

**СЕЗОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ
МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ФОРМЫ ИХ МИГРАЦИИ
В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКАХ В РАЙОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ТЫРНЫАУЗСКОГО ВОЛЬФРАМОВО-МОЛИБДЕНОВОГО
КОМБИНАТА
(КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА, РФ)**

**С.Ф. Винокуров¹, А.Г. Гурбанов², О.А. Богатиков³,
Б.С. Карамурзов⁴, В.М. Газеев⁵, А.Б. Лексин⁶, А.В. Шевченко⁷,
С.М. Долов⁸, З.И. Дударов⁹, О.А. Гурбанова¹⁰**

Абстракт. Геохимическими исследованиями (методами ICP-6500 и ICP-MS) проб воды (взяты летом 2014 и весной 2015 гг.) из поверхностных водотоков бассейна р. Баксан, в районе деятельности ТВМК, выявлены аномальные концентрации большого набора макро- и микроэлементов, значительно превышающие ПДК для питьевой воды. Максимальные превышения ПДК (в десятки-сотни раз), установлены для Mo до 11 мг/л, W – 4,4 мг/л, As – 1,5 мг/л, Mn – 8,4 мг/л и Ti до 3,3 мкг/л в водах: ручья Большой Мукулан, протекающего через рудные карьеры ТВМК; в водах 3 ручьев, вытекающих из основания насыпной дамбы хвостохранилища № 1. Они, по нашим данным, являются основными источниками загрязнения вод р. Баксан. Доказано, что в поверхностных водах бассейна р. Баксан имеются значимые различия в содержании макро- и микроэлементов в летний и весенний периоды года. В воде р. Баксан, при ее выходе на предгорную равнину, установлено существенное превышение величин ПДК (в летний период) для следующих элементов – Al, Fe, Mn, Be, Si, Ti, Ti и Hg. В воде малого (не проточного) «защитного» озера (его пляжной части от ветровой эрозии), кроме вышеуказанных элементов, установлены высокие концентрации Mo, B, Hg, Sb и W, а в воде большого (частично проточного) «защитного» озера на хранилище № 1 – только концентрации As и W превышают ПДК. В водопроводах поселков Былым и Верхний Баксан выявлены содержания Li и бора, превышающие величины ПДК, но их источники пока не известны.

Мы считаем, что аномальные концентрации ряда элементов в водотоках в районе деятельности ТВМК, преимущественно связаны с неравномерным площадным распространением техногенных золотых осадков, возникавших при многолетних массовых взрывных работах на карьерах ТВМК. Взрывы вызывали подъем на высоту до 1.0 км огромных пылевидных «облаков» рудоносных пород (скарнов и роговиков), разносившихся ветровыми потоками на расстояния от первых и до десятков километров. Установлено, что миграция элементов (кроме Bi и Y) в поверхностные воды происходит в виде истинных растворов.

В качестве первоочередных мер по снижению негативной нагрузки на окружающую среду, включая главную водную артерию района – р. Баксан, предлагается строительство водозаборов для ручьев дренирующих карьеры с серией очистных фильтров в виде ионообменных колонок различного типа, оснащенных соответствующими наборами смол.

Ключевые слова: сезонные колебания концентраций макро- и микроэлементов, формы их миграции микроэлементов, поверхностные водотоки, Тырныаузский вольфрамово-молибденовый комбинат (ТВМК), прилегающие территории, меры по восстановлению экосистемы, геохимические исследования, пробы воды, аномальные концентрации, превышение ПДК, рудные карьеры, основными источниками загрязнения вод, техногенные золотые осадки, очистные фильтры, ионообменные колонки.

¹ Винокуров Станислав Федорович – д. г.-м. н., вед. н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва (aigidos2005@yandex.ru)

² Гурбанов Анатолий Георгиевич – к. г.-м. н., вед. н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва, вед. н. с. ВНИЦ РАН г. Владикавказ, Россия (gurbanov@igem.ru).

³ Богатиков Олег Алексеевич – академик, г. н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва.

⁴ Карамурзов Барасби Сулейманович – д. ф.-м. н., проф., президент Кабардино-Балкарского государственного университета, г. Нальчик, Россия.

⁵ Газеев Виктор Магашинович – к. г.-м. н., н. с. ИГЕМ РАН, ст. н. с. КНИО ВНИЦ РАН, Россия, Москва, Владикавказ (gazeev@igem.ru).

⁶ Лексин Алексей Борисович – вед. программист ИГЕМ РАН, Москва, Россия (lexin@igem.ru).

⁷ Шевченко Александр Васильевич – к. пед. н., проф., зав. кафедрой Чрезвычайных Ситуаций Кабардино-Балкарского государственного университета, Нальчик, Россия (kedr@kbsu.ru).

⁸ Долов Спартак Музашинович – вед. инженер Учебно-научной лаборатории «Сейсмический мониторинг» Кабардино-Балкарского государственного университета, г. Нальчик, Россия.

⁹ Дударов Залим Исламович – вед. инженер Учебно-научной лаборатории «Гляциологический мониторинг» Кабардино-Балкарского государственного университета, г. Нальчик, Россия (geo@kbsu.ru).

¹⁰ Гурбанова Ольга Александровна – к. х. н., ассистент кафедры минералогии и кристаллохимии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе выполнения НИР по проекту РНФ (соглашение № 14-17-00474) Кабардино-Балкарского государственного университета, летом (в августе) 2014 года были целенаправленно опробованы поверхностные водотоки (главная водная артерия региона – р. Баксан и ее боковые притоки, часть из которых дренирует карьеры ТВМК и подземные эксплуатационные и разведочные штольни, в районе деятельности Тырнаузского вольфрамово-молибденового комбината (ТВМК) и прилегающих территорий (рис. 1). Результаты анализа этих проб прецизионными методами позволили выявить аномальные концентрации большого набора экологически опасных и экономически важных элементов, значительно превышающие (в разы) соответствующие значения ПДК для питьевой воды [1–4]. Наиболее высокие содержания, превышающие в десятки, сотни раз ПДК, зафиксированы: для Мо – до 11 мг/л, W – 4,4 мг/л, As – 1,5 мг/л и Mn – 8,4 мг/л, а также для TI – до 3,3 мкг/л в водах: ручья Большой Мукулан, протекающего через рудные карьеры Высотный и Мукуланский; и в водах 3 ручьев, вытекающих из основания насыпной дамбы хвостохранилища № 1 с «большим» (частично проточным за счет слива технологических излишков воды по дригационному тоннелю) и «малым» (не проточным) «защитными» озерами на его поверхности (табл. 1).

МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения поставленных задач была разработана схема опробования (рис. 1), включающая отбор проб воды, как из р. Баксан, выше и ниже (до ее выхода на предгорную равнину) по течению от Тырнаузского вольфрамово-молибденового месторождения, так и из ее боковых притоков, некоторые из которых (рр. Большой и Малый Мукулан) дренируют Высотный и Мукуланский рудные карьеры, а также из малого непроточного «защитного» озера на поверхности хвостохранилища № 1 и из водопроводов в сел. Былым и Верхний Баксан. При опробовании учитывались погодные условия – продолжительное отсутствие дождей, так как дождевая вода довольно сильно разбавила (в неизвестном масштабе) речную воду и исказила бы истинные концентрации в ней макро- и микроэлементов.

Пробы воды отбирались в чистые (не использовавшиеся повторно, для исключения возмож-

ного загрязнения этих проб) 0,33 мл бутылки. Пробы обязательно подкислялись 1 мл 10 % азотной кислоты и герметически закрывались.

Расширенный элементный анализ этих проб воды проводился атомно-эмиссионным (iCAP-6500, Thermo Scientific, США) и масс-спектральными методами с индуктивно связанной плазмой ICP-MS (X-7, Thermo Elemental, США) в Аналитическом сертификационном испытательном центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ РАН) с использованием стандартного образца питьевой воды «Trace Metals in Drinking Water» производства High-Purity Standards (США).

СОДЕРЖАНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СЕЗОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКАХ БАСЕЙНА Р. БАКСАН

Для выявления сезонных колебаний концентраций макро- и микроэлементов весной (в мае) 2015 года было проведено повторное опробование этих же водотоков (и в тех же местах, что и в 2014 г. с помощью персональных JPS-приемников) и дополнительно отобраны пробы воды из рек Гижигит, Камыксу и ручья Малый Мукулан, впадающих в р. Баксан, а также из водопроводов в поселках Былым и Верхний Баксан (рис. 1). В результате анализа этих проб в том же аналитическом центре и теми же методами были получены данные для выявления сезонных изменений концентраций макро- и микроэлементов в конкретных водотоках и источников их аномальных концентраций (табл. 1).

Анализ концентрации макро- и микроэлементов в поверхностных водотоках бассейна р. Баксан, опробованных летом 2014 года и весной 2015 года, позволил выявить их следующие особенности:

1. Концентрации макро- и микроэлементов в водах р. Баксан – основной водной артерии, дренирующей район бывшей деятельности ТВМК, и питающих ее поверхностных водотоков заметно отличаются в летний и весенний периоды года, как уменьшением, так и увеличением концентраций различных элементов. Причем в отдельных случаях эти различия достигают более одного порядка.

2. Для вод р. Баксан, при ее выходе на предгорную равнину, установлено существенное превышение величин ПДК значительного набора

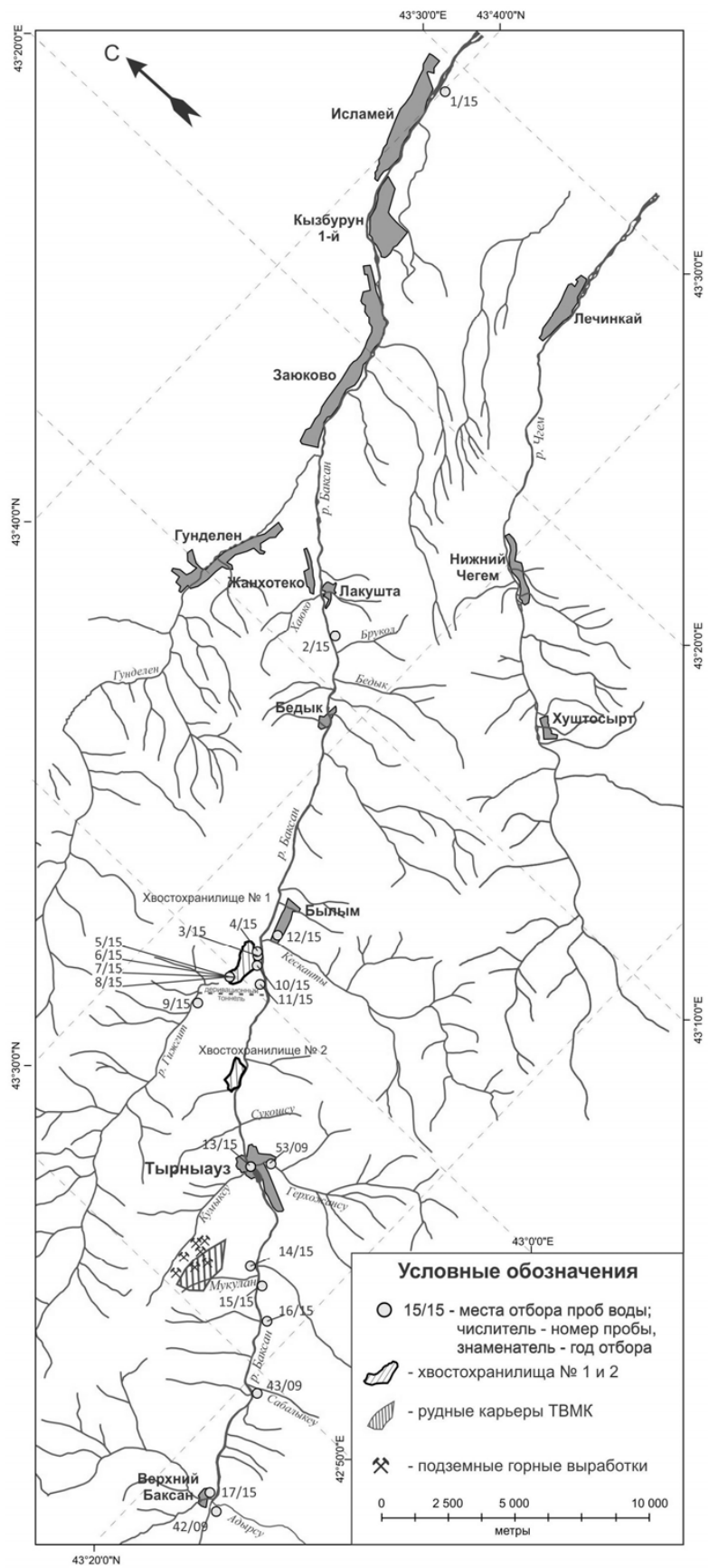


Рис. 1. Схема отбора проб 2014–2015 гг.

элементов – Al, Fe, Mn, Be, Si, Ti, Tl и Hg в летний период и снижение концентрации Si, Ti, Hg и Tl до уровня ниже ПДК – в весенний период года.

3. Ручей Большой Мукулан, протекающий через Высотный и Мукуланский рудные карьеры ТВМК, имеет наибольший дебит, по сравнению с другими ручьями, протекающими через эти карьеры, и отличается от них самыми высокими содержаниями большого комплекса макро- и микроэлементов (Al, Si, Fe, Mn, Ti, V, Ni, As, Li, Be, Mo, Cd, Tl) в летний период, которые на 1–2 порядка превышают соответствующие величины ПДК. В весенний период года концентрация этих же элементов в воде снижается до 10 раз при сохранении превышения ПДК для половины из них. Значительно менее загрязнены этими элементами воды р. Камыксу и ручья Малый Мукулан, протекающих через территории рудника «Молибден» с многочисленными разведочными и вспомогательными штольнями и 2 карьеров ТВМК. В их воде весной 2015 г. установлены содержания Al, Fe, Mn, As, Li, Be, Mo, заметно превышающие ПДК.

4. Высокие концентрации аналогичного комплекса элементов с дополнением В, Hg, Sb и W характерны для вод: малого (не проточного) «защитного» (от эоловой эрозии пляжной части хвостохранилища) озера; и трех ручьев, вытекающих из основания насыпной дамбы хвостохранилища № 1. В водах из большого (частично проточного) «защитного» озера хранилища № 1, на глубине 1,2 м, только концентрации As и W превышают ПДК, а в водах из деривационного туннеля, постоянно сбрасываемых из верхнего горизонта (0,2–0,3 м) большого озера в р. Баксан, содержания только Al, Fe и Mn выше ПДК.

5. Из водотоков, имеющих локальный рудный источник, наиболее высокие концентрации комплекса элементов определены в водах ручья Большой Мукулан. Учитывая его значительный дебит (12 300 м³/сутки), по нашему мнению, этот водоток представляется основным поставщиком в реку Баксан комплекса элементов с концентрациями, существенно более ПДК, т. е. он является основным источником загрязнения главной водной артерии района – р. Баксан.

6. Из поверхностных водотоков, не имеющих локальных рудных источников, весной 2015 года опробованы воды: р. Гижгит и левого притока реки Баксан, вытекающего из верхнеюрских известняков (южнее поселка Жанхотеко), а также из водопроводов в поселках Верхний Баксан и Былым. Небольшой набор элементов (Al, Fe, Mn) с содержаниями, превышающими ПДК, был установлен в водах р. Гижгит, а аномальные концентрации Sr объясняются тем, что в этом районе

в верхнеюрских-меловых известняках известны мелкие рудопроявления целестина – минерала, содержащего стронций, и Mg для левого притока р. Баксан. В водопроводах поселков Былым и Верхний Баксан выявлены концентрации Li и бора (элементов 2-го класса опасности), превышающие величины ПДК.

По нашему мнению, аномальные концентрации макро- и микроэлементов в водотоках, область питания и транзита которых расположена как на территории локальных рудных объектов ТВМК, так вне ее, преимущественно связаны с неравномерным площадным распространением техногенных эоловых осадков, загрязнивших территорию в период деятельности ТВМК. Эоловые осадки образовывались в результате многолетних массовых взрывных работ в процессе добычи руды на Высотном и Мукуланском карьерах. Взрывы вызывали подъем на большую высоту (до 1,0 км) огромных пылевидных масс рудоносных пород (скарнов, роговиков), разносившихся господствующими атмосферными ветровыми потоками на значительные (десятки километров) расстояния.

Необходимо отметить, что при осаждении эти пылевидные частицы, наиболее подверженные гипергенным изменениям, в разной степени насыщали поверхностные слои почв и грунтов, и поэтому они стали основным источником поступления элементов, превышающих ПДК, в поверхностные и грунтовые воды данного района. Очевидно, что основная доля этих рудных частиц отлагалась непосредственно на площади и вблизи карьеров, создавая мощные локальные источники загрязнения окружающей среды и поверхностных вод в частности. В связи с этим мы считаем, что в настоящее время хвостохранилища играют подчиненную роль в качестве источников загрязнения поверхностных вод в районе бывшей деятельности ТВМК.

Среди набора экологически опасных элементов (первого – Hg, As, Tl и второго – Li, Sb, В, Na, Si, W, Cd классов опасности) необходимо особо отметить бор, содержание которого превышает значения ПДК (500 мкг/л) в водопроводной воде поселков Былым (564 мкг/л) и особенно Верхний Баксан (2 065 мкг/л). Это важно потому, что остается неясным источник поступления бора в питьевую воду, т. к. прецизионные определения методом ICP MS в поверхностных водах различных водотоков показали отсутствие в них его концентраций, превышающих ПДК. Исключение составляет незначительное превышение содержания (до 597 мкг/л) в 3-х ручьях, вытекающих из основания дамбы хвостохранилища № 1. В связи с тем, что продолжительное употребление питьевой воды с повышен-

Таблица 1
Содержание макро- и микроэлементов в водах основных водотоков и защитных озер района ТВМК в 2014–2015 гг. по данным ИСП МС

элемент	ПДК для питьевой воды	Класс опасности	р. Баксан		ручей Большой Мукулан		р. Камыксу	Малое защитное озеро хвостохранилища № 1		Левый приток р. Баксан		р. Гижигит
			2014 пр. 40/14	2015 пр. 1/15	2014 пр. 50/14	2015 пр. 15/15		2014 пр. 44/14, 45/14	2015 пр. 5/15, 6/15	2014 пр. 41/14	2015 пр. 2/15	
Содержание макроэлементов мг/л и микроэлементов мкг/л												
Макроэлементы мг/л												
Na	200	2	4,9	6,4	11,3	7,6	7,5	263-272	321-325	6,6	6,3	7,0
Mg	50	3	9,2	15,8	52,3	12,0	13,9	25,4-26,7	25,0-25,2	60,5	61,8	16,7
Ca			46	106	213	153	47,6	30-58	24,7-25,1	511	511	30,6
Al	0,2	3	5,9	1,2	61,7	0,63	1,64	1,3-6,6	0,18-0,21	<0,001	0,02	0,45
Si	10	2	19,2	6,5	84,9	8,8	5,36	28-39	26	5,67	5,36	3,7
Fe	0,3	3	10,1	8,2	78,1	1,11	2,94	1,6-7,3	0,44-0,53	0,03	0,04	1,4
Mn	0,1	3	0,2	0,4	8,41	0,18	0,8	0,12-0,43	0,03	0,001	0,002	0,11
S			15	26	96,9	70,0	12,9	146-153	155	407	378	6,1
Li	30	2	11,6	18,6	148	10,5	41,7	29-36	29-34	19,2	15,9	22,4
Be	0,2	1	0,34	0,38	5,5	0,22	0,3	0,19-1,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,057
B	500	2	66	174	<0,6	14,1	324	297-298	318-320	82	92	254
Ti	100	3	275	13	961	18,9	6,5	24-36	<0,1	<0,1	<0,1	2,2
V	100	3	10,5	6,5	117	1,6	2,6	3,9-13,9	4,1-4,5	<0,1	<0,1	1,3
Ni	20	2	7,0	8,4	138	<0,1	26,1	7,0	8,4	<0,1	<0,1	2,9
AS	10	1	6,3	6,4	1467	128	51,6	689-701	883-892	<0,1	<0,1	1,2
Sr	7000	2	480	1006	5699	504	183	214-266	223-225	13822	13417	97
Hg	0,1	1	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1,5	<0,1	0,1	<0,02	<0,02
Pb		2	5,9	9,1	341	10,5	28,1	3,6-10,4	2,3	5,9	1,4	2,8
Mo	250	3	4,3	3,3	2672	1775	103	2983-3040	3148-3305	13,2	16,0	4,7
W	50	2	0,33	3,06	31,6	15,4	3,8	1246-1254	946-1184	0,08	0,90	1,08
Tl	0,1	1	0,116	0,073	3,209	0,125	0,126	0,06-0,23	0,03-0,04	<0,001	0,035	0,026
Cd	1	2	0,069	0,312	12,1	<0,001	<0,01	0,001	<0,001	<0,01	0,129	0,12
Sb	5	2	0,18	0,22	2,05	2,39	1,93	9,5	9,8-10,2	<0,01	0,27	1,9
U	100	1	2,4	2,1	13,42	5,71	2,54	0,61-1,09	1,06-1,09	0,58	0,73	0,26
Микроэлементы мкг/л												

Примечание. Вещества разделены на четыре класса опасности:
 1-й класс – чрезвычайно опасные (экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует);
 2-й класс – высокоопасные (экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия);
 3-й класс – умеренно опасные (экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от источника);
 4-й класс – малоопасные (экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3 лет).

Таблица 2

Содержание элементов в исходных пробах воды и в ситовых фракциях с различной формой их миграции по данным ИСП ИС, выполненных в ИГЕМ РАН

Элементы	Содержание элементов мкг/л									
	Проба 5					Проба 6				
	Исходная	Фильтраты			Исходная	Фильтраты				
<450 нм		<200 нм	<100 нм	<25 нм		<450 нм	<200 нм	<100 нм	<25 нм	
Mo	4821 (3149)	4821	4742	5287	5413	4690 (3308)	4793	4112	4703	4887
W	1887 (978)	1885	1877	2074	2141	1871 (1184)	1864	1614	1852	1888
As	761 (883)	763	758	818	850	749 (892)	754	647	760	767
Li	33 (34)	32	32	35	36	32 (29)	32	28	32	32
Rb	24 (21)	23	23	25	27	24 (22)	23	20	23	23
Cs	6.9 (6.7)	7.0	6.8	8.0	7.5	6.7 (6.4)	6.5	6.1	6.7	12.0
Sb	8.3 (10.2)	8.2	8.1	8.8	9.0	9.4 (9.8)	8.1	7.0	8.0	8.2
Re	0.19 (0.15)	0.19	0.19	0.21	0.22	0.19 (0.16)	0.18	0.17	0.19	0.20

Примечание. В скобках приведены содержания элементов в исходных пробах воды по данным ИСП ИС, выполненных в аналитическом центре АСИЦ ИПТМ РАН.

ным содержанием бора приводит к нарушению основных систем жизнедеятельности человека и животных, важными задачами представляются: выявление источников его поступления и разработка мер по очистке водопроводной воды от аномальных концентраций бора.

ФОРМЫ ВОДНОЙ МИГРАЦИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

В результате проведенных работ был выявлен обширный набор макро- и микроэлементов, которые имеют высокие и аномальные содержания в поверхностных водотоках, превышающие в десятки и до сотен раз значения ПДК для питьевой воды (табл. 1). В связи с этим было необходимо выявить формы водной миграции основных микроэлементов с целью определения способов их выделения из вод для улучшения экологической обстановки в районе деятельности ТВМК, а также для определения возможного их попутного промышленного извлечения.

Для выявления форм водной миграции основных микроэлементов, имеющих высокие и аномальные концентрации в поверхностных водотоках в районе деятельности ТВМК, был использован метод последовательной ультрафильтрации через набор мембран с уменьшающимся размером пор: 450, 200, 100 и 25 нм. При этом было известно, что фильтраты с размером пор менее 450 нм и более 25 нм соответствуют различным коллоидным формам нахождения элементов в воде. Фильтрат более 450 нм отвечает взвешенной минеральной форме водной миграции, а менее 25 нм – истинно растворенной форме. Анализ выполнен проф. В.И. Мальковским (г. н. с. ИГЕМ РАН) по двум пробам (5/15 и 6/15), отобраным из малого «защитного» озера хвостохранилища № 1 весной 2015 года (табл. 1). Эти пробы воды фильтровались через серию мембран (450, 200, 100 и 25 нм) с определением концентраций основных элементов в соответствующих фильтратах и в исходной пробе.

Определение концентраций микроэлементов в отобранных олиkvотах выполнялось методом ICP MS на спектрометре серии XII Thermo Scientific в лаборатории анализа минерального сырья ИГЕМ РАН (аналитик Я.В. Бычкова). Для сравнения в скобках приведены содержания этих же элементов, выполненные аналогичным методом в аналитическом центре АСИЦ ИПТМ РАН, которые имеют сопоставимые результаты (табл. 2).

Анализ полученных данных показал, что основные микроэлементы, даже с очень высокими и аномальными содержаниями до первых мг/л

(Mo, W, As), значимо не изменяются во всех выделенных водных фракциях. Это однозначно свидетельствует об их миграции в виде истинных растворов в поверхностных водотоках в районе деятельности ТВМК. Исключение составляют только Bi и Y, имеющие самые низкие концентрации (сотые доли мкг/л), содержание которых резко снижается в пробе фильтрата менее 450 нм (табл. 2), что указывает на водную миграцию их значительной части (порядка 70 отн. %) во взвешенной минеральной форме.

МЕРЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Среди этих мер первоочередной представляется временная изоляция вод: (с извлечением из них комплекса элементов, имеющих концентрацию выше ПДК для питьевой воды), прежде всего ручья Большой Мукулан, а также 3-х ручьев, вытекающих из основания дамбы хвостохранилища № 1, которые являются основными поставщиками элементов-токсикантов в р. Баксан. Эта мера позволит значительно снизить поступление этих элементов в основную водную артерию региона и улучшит экологическую обстановку как на территории деятельности ТВМК, так и в прилегающих районах. Кроме того, в процессе извлечения комплекса экономически значимых элементов вполне реально попутное получение чистых оксидов ряда ценных металлов (Mo, W, Cu и т. д.), что существенно повысит экономическую привлекательность этого мероприятия.

Для реализации данного предложения необходимо предварительное решение следующих практических задач: 1) определение дебита и микроэлементного состава вод основных водотоков-загрязнителей с выявлением их сезонных колебаний; 2) выбор мест для временной изоляции водотоков и создание водозаборов необходимых объемов и расположение в них очистных фильтров в виде ионообменных колонок различных типов; 3) выявление форм миграции основных элементов-загрязнителей; 4) проведение лабораторных экспериментов по извлечению этих элементов из вод различными методами; 5) разработка технологии с комплексом способов последовательного (селективного) извлечения экономически важных и экологически опасных элементов.

К первоочередным задачам необходимо отнести принятие неотложных мер по очистке от бора питьевых вод из водопроводов в поселках Былым и Верхний Баксан, а также проведение аналогичных измерений по определению кон-

центраций бора во всех населенных пунктах данного района, так как источник/источники его поступления в водозаборы и водопроводы населенных пунктов пока не известны. Для очистки питьевых вод от концентраций бора, превышающих ПДК, можно рекомендовать технологию,

разработанную для соседнего региона – г. Буденновска (Ставропольский край), питьевые воды которого имеют близкие концентрации бора [6]. Эта технология включает очистку вод от загрязнения бором методами коагуляции и электрокоагуляции [7, 5, 8].

Работа выполнена по плану НИР на 2016 г. при поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-17-00474 от 01.07.2014 г.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С. и др. // Вестник Владикавказского научного центра. , 2013. Т. 13. № 3. С. 22–30.
2. Гурбанов А.Г., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С. и др. // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, г. Нальчик. 2015, № 1 (63), С. 82–90.
3. Гурбанов А.Г., Богатиков О.А., Винокуров С.Ф. и др. // ДАН, 2015, том 464, №3, с. 328–333.
4. Богатиков О.А., Бортников Н.С., Карамурзов Б.С., Докучаев А.Я., Гурбанов А.Г. Техногенные месторождения полезных ископаемых: основные аспекты на современном этапе (на примере Тырныузского месторождения) // ДАН, 2014, том 456, № 2, с. 213–218.
5. Иванова С.А., Наумов В.Н., Танский И.С., Степанищев В.А., Зайцев В.А., Кузнецов В.А. Очистка подземных вод от бора методом электрокоагуляции // Вода: химия и экология. 2013. № 10. С. 96–101.
6. Иванова С.А. Разработка технологии очистки природных вод от соединений бора, аммония и железа. – М., 2015. Канд. дис. 110 с.
7. Тарасова Н.П., Иванова С.А., Наумов В.Н., Кузнецова В.А., Зайцев В.А. Очистка подземных вод от соединений бора // Экология промышленного производства. 2013. № 1. С. 29–32.
8. Устройство электрокоагуляционной очистки подземных вод от бора: пат. 143741 Рос. Федерация. № 2013153473/05; заявл. 03.12.2013; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21.2 с.

THE SEASONAL VARIATION OF MACRO- AND MINOR ELEMENTS CONCENTRATION AND FORMS OF ITS MIGRATION IN SURFACE CHANNELS AT THE TYRNYAUZ TUNGSTEN-MOLYBDENUM MINING COMPLEX (KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC, RF)

Vinokurov S.F.¹, Gurbanov A.G.^{1,2}, acad. Bogatikov O.A.¹,
Karamurзов B.S.³, Gazeev V.M.^{1,2}, Lexin A.B.¹, Shevchenko
A.V.³, Dolov S.M.³, Dudarov Z.I.³, Gurbanova O.A.⁴

¹ Scientific budgetian institution of the Russian Academy of Science Institute of Ore Deposits Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry (IGEM RAS), Moscow.

² Vladikavkaz scientific center of the RAS. Vladikavkaz.

³ Kabardino-Balkarian State University, Nalchik.

⁴ Moscow State University named after Lomonosov, Moscow.

Abstract. Geochemical investigation (by methods iCAP-6500 and ICP-MS) of water samples (collected in summer 2014 and in spring 2015 years) from surface channels of river Baksan basin at the Tyrnyauz tungsten-molybdenum mining complex (TVMC) working area, the anomalous concentration of large number of macro- and minor elements, a marked exceeding (in times) of PDK (maximum permit concentration) for drinking water. A maximum exceeding (in tens- hundreds times) of PDK was recognized for Mo – up to 11 mgr/l, W – 4.4 mgr/l, As – 1.5 mgr/l, Mn – 8.4 mgr/l, Tl – up to 3.3 minor-gramme/l in a water of Big Mukulansky creek, which is flow over ores quarry of TVMC in a water of 3 small creeks, which are exhausted from basement of pour dam of the super repository №1. Their, in our data obtained, is the main sources of pollution of the Baksan river water. It is proved, that in surface water of the Baksan river basin there are a significance distinction in concentration of macro- and minor elements in a summer and spring periods of year. In the Baksan river water in it outflow on submontane plain, it was adjusted an essential exceeding (in times for drinking water) of PDK (maximum permit concentration) at summer period for the following elements: Al, Fe, Mn, Be, Si, Ti, Tl and Hg. In a water of a small (no flowing) “defence” lake (of it beach part from wind erosion), over above-mentioned elements, it was established the high concentration of Mo, B, Hg, Sb and W, and in water of large (partially flowing) “defence” lake on the surface of super repository №1 only a concentration of As and W exceeding of PDK (in times) for drinking water. In a aqueduct of Bilim and Verchniy Baksan villages the concentration of Li and B, exceeding (in times) of PDK for drinking water, but its source unknown for the present. We are considered, that the anomalous concentration a number of elements in a channels at the Tyrnyauz tungsten-molybdenum mining complex (TVMC) working area, are predominant connected with a uneven swearing spread of technogenic eolian deposits, which are due to during a long-standing

of a mass explosion works on the TVMC quarries. This explosion were created of ups at a height of 1 km a great powder "clouds" of ore bearing rocks (skarns and hornfels), which are spread by wind streams on a distance from first up to tens km. It was established, that migration of elements (except Bi and Y) in a surface water to achieve as the true solutions. As a primary measures for the reduces of large negative load on the environmental agent, including the main water artery of the area - Baksan river it was propose the building tradev of water reservoirs for a creeks, which are draining of quarries, with a series cleaning filters as an ionically-exchanging column of different types is fitted with corresponding a set of mineral pitch.

Keywords: the seasonal variation of macro- and minor elements concentration, forms of minor elements migration, surface channels, the Tyrnyauz tungsten-molybdenum mining complex (TVMC), adjacent areas, action on recovery of ecosystem, geochemical investigation, water samples, anomalous concentration, exceeding (in times) of PDK (maximum permit concentration), ore quarries, the main sources of water pollution, technogenic eolian deposits, cleaning filters, ionically-exchanging column

REFERENCES

1. Bortnikov N.S., Bogatkov O. A., Karamurзов B.S., i dr. // Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra. , 2013. T. 13. № 3. S. 22–30.
2. Gurbanov A.G., Bogatkov O.A., Karamurзов B.S. i dr. // Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN, g. Nal'chik. 2015, № 1 (63), S. 82–90.
3. Gurbanov A.G., Bogatkov O.A., Vinokurov S.F. i dr. // DAN, 2015, tom 464, №3, s. 328–333.
4. Bogatkov O.A., Bortnikov N.S., Karamurзов B.S. Dokuchaev A.Ya, Gurbanov A.G. Tekhnogennyye mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh: osnovnyye aspekty na sovremennom etape (na primere Tyrnyauzskogo mestorozhdeniya) // DAN, 2014, tom 456, № 2, s. 213–218.
5. Ivanova S.A., Naumov V.N., Tanskiy I.S., Stepanishchev V.A., Zaytsev V.A., Kuznetsov V.A.. Ochistka podzemnykh vod ot bora metodom elektrokoagulyatsii // Voda: khimiya i ekologiya. 2013. № 10. S. 96–101.
6. Ivanova S.A. Razrabotka tekhnologii ochistki prirodnykh vod ot soedineniy bora, ammoniya i zheleza. – M., 2015. Kand. dis. 110 s.
7. Tarasova N.P., Ivanova S.A., Naumov V.N., Kuznetsova V.A., Zaytsev V.A.. Ochistka podzemnykh vod ot soedineniy bora // Ekologiya promyshlennogo proizvodstva. 2013. № 1. S. 29–32.
8. Ustroystvo elektrokoagulyatsionnoy ochistki podzemnykh vod ot bora: pat. 143741 Ros. Federatsiya. № 2013153473/05; zayavl. 03.12.2013; opubl. 27.07.2014, Byul. № 21.2 s.

