям, предъявляемым к водотоку рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а содержание в нем железа определяется, в основном, антропогенными факторами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №15-05-09022).

#### Список литературы

1. Анализ однородности рядов речного стока. Рекомендации. Минск: ЦНИИКИВР, 1985. 40 с.
2. Белорецкий металлургический комбинат // Башкортостан: Краткая энциклопедия. Уфа: Научное издательство «Башкирская энциклопедия», 1996. С.171-172.
3. Государственные доклады «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан» в 2005-2013 годах.
4. Красногорская Н.Н., Фащевская Т.Б., Рогозина Т.А. Оценка качества водных объектов в условиях антропогенного воздействия. Уфа: Издательство УГАТУ, 2006. 278 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.11. Средний Урал и Приуралье. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 848 с.

### NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS OF IRON CONTENT AT WATERCOURSE (ON AN EXAMPLE OF BELAYARIVER)

**Fashchevskaia T.B.**

*Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*e-mail: tf.ugatu@yandex.ru*

**Abstract:** There were selected periods with different levels of human impact on the watercourse through analysis of statistical homogeneity of average annual concentrations of iron in the water Belaya River for the period 1947-2007. There were established long-term patterns of iron content in river water as a result of the influence of natural and anthropogenic factors. There were given evaluation of the suitability of river water quality for different water uses. The work was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (Grant 15-05-09022).

**Keywords:** watercourse, anthropogenic impact, total iron, statistical homogeneity of the time series, the maximum admissible concentration.