

## СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКАХ В РАЙОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ САДОНСКОГО СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО КОМБИНАТА (РЕСПУБЛИКА СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ-АЛАНИЯ, РФ)

**А.Г. Гурбанов<sup>1</sup>, С.Ф. Винокуров<sup>2</sup>, В.М. Газеев<sup>3</sup>, А.Б. Лексин<sup>4</sup>,  
А.Г. Курсаев<sup>5</sup>, А.Б. Лолаев<sup>6</sup>, С.О. Дзэбоев<sup>7</sup>, А.Х. Оганесян<sup>8</sup>,  
В.Э. Илаев<sup>9</sup>, Л.Е. Цуканова<sup>10</sup>, О.А. Гурбанова<sup>11</sup>**

**Аннотация.** По тематическому плану ВНЦ РАН в июле 2015 г. были опробованы поверхностные водотоки в районе деятельности ССЦК и на прилегающих территориях в бассейне р. Ардон, для анализа отобранных проб воды прецизионными методами. Были определены концентрации макро- и микроэлементов в водах р. Ардон (от ее верховий и до выхода на предгорную равнину в районе г. Алагир) и ее боковых притоков. Река Ардон является основной водной артерией, дренирующий район деятельности ССЦК.

Полученные результаты аналитических исследований помогли выявить в воде р. Ардон, при ее выходе на предгорную равнину, на южной окраине г. Алагир, аномальные концентрации ряда элементов (Pb, Zn, As, Bi, Sb, Cu, Mo, Sn, S, Ti, В и др., характерных для руд Садонского рудного поля), значительно превышающие концентрации этих же элементов в фоновой пробе № 20/15, но превышения ПДК (для питьевой воды) по этим элементам не установлено. На основе полученных геохимических данных выявлены главные техногенные (Унальское хвостохранилище и воды его «защитного» озера, сливаемые прямо в р. Ардон) и природные (рр. Архон и, в меньшей мере, Уналдон) источники загрязнения вод р. Ардон рядом тяжелых металлов и элементов-токсикантов. Превышение (в разы) ПДК в водах р. Архон установлено для Si = 1.1; S = 1.2; Ti = 1.6; Mn = 1.7; Fe = 33.3; As = 2.5; в водах р. Уналдон – для Fe = 21; As = 1.8; в «воде» из «защитного озера, сливаемой прямо в р. Ардон по дренажной (деривационной) трубе – для Na = 15.5; Al = 27.5; Si = 6.7; S = 96; V = 5; Fe = 1.6; Zn = 1.07; As = 45 644; Pb = 22; Mo = 14.6; Cd = 6.4; Sn = 8.4; Sb = 5 638; W = 2.1. Для снижения большой негативной нагрузки на воду р. Ардон предложено на главных техногенном и природных источниках загрязнения, в первую очередь для «воды», сливаемой из «защитного» озера в р. Ардон: выбрать места для временной изоляции водотоков, с созданием водозаборов необходимого объема и расположения очистных фильтров в виде ионообменных колонок различного типа; выявить формы миграции основных элементов-загрязнителей; провести лабораторные испытания по извлечению этих элементов из вод различными методами и разработать технологии с комплексом способов последовательного (или селективного) извлечения оксидов экологически опасных и экономически важных металлов.

**Ключевые слова:** содержание макро- и микроэлементов, поверхностные воды, район деятельности Садонского свинцово-цинкового комбината (ССЦК), выявление основных источников загрязнения гидросферы, превышение (в разы) ПДК, основные источники загрязнения вод р. Ардон, лабораторные испытания по извлечению элементов.

<sup>1</sup> Гурбанов Анатолий Георгиевич – к. г.-м. н., вед. н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва; вед. н. с. ВНЦ РАН, г. Владикавказ, Россия (gurbanov@igem.ru).

<sup>2</sup> Винокуров Станислав Федорович – д. г.-м. н., вед. н. с. ИГЕМ РАН, г. Москва (aigidos2005@yandex.ru).

<sup>3</sup> Газеев Виктор Магалимович – к. г.-м. н., н. с. ИГЕМ РАН, ст. н. с. КНИО ВНЦ РАН, Россия, Москва, Владикавказ (gazeev@igem.ru).

<sup>4</sup> Лексин Алексей Борисович – вед. программист ИГЕМ РАН, Россия, Москва (lexin@igem.ru).

<sup>5</sup> Курсаев Анатолий Георгиевич – д. ф.-м. н., профессор, директор ВНЦ РАН, г. Владикавказ, Россия.

<sup>6</sup> Лолаев Алан Батрадзович – д. т. н., профессор, зав. каф. ФГБОУ СКГМИ (ГТУ), г. н. с. КНИО ВНЦ РАН, Владикавказ, Россия (abl-2010@mail.ru).

<sup>7</sup> Дзэбоев С.О. – аспирант, ассистент кафедры АДА, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (СКГМИ), Владикавказ, Россия.

<sup>8</sup> Оганесян А.Х. – к. т. н., доцент, ВНЦ РАН, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (СКГМИ), Владикавказ, Россия.

<sup>9</sup> Илаев В.Э. – аспирант кафедры АДА, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (СКГМИ), Владикавказ, Россия.

<sup>10</sup> Цуканова Лада Евгеньевна – н. с. НИИ «Физики» Южного федерального университета, г. Ростов на Дону.

<sup>11</sup> 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 тематическому плану ВНЦ РАН в июле 2015 г. были опробованы поверхностные водотоки в районе деятельности ССЦК и на прилегающих территориях в бассейне р. Ардон, для анализа отобранных проб воды прецизионными методами. Важно было определить содержание макро- и микроэлементов в водах р. Ардон и ее боковых притоках – основной водной артерии, дренирующей район деятельности ССЦК от ее верховий и до выхода на предгорную равнину.

Полученные результаты анализа позволили выявить в воде р. Ардон при ее выходе на предгорную равнину (на южной окраине г. Алагир, проба № 36/15) аномальные концентрации ряда элементов (Pb, Zn, As, Bi, Sb, Cu, Mo, Sn, S, Ti, B и др., характерных для руд Садонского рудного поля [1–4]), значительно превышающие концентрации этих же элементов в пробе № 20/15), но превышения ПДК для питьевой воды по этим элементам не установлено. В связи с тем, что в пробах № 26/15 и 36/15 установлены повышенные концентрации ряда элементов (табл. 1), характерных для руд Садонской группы месторождений (в мг/л – S = 11.8 и 260.7; Fe = 6.3 и 1.5; в мкг/л – Cu = 5.5 и 18.7; As = 52.7 и 107.1; Zn = 32.8 и 594; Pb = 13.5 и 51; Y = 1.7 и 0.675; Ag = 0.028 и < 0.000059; Mo = 0.372 и 241; Cd = 0.114 и 0.328; Sn = 0.113 и 66; Sb = 2.6 и 7 067.9; Se = 3.3 и 1.5; W = 0.033 и 25.3; Bi = 0.082 и 0.72 соответственно), для выявления главных техногенных и природных источников загрязнения вод р. Ардон были отобраны и проанализированы пробы воды из всех боковых притоков р. Ардон и из «защитного» озера на поверхности Унальского хвостохранилища площадью около 60 000 м<sup>2</sup> и высотой насыпной дамбы до 30 м. Находится оно в густонаселенном районе в долине р. Ардон в 700 м севернее сел. Унал и напротив сел. Зинцар и в нем захоронено 2,6 млн тонн промышленных отходов с содержаниями (в мас. %): Pb – 0.21; Zn – 0.32 %; Cu – 0.1 %; Fe – 6.2 %; Ti – 0.18 %; Mn – 0.16; Ag – 4.2 г/т. Важно отметить, что ложем хвостохранилища являются галечники реки Ардон, через которые может осуществляться инфильтрация аномально загрязненных «вод» озера в подземную гидросферу. Его правый борт отделен от русла р. Ардон бетонной дамбой, укрепленной с низовой стороны железобетонной подпорной стеной, а левый – близко подходит к автотрассе «Транскам». Хвосты обогащения трубопроводным гидротранспортом подаются в чашу хвостохранилища. В чаше хвостохранилища устроено водосборное сооружение шахтного типа с отводящим трубопроводом, по которому осуществляется сброс осветленной части «воды» из «защитного» озера в р. Ардон. При интенсивном орошении значительная часть (до 80–90 %) хвостов находится

под зеркалом воды, что затрудняет как ветровую эрозию пляжной части, так и доступ кислорода в глубокие слои и замедляет процессы окисления сульфидов.

## МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ И МЕТОД ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач была разработана схема опробования (рис. 1), включающая отбор проб воды, как из р. Ардон выше и ниже (до ее выхода на предгорную равнину) по течению от Садонской группы месторождений, так и из ее боковых притоков, в ряде из которых расположены месторождения (рр. Садонка, Архон, Уналдон), из «защитного» озера на поверхности хвостохранилища, из водопроводов в сел. Унал и г. Алагир. При опробовании учитывались погодные условия – продолжительное отсутствие дождей, так как дождевая вода довольно сильно разбавила бы (в неизвестном масштабе) речную воду и исказила бы истинные концентрации в ней макро- и микроэлементов.

Пробы воды отбирались в чистые (не использовавшиеся ранее) 0,33 л бутылки, подкислялись 1 мл 10 % азотной кислоты и герметически закрывались.

Элементный анализ проб воды проведен атомно-эмиссионным (iCAP-6500, Thermo Scientific, США) и масс-спектральным 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).

## РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов исследований проб воды (табл. № 1) позволил выявить ряд особенностей. Так, в пробах воды из р. Ардон на предгорной равнине (пробы № 26/15 и 36/15, рис. № 1) установлены повышенные (в разы), по сравнению с пробой № 20/15 (рис. № 1) концентрации ряда элементов. В пробах № 26/15 и 36/15 установлены повышенные концентрации ряда элементов (табл. 1), характерных для руд Садонской группы месторождений (в мг/л) – S = 11.8 и 260.7 (здесь и далее соответственно в пробах 26/15 и 36/15); Fe = 6.3 и 1.5; в мкг/л – As = 52.7 и 107.1; Zn = 32.8 и 594; Pb = 13.5 и 51; Ag = 0.028 и < 0.000059; Mo = 0.372 и 241; Cd = 0.114 и 0.328; Sn = 0.113 и 66; Sb = 2.6 и 7 067.9; W = 0.033 и 25.3; Bi = 0.082 и 0.72), т. е. явно ощущается загрязняющее воздействие

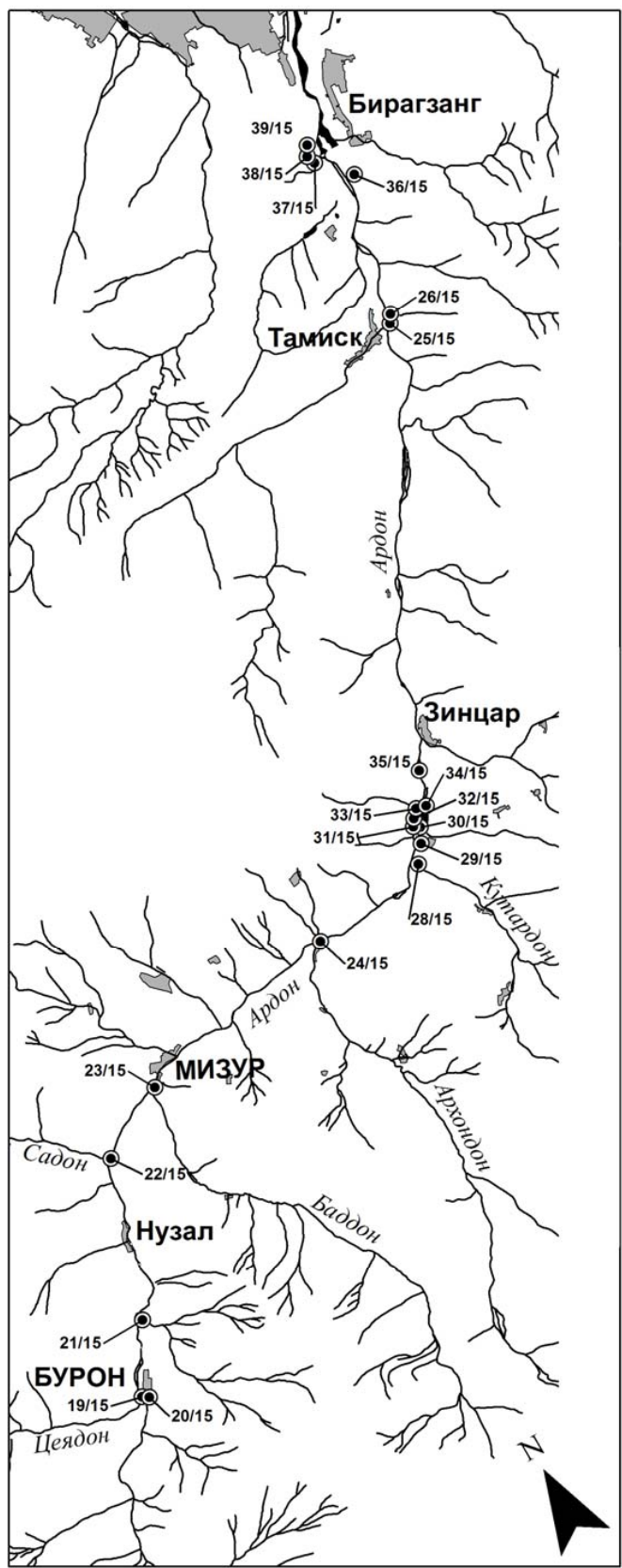


Рис. 1. Схема опробования

шахтных вод месторождений Садонской группы и Унальского хвостохранилища.

Для выявления основных техногенных и природных источников загрязнения вод р. Ардон были отобраны и проанализированы пробы воды из р. Ардон (от пос. Бурон в верховьях реки и до г. Алагир на предгорной равнине), из всех ее боковых притоков, из «защитного» озера на Унальском хвостохранилище и из водопроводов в пос. Унал и г. Алагир.

### СОДЕРЖАНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОТОКАХ БАССЕЙНА Р. АРДОН

Для выявления основных природных и техногенных источников загрязнения и оценки степени загрязнения ими вод р. Ардон рядом рудных элементов, находящихся в водах ее боковых притоков, из их устьев отбирались и анализировались пробы воды. Для выяснения возможности загрязнения рядом элементов подземных водоносных горизонтов за счет инфильтрации поверхностных вод (водотоки и «вода» защитного озера Унальского хвостохранилища), из водопроводов пос. Унал и 3 районов г. Алагир (рис. 1) отбирались и анализировались пробы воды.

В результате аналитических исследований этих проб были получены данные для сравнительного анализа концентраций макро- и микроэлементов в различных водотоках и для выявления основных источников загрязнения вод р. Ардон – главной водной артерии района (табл. 1).

Анализ концентраций макро- и микроэлементов в поверхностных водах бассейна р. Ардон и в водопроводах пос. Унал и г. Алагир позволил выявить ряд геохимических особенностей отобранных проб воды.

Так, вода в устье р. Цейдон (в ее долине отсутствуют рудные месторождения), взятая в качестве фоновой пробы № 19/15, характеризуется повышенными (в разы) концентрациями, по сравнению с пробой № 20/15 из р. Ардон на южной окраине пос. Бурон: Al = 2.3; Si = 1.7; P = 2.7; Ti = 2.9; V = 2.8; Cr, Co, Ni, Zn, Ba = 2; Fe = 2.3; Cu = 1.5; **As = 2.2; Rb = 2.2; Y = 2.3; Mo = 1.9; Ag = 1.2; Cd = 2.8; Sb = 1.2; Cs = 2.4; La = 2.8; Ce = 2.7; Tl, Th, U, Ta = 2.5; Th = 2.2; U = 2.8**). Следовательно, проба 19/15 не может быть фоновой, так как в ней установлены превышения (в разы) ПДК для Al = 19.5; Fe = 16.7), а воды р. Цейдон загрязняют в определенной мере воду в р. Ардон следующими элементами: Al, P, Ti, V, Cr, Fe, La, Ce и особенно экологически опасными: Zn, As, Rb, Mo, Cd, Sb, Cs, Tl, Th, U. Поэтому в качестве фоновой пробы для сравнительного анализа использовалась проба воды № 20/15 из р. Ардон, взятая на южной окраине пос. Бурон.

Для вод ручья Лабогом (проба № 21/15, правый приток р. Ардон, устье ниже по течению от

пос. Бурон) характерны, по сравнению с фоновой пробой № 20/15, повышенные (в разы: S = 1.8; As = 3.6; Mo = 9.6; W = 7.5; Re = 6.6; U = 18.1) концентрации вышеуказанных элементов. Следовательно, вода р. Ардон загрязняется водой ручья Лабогом этими элементами (в значительной мере из-за его небольшого дебета), и в ней установлены превышения (в разы) ПДК только для Al = 2; S = 1,4 и Fe = 2.

Для вод р. Садонка (левый приток р. Ардон) – проба № 22/15 – характерны, по сравнению с фоновой пробой № 20/15, повышенные (в разы: S = 1.3; **Zn = 5.5; Pb = 3.5; Be = 1.8; Rb = 2.4; Mo = 1.9; Ag = 1.6; Cd = 8.4; W = 1.7; U = 3.8**) концентрации вышеуказанных элементов. Это, скорее всего, обусловлено тем, что в долине р. Садонка расположены Верхне-Згидское и Садонское полиметаллические месторождения, шахтные воды из которых попадают в р. Садонку. Кроме того, на склонах долины имеются «рудные» отвалы разведочных штолен, а в базальных горизонтах нижней юры известна спорадическая урановая минерализация. Согласно полученным данным, р. Садонка вносит значительный вклад в загрязнение вод р. Ардон следующими элементами: **Zn, Cd, Pb, U, Rb, Mo, Be, Ag, W**, а превышение (в разы) ПДК установлено только для Al = 2.7 и S = 1.6; Fe = 3.6.

В воде р. Баддон (правый приток р. Ардон в пос. Мизур, проба № 23/15) установлены, по сравнению с фоновой пробой № 20/15, повышенные (в разы) концентрации Al, Co, V, Mo = 1.5; P, Ti = 1.4; Cr, **Zn, La, Ce = 1,9; Fe = 1.6; Ni = 2.2; Cu, Bi = 1.6; Pb = 1.3; Li = 2.3; Zr = 2.5**. По этим данным вода р. Баддон незначительно (из-за низких концентраций) загрязняет воду в р. Ардон вышеуказанными элементами, а превышение ПДК (в разы) установлено только для Al = 9.5; Fe = 11.

Для вод р. Архондон (правый приток р. Ардон, проба № 24/15) характерны, по сравнению с фоновой пробой № 20/15, повышенные (в разы) концентрации Al = 4.2; Si = 2.4; P = 5.8; S = 1.5; Ti = 3.3; V, Cr = 5.3; Mn = 3.4; Fe = 4.6; Co = 5.1; Ni = 6.2; Cu = 5.4; Zn = 8.8; As = 18.9; Ba = 1.6; Pb = 12.8; Li = 1.3; Be = 2.9; Rb = 3; Y = 2.5; Zr = 1.9; Mo = 1.3; Ag = 11.3; Cd = 9.9; Sb = 1.8; Cs = 3.7; La = 2.2; W = 5.1; Tl = 3.8; Bi = 18.9; Th = 2.6. В долине р. Архондон расположены Архонское полиметаллическое месторождение (шахтные воды сливаются в р. Архон) и многочисленные рудопроявления. Приведенные данные убедительно свидетельствуют об интенсивном загрязнении водами р. Архондон вод р. Ардон широким кругом экологически опасных и экономически важных элементов (Bi, As, Pb, Ag, Cd, Zn, V, Ni, Cr, Co, Fe, Cu, W, Tl и др.), а превышение (в разы) в ней ПДК установлено для Si = 1.1; S = 1.2; Ti = 1.6; Mn = 1.7; Fe = 33.3; As = 2.5. Учитывая большой дебет р. Архондон и повышенные концентрации



вышеуказанных элементов, мы считаем, что ее воды постоянно и существенно загрязняют воду в р. Ардон.

Для воды в устье р. Уналдон (правый приток р. Ардон, проба № 28/15) характерны, по сравнению с фоновой пробой № 20/15, повышенные (в разы) концентрации S = 2.2; Cu = 1.8; Zn = 45.8; As = 13.7; Sr = 1.9; Ba = 1.5; Pb = 2.4; Mo = 2.7; Cd = 65.7; Sb = 6.4; W = 2.1; U = 1.3). В долине р. Уналдон расположены полиметаллические месторождения (Холст, Джимидон, Бозанг, шахтные воды которых вливаются в р. Уналдон) и многочисленные рудопроявления. Приведенные выше данные свидетельствуют о довольно сильном загрязнении водами р. Уналдон вод р. Ардон широким кругом экологически опасных и экономически важных элементов (Cd, Zn, As, Pb, Sb, Mo, W, Cu, Sr и др.), с превышением (в разы) ПДК только для: Fe = 21; As = 1.8.

Для выяснения, какими элементами и в какой степени загрязняются воды р. Ардон ее боковыми притоками (Лабогом, Садонка, Баддон, Архон, Уналдон), была проанализирована проба № 29/15, отобранная из р. Ардон в 300 м выше по течению от Унальского хвостохранилища. В этой пробе установлены повышенные (в разы), по сравнению с фоновой пробой № 20/15, содержания следующих элементов: Al, V, Fe, Co, U = 1.5; P, Ti, Mo, Tl = 1.4; Cr = 1.6; Mn, Be, Zr, Cs, La, Ce, Th = 1.3; Ni, Cu = 1.6; Zn = 4.5; As = 10.2; Pb = 3.8; Ag = 2.2; Cd = 4.4; Sn = 2.5; Sb = 5.6; W = 2.3; Bi = 1.9. На основании приведенных данных сделан вывод о том, что в воде р. Ардон перед Унальским хвостохранилищем (проба № 29/15) уже, по сравнению с фоновой пробой № 20/15, значительно накопились As, Zn, Pb, Sb, Cd, Sn, W, Ag, а содержания Al, Si, P, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Be, Mo, Cs, Tl, Bi, Th, U увеличились лишь в 1,3–1,6 раза. Превышение (в разы) ПДК установлено только для Al = 9.9; Fe = 11; As = 1.3.

Для оценки степени негативного воздействия «вод», находящихся в «защитном» озере хвостохранилища и сливаемых из него излишков (при превышении технологического уровня зеркала воды) по деривационной трубе в р. Ардон, ниже приведены данные о содержаниях макро- и микроэлементов в воде: из разных частей озера (пробы № 31/15 – южная, 32/15 – центральная и 33/15 – северная части) вдоль его западного берега; воды из деривационной трубы (проба № 34/15), сливаемой прямо в р. Ардон; и приведены результаты сравнительного анализа пробы № 35/15, взятой из р. Ардон и в 1 км ниже хвостохранилища, с пробой № 29/15 из р. Ардон в 0,3 км перед хвостохранилищем.

1. Так, в «воде» защитного озера (пробы № 31/15, 32/15, 33/15) установлены резко повышенные содержания следующих элементов: (в мкг/л) – В = 278, 276, 277, соответственно в пробах № 31/15, 32/15, 33/15 (здесь и далее); Na =

3 310 442, 3 142 955, 3 096 475; Mg = 177, 171, 7 555; Al = 6 190, 5 775, 5 443; Si = 68 700, 69 614, 68 703; P = 2 294, 2 377, 3 137; S = 872 264, 968 669, 994 852; V = 522, 507, 505; Cu = 146, 133, 125; Zn = 1 504, 1 528, 886; Ge = 373, 375, 370; As = 458 619, 453 513, 459 969; Ba = 182, 175, 158; Pb = 440, 513, 349; (в нг/л) – Li = 20 116, 23 805, 29 187; Rb = 99 650, 96 622, 97 075; Zr = 827, 376, 485; Nb = 314, 258, 261; Mo = 1 041 910, 1 012 410, 1 023 010; Cd = 15 599, 13 358, 6 294; In = 11 545, 14 253, 8 133; Sn = 633 031, 922 431, 887 435; Sb = 29 279 958, 28 379 958, 28 839 958; Te = 87 426, 387 585, 73 670; Cs = 1 770, 1 693, 1 701; La = 1 954, 1 859, 2 005; W = 103 448, 105 225, 105 848; Re = 2 429, 2 343, 2 419; Tl = 134, 96, 97,3; U = 2 776, 2 707, 2 720. Превышение (в разы) ПДК установлено для следующих элементов: Na = 5.6, 16.6, 15.7; Al = 31, 29, 27; Si = 6.8, 6.9, 6.8; S = 87.2, 96.8, 99.4; Ca = 0.1, 0.1, 4.8; V = 5, 5, 5; Fe = 2.3, 1.7, 4.3; Zn = 1.5, 1.5, 0.88; As = 45 861, 45 351, 45 996; Pb = 44, 51.3, 34.9; Mo = 14.8, 14.4, 14.5; Cd = 15.6, 13.3, 6; Sn = 5.7, 8.4, 8; Sb = 5 840, 5 660, 5 760; W = 2, 2.1, 2.1; Tl = 1.3, 0.9, 0.9. Такие высокие концентрации широкого круга элементов позволяют считать, что: а) вода из защитного озера, при инфильтрации, загрязняет экологически опасными элементами подземную гидросферу (водоносные горизонты), используемую для питьевого водоснабжения на равнине; б) в воде из защитного озера обусловлены находящимися в ней новообразованными, растворимыми в воде подвижными минеральными формами или соединениями ряда (Na, Al, Zn, Cd, Rb, As, Li, Pb, Mo, Re, Sn, Sb, Nt, Cs, W, Tl) элементов или минералами, находящимися во взвешенном состоянии; в) в поверхностном слое «воды» из разных частей озера выявлены существенные колебания концентраций следующих элементов: Na, Mg, Al, P, S, Zn, As, Pb, Li, Rb, Zr, Nb, Mo, Cd, In, Sn, Sb, Tl, La. При этом необходимо учитывать и то, что по пульпопроводу в хвостохранилище регулярно сбрасывается материал (в виде черной жижи) с Мизурской обогатительной фабрики. Для геохимической характеристики «водной» фазы из пульпопровода, с интервалом в 3 дня, взяты две пробы (30/15 и 30-1/15) черной жижи, после отстоя которых в течение суток произошло разделение на жидкую (совершенно прозрачную) и твердую (черную) фазы. В результате анализа жидких фаз проб 30/15 и 30-1/15 в них установлены превышения ПДК для Na = 5,6, 5,5 (соответственно в пробах 30 и 30-1/15, здесь и далее); Al = 16, 150,5; Si = 6,2, 10,4; S = 23,7, 22,4; Ti = 2,1, 1,5; V = 0,55, 1,27; Cr = 1,2, 2; Mn = 63, 71; Fe = 340, 403; Ni = 2,7, 3,2; Zn = 240,8, 238,5; As = 10 711, 10 716; Ba = 3,6, 0,4; Pb = 3 074, 3 202; Be = 4,9, 8,5; Mo = 1,8, 1,5; Cd = 1 788, 1 515; Sn = 39,8, 3,2; Sb = 1 227,8, 1 049; Tl = 123,9, 73,4. Следовательно, в хвостохранилище постоянно поступают отходы обогащения руд, в «водной»

Таблица 1

Содержания мкг/л

Эл-мент	ПО, мкг/л	ПДКмг/л	класс опасности	19/15	20/15	21/15	22/15	23/15	24/15	25/15	26/15	28/15	29/15	37/15	38/15	39/15	41/15	42/15
B	0,8	0,5	2	4,1	19,3	3,2	16,8	2,3	5,8	8,0	21,7	14,2	17,3	5,1	4,9	24,3	3,4	7,8
Na	9	200	2	1506	2771	1746	5608	1537	2645	1187	4293	4277	2897	1878	1894	6994	623	3989
Mg	4	50	3	3240	5930	3004	6256	2875	5158	4651	8369	5033	5857	5220	4918	6537	3713	2819
Al	0,8	0,2 (0,5)	3	3091	1330	402	540	1980	5628	132	3394	137	1983	17,7	20,9	12,7	79,7	10,1
Si	8	10	2	7719	4593	3463	3825	4824	10909	2134	8112	4135	5585	2243	2207	2599	2238	3693
P	12			135	50,0	<ПО	21,9	71,5	265	16,0	160	<ПО	68,2	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
S	35			4691	8056	14420	10615	9108	12172	2332	11790	17635	8848	2338	2092	11198	1205	8063
K	2			1574	874	920	976	1135	2054	544	1402	636	1147	382	370	1115	335	503
Ca	8			11319	25078	24789	27803	14522	17837	52629	34388	22542	25968	50994	59685	41996	59181	16613
Ti	0,7	0,1	3	142	48,8	16,2	2,0	67,0	160	1,8	102	1,0	68,4	<ПО	<ПО	<ПО	1,2	<ПО
V	0,1	0,1	3	6,8	2,4	0,80	0,68	3,5	12,7	0,44	6,8	0,12	3,7	<ПО	0,19	0,11	0,29	<ПО
Cr	0,6	0,05	2	4,4	2,1	<0,8	<1,1	3,9	11,1	<ПО	6,1	<ПО	3,3	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Mn	0,04	0,1	3	81,2	51,4	8,3	28,2	53,3	173	8,2	135	9,6	68,8	0,65	0,5	1,1	0,9	0,9
Fe	7	0,3	3	5028	2172	620	1081	3370	9979	216	6321	202	3300	29,0	25,0	56,1	75,3	35,8
Co	0,06	0,1	2	1,8	0,87	0,22	0,63	1,3	4,4	<ПО	2,4	0,36	1,3	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Ni	0,2	0,02	2	3,9	1,9	0,35	1,3	4,0	11,7	<ПО	6,1	1,6	3,1	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	0,26
Cu	0,2	1	3	2,9	1,8	0,90	1,8	2,8	9,7	0,87	5,5	3,2	3,0	5,5	4,8	2,3	1,0	1,6
Zn	0,5	1	3	8,4	4,1	1,6	22,4	7,7	36,1	2,8	32,8	188	18,4	21,3	13,9	2,9	1,0	23,3
As	0,07	0,01	1	2,9	1,3	4,7	1,1	1,6	24,6	2,6	52,7	17,8	13,3	0,34	0,48	3,6	0,10	8,4
Sr	0,05	7	2	31,2	149	31,1	81,5	30,3	44,9	446	275	76,8	129	316	334	426	304	39,1
Ba	0,01	0,7	2	19,5	9,2	5,4	10,7	6,5	14,3	12,2	17,2	6,3	10,8	10,7	11,1	8,9	8,9	3,8
Pb	0,01	0,01	2	1,9	1,2	0,31	4,2	1,5	15,4	0,30	13,5	2,9	4,5	0,24	0,36	0,26	0,10	0,19
Li	5	0,03	2	1991	5602	756	4284	2466	7281	1418	7859	2759	4587	1173	1082	4918	814	986
Be	5	0,0002	1	88,1	58,6	34,2	32,8	65,1	169	11,2	133	42,1	73,7	<ПО	<ПО	10,5	<ПО	<ПО
Rb	9			5423	2519	2610	1059	2746	7677	406	4921	490	3373	161	183	1061	159	259
Y	3			1748	773	264	292	951	1915	92,9	1716	150	956	4,6	4,5	<ПО	25,5	24,3
Zr	5			14,9	15,0	9,8	9,8	37,8	29,0	14,6	31,0	6,6	19,0	14,3	11,9	8,4	17,7	6,6
Nb	3			58,3	61,7	40,3	3,1	54,5	63,0	<ПО	75,2	<ПО	59,4	3,9	3,2	<ПО	3,2	<ПО

Продолжение таблицы 1

Эл- нт	ПО, мкг/л	ПДК <sub>мг/л</sub>	класс опас- сти	19/15	20/15	21/15	22/15	23/15	24/15	25/15	26/15	28/15	29/15	37/15	38/15	39/15	41/15	42/15
Mo	9	0,07	3	458	247	2370	473	374	321	562	372	656	347	606	507	1171	190	1814
Ag	3			5,4	4,5	<ПО	7,3	4,8	50,7	<ПО	28,0	3,7	9,7	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Cd	6	0,001	2	28,5	10,2	<ПО	86,0	7,7	101	8,0	114	670	44,5	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	11,5
In	4			<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<9	<ПО	<19	<ПО	<9	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Sn	6			28,8	32,8	19,8	21,1	23,1	38,7	38,0	113	33,7	80,5	5,9	18,5	9,1	5,7	14,1
Sb	3	0,005	2	207	166	127	169	162	305	225	2615	1069	933	167	257,3	5369	84,4	191
Te	4			<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<28	<ПО	<44	<31	<16	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Cs	0,3			602	256	67,1	161	186	940	20,6	487	26,6	329	2,4	3,5	2,2	5,3	4,7
La	3			1671	606	231	192	1148	1358	146	1480	152	811	10,4	15,0	8,0	34,5	141,8
Ce	4			3582	1333	487	538	2476	3376	338	3270	420	1784	22,7	30,4	13,0	70,7	30,5
Pr	0,5			417	157,0	59,7	64,7	289,7	435,3	38,2	409	37,2	214	2,5	2,4	1,8	8,7	4,5
Nd	1			1697	680	249	311	1193	1969	162	1733	171	915	12,5	11,5	6,1	34,1	30,9
Sm	0,4			388	166	56,5	88,2	256	497	33,8	430	42,9	218	2,6	3,0	1,1	8,9	13,0
Eu	0,3			68,4	28,8	6,7	20,5	48,9	97,0	6,5	81,2	8,1	42,0	0,77	<ПО	<ПО	1,4	3,4
Gd	0,4			410	176	63,8	99,0	261	527	33,9	454	46,6	237	2,8	<ПО	<ПО	8,8	5,1
Tb	0,3			62,7	28,3	10,1	13,7	37,6	79,5	4,5	67,9	6,4	35,7	<ПО	<ПО	<ПО	1,2	0,62
Dy	0,2			366	159	53,5	71,4	214	429	23,9	381	32,6	206	1,6	<ПО	<ПО	6,0	3,4
Ho	0,4			67,0	29,0	9,3	11,2	37,2	77,3	3,6	67,2	5,7	37,5	<ПО	<ПО	<ПО	1,2	0,80
Er	0,3			196	84,0	25,0	25,5	102	207	10,0	181	14,2	107	<ПО	<ПО	<ПО	2,2	2,0
Tm	0,2			24,9	11,2	3,8	3,1	13,1	25,4	1,0	23,3	1,4	13,3	<ПО	<ПО	<ПО	0,32	0,27
Yb	0,3			141	58,5	18,5	15,3	68,7	142	6,7	130,1	8,8	75,4	<ПО	<ПО	<ПО	2,1	1,0
Lu	0,3			21,6	10,2	3,2	2,0	9,3	20,0	0,78	18,8	1,1	10,9	<ПО	<ПО	<ПО	0,33	<ПО
Hf	0,4			3,0	1,4	0,7	1,0	2,5	4,6	1,0	3,6	<ПО	2,5	<ПО	<ПО	<ПО	0,44	<ПО
Ta	0,9			2,5	1,0	<ПО	<ПО	1,3	3,2	<ПО	3,1	<ПО	1,2	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
W	3	0,05	2	7,4	10,5	78,3	17,8	10,9	53,7	3,5	33,6	22,1	24,3	<ПО	4,1	28,8	<ПО	64,1
Re	0,5			1,4	<ПО	3,3	<ПО	1,0	<ПО	3,3	1,1	<ПО	1,2	3,0	2,5	2,5	2,1	1,2
Tl	0,4	0,0001	1	45,3	18,0	11,0	5,5	20,3	67,7	4,7	42,1	2,4	24,6	3,7	2,5	0,76	3,7	0,65
Bi	1,8	0,1	2	14,9	13,8	8,2	12,7	21,4	262	6,0	82,2	7,0	27,2	<ПО	<ПО	<ПО	2,1	2,4
Th	2,1			867	397	292	70,2	471	1039	31,4	971	29,8	511	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
U	0,8	0,015	1	1456	517	9361	1979	605	490	358	805	632	780	31,5	318	616	278	1525

Продолжение таблицы 1

Элемент	ПО, нг/л	ПДК, мг/л	класс опасности	30/15	31/15	32/15	33/15	34/15	35/15	36/15	40/15	30/15-1
B	0,8	0,50	2	175	278	276	277	274	18,3	99,4	2044	177
Na	9	200	2	1110898	3310442	3142955	3152484	3096475	7389	751670	247070	1106074
Mg	4	50	3	25246	177	171	7555	234	5743	8678	55,0	24589
Al	0,8	0,2(0,5)	3	3194	6190	5775	5443	5533	2592	2336	337	30129
Si	8	10	2	62549	68700	69614	68703	67450	5635	21475	16318	104517
P	12			949	2294	2377	3137	2222	263	792	211	< ПО
S	35		4	237097	872264	968669	994852	960940	10560	260718	18825	224033
K	2		4	25350	55891	57086	57385	51814	1176	13963	1561	22539
Ca	8		4	455732	17363	18341	863275	19389	25590	56709	990	150497
Ti	0,7	0,1	4	215	25,2	19,0	22,8	21,2	64,4	35,4	< ПО	147
V	0,1	0,1	3	55,5	522	507	505	511	3,7	116	< ПО	127
Cr	0,6	0,05	2	60,6	43,2	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	22,7	< ПО	102
Mn	0,04	0,1	4	6323	38,6	26,5	33,5	21,6	71,5	42,7	15,6	7109
Fe	7	0,3	4	102410	706	520	1306	477	3205	1491	57,1	121703
Co	0,06	0,1	2	21,5	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	1,7	< ПО	< ПО	23,5
Ni	0,2	0,02	3	54,1	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	8,5	8,5	< ПО	64,3
Cu	0,2	1		12223	146	133	125	54,1	6,1	18,7	7,8	3924
Zn	0,5	1	3	240862	1504	1528	886	1073	80,5	594	44,2	238552
As	0,07	0,01	1	107113	458619	453513	459969	456441	714	107166	284	104365
Sr	0,05	7	2	3312	626	603	600	544	134	1043	71,2	2646
Ba	0,01	0,7	4	2527	182	175	158	138	15,6	44,7	38,4	306
Pb	0,01	0,01	2	30740	440	513	349	221	9,1	51,0	10,7	32020
Li	5	0,03	2	33778	20116	23805	29187	20897	5796	13817	38632	32231
Be	5	0,0002	1	974	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	< ПО	1694
Rb	9			37356	99650	96622	97075	96519	4680	25882	2424	37335
Y	3			14283	99,3	66,2	140	< ПО	1098	675	277	17560
Zr	5			4800	827	376	485	344	191	279	474	373
Nb	3			918	314	258	261	258	86,4	97,3	< ПО	74,3



Продолжение таблицы 1

Элемент	ПО, мг/л	ПДК, мг/л	класс опасности	30/15	31/15	32/15	33/15	34/15	35/15	36/15	40/15	30/15-1
Mo	9	0,07	3	129840	1041910	1012410	1023010	1021010	5471	241010	20352	106070
Ag	3	0,001	2	3902	<ПО	208	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
Cd	6	0,001	2	1788275	15599	13358	6294	6427	<ПО	328	199	1515384
In	4			1022791	11545	14253	8133	9075	<ПО	499	<ПО	899791
Sn	6			4379831	633031	922431	887435	916835	5137	66011	3125	356031
Sb	3	0,005	2	6139958	29279958	28379958	28839958	28019958	59498	7067958	7320	5247958
Te	4			720513	87426	387585	73670	193479	<ПО	5035	<ПО	307617
Cs	0,3			2188	1770	1693	1701	1570	410	664	187	2212
La	3			13783	1954	1859	2005	1817	1050	1140	358	11605
Ce	4			26033	246	251	388	206	2299	1569	860	27573
Pr	0,5			3097	31,2	23,4	37,0	22,2	275	181	95,0	3809
Nd	1			12604	101	83,3	160	46,9	1072	746	391	16622
Sm	0,4			2928	26,2	23,8	9,4	16,5	249	183	79,7	3792
Eu	0,3			596	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	49,3	31,3	<ПО	795
Gd	0,4			3056	25,5	21,7	39,8	28,6	248	183	68,4	3914
Tb	0,3			437	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	39,6	28,3	8,0	578
Dy	0,2			2685	19,7	16,0	28,3	11,1	213	149	52,3	3345
Ho	0,4			474	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	41,5	22,7	<ПО	628
Er	0,3			1377	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	99,4	68,6	24,9	1843
Tm	0,2			186	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	15,8	10,0	<ПО	228
Yb	0,3			1137	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	64,8	54,3	16,2	1512
Lu	0,3			155	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	8,7	7,6	<ПО	218
Hf	0,4			150	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	8,4	25,6	29
Ta	0,9			<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО	<ПО
W	3	0,05	2	13347	103448	105225	105848	106005	292	25345	12358	475
Re	0,5			685	2429	2343	2419	2421	<ПО	558	<ПО	244
Tl	0,4	0,0001	1	12399	134	96,0	97,3	100	32,1	20,9	<ПО	7346
Bi	1,8	0,1	2	73150	996	778	518	771	626	718	704	18811
Th	2,1			1898	164	83,1	77,0	58,2	491	127	60,9	396
U	0,8	0,015	1	8382	2776	2707	2720	2651	916	1246	33,5	11610

**Примечания.** Прозвонка проб воды: 19/15 – устье р. Цейдон; 20/15 – правый берег р. Ардон на южной окраине пос. Бурон; 21/15 – устье р. Большой Лавоном (правый приток р. Ардон); у трассы «Транскам»; 22/15 – устье р. Садонка (левый приток р. Ардон); 23/15 – устье р. Баддон (правый приток р. Ардон); 24/15 – устье р. Архон (правый приток р. Ардон); 25/15 – устье р. Тамиск (левый приток р. Ардон) у курорта Тамиск; 26/15 – р. Ардон в 200 м выше по течению от устья р. Тамиск; 28/15 – устье р. Уналдон (правый приток р. Ардон); 29/15 – из р. Ардон в 300 м выше по течению от Уналдского хвостохранилища;

37/15 – из водопровода в южной части г. Алагир; 38/15 – из водопровода в центральной части г. Алагир; 39/15 – из водопровода в северной части г. Алагир; 40/15 – термальной (52 °С) минеральная вода из скважины в профилактическом комплексе «Терма-Ганак» в сел. Верхний Бирагазан; 41/15 – питьевая вода в профилактическом комплексе «Терма-Ганак» из частного поверхностного водотока; 42/15 – из водопровода в пос. Унал, водозабор выше полиметаллического месторождения Холст. Классы опасности для элементов:  
1-й класс – чрезвычайно опасные (экологическая система необ-

разимо 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 существующего источника);  
4-й класс – малоопасные (экологическая система нарушена, период самовосстановления не менее 3 лет).

фазе которых установлены элементы: **1-го класса опасности** (Pb, As) с превышением ПДК от десятков сотен раз до десятков тысяч раз; **2-го класса** (Si – превышение ПДК в десятки раз и Pb, Cd, Sb – превышение ПДК в тысячи раз); **3-го класса** (Al, Zn – с превышением ПДК от десятков до сотен раз); **4-го класса** (Mn, Fe – с превышением ПДК от десятков до сотен раз).

2. В воде, сливаемой из «защитного» озера по деривационной трубе (проба № 34/15) непосредственно в р. Ардон, установлены резко повышенные концентрации следующих элементов: (в мкг/л) – **B** = 274; Na = 3 096 475; Mg = 234; Al = 5 533; Si = 67 450; P = 2 222; **S** = 960 940; V = 511; Cu = 54.1; **Zn** = 1 073; Ge = 319; **As** = 456 441; Se = 1 898; Ba = 138; **Pb** = 221; (в нг/л) – **Li** = 20 897; Rb = 96 519; **Mo** = 1 021 010; **Cd** = 6 427; In = 9 075; Sn = 916 835; **Sb** = 28 019 958; Te = 193 479; Cs = 1 570; La = 1817; **W** = 106 005; Re = 2 421; **Tl** = 100; **U** = 2 651. Превышение (в разы) ПДК в этой, постоянно сливаемой в р. Ардон воде, установлено для Na = 15.5; Al = 27.5; Si = 6.7; **S** = 96; V = 5; Fe = 1.6; Zn = 1.07; **As** = 45 644; **Pb** = 22; Mo = 14.6; **Cd** = 6.4; Sn = 8.4; Sb = 5 638; W = 2.1. Несмотря на аномально высокие концентрации широкого круга элементов, вода, сливаемая с поверхности «защитного» озера в р. Ардон, загрязняет, из-за малого дебита в определенной мере, воду р. Ардон вышеуказанными элементами.

3. Сравнительный геохимический анализ проб воды, взятых из р. Ардон в 1 км ниже (проба № 35/15) и в 0,3 км перед (проба № 29/15) хвостохранилищем, показал, что в пробе 35/15 появились повышенные (в разы), по сравнению с пробой 26/15, концентрации следующих элементов: B = 1.05; Na = 2.6; Al = 1.3; P = 3.9; S = 1.2; Co = 1.3; Ni = 2.7; Cu = 2; **Zn** = 4.4; **As** = 53.6; Ba = 1.4; **Pb** = 2; Li = 1.3; Rb = 1.4; Zr = 10; Nb = 1.5; **Mo** = 15.8; Sn = 63.8; **Sb** = 1001; La = 1.3; Ce = 1.3; **W** = 12; **Tl** = 1.3; **Bi** = 23; U = 1.2. Приведенные данные убедительно свидетельствуют о значимом загрязнении вод р. Ардон в 1 км ниже по течению от хвостохранилища, по сравнению с пробой 29/15, следующими элементами: **Sb**, Sn, **As**, **Bi**, Mo, W, Zr, **Zn**, Cu, а превышение (в разы) ПДК установлено только для Al = 12.9; Fe = 10.6; **As** = 71.4; **Sb** = 11.9.

4. В воде р. Ардон (проба № 26/15), перед ее выходом на предгорную равнину (в районе курорта Тамиск), установлены повышенные (в разы), по сравнению с пробой № 35/15 (в 1 км ниже по течению р. Ардон от хвостохранилища), концентрации следующих элементов: **B** = 1.2; Al = 1.3; Si = 1.4; Ti = 2.5; V = 1.8; Mn = 1.9; Fe = 1.9; Co = 1.4; **Pb** = 1.5; Li = 1.4; Y = 1.6; **Cd** = 2.5; La = 1.4; Ce = 1.4; **Tl** = 1.3; **Th** = 1.9. Из приведенных данных видно, что вода р. Ардон перед ее выходом на предгорную равнину (район курорта Тамиск) очень слабо загрязнена вышеуказанными

элементами, часть из которых характерна для руд месторождений Садонской группы.

5. В воде р. Тамиск (проба № 25/15) установлены слегка повышенные концентрации (в мкг/л) – Mg = 4 651; Ca = 52 629; Sr = 446; Ba = 12.2; (в нг/л) – Mo = 562; Sb = 225, а превышения ПДК не установлено ни для одного элемента. Следовательно, р. Тамиск практически не загрязняет воду р. Ардон.

6. Для оценки степени загрязнения вод р. Ардон от пос. Бурон в ее верховьях (проба № 20/15) и до южной окраины г. Алагир (проба 36/15), водными рассмотренными выше боковых притоков и промышленными отходами Унальского хвостохранилища, проведен сравнительный анализ этих проб. В результате в пробе № 36/15 установлено превышение (в разы), по сравнению с пробой 20/15, концентраций следующих элементов: **B** = 5.1; Na = 271; Mg = 1.5; Al = 1.8; Si = 4.7; P = 15.8; **S** = 32.4; K = 15.9; Ca = 2.2; Ti = 1.3; V = 1.5; Mn = 1.4; Fe = 1.5; Co = 1.9; Ni = 4.5; Cu = 3.4; **Zn** = 19.6; As = 549; Ba = 1.7; **Pb** = 7.6; Rb = 1.9; Y = 1.4; Zr = 12.7; **Mo** = 22; Sn = 156; **Sb** = 358; **Cs** = 1.6; La = 1.7; Ce = 1.7; **W** = 27.8; **Tl** = 1.8; **Bi** = 45.4; Th = 1.2; **U** = 1.8, но превышение ПДК (в разы) в этой пробе установлено только для Al = 12.9; S = 1.05; Fe = 10.7; **As** = 71; **Sb** = 11.9. Тем не менее на фоне геохимического состава воды р. Ардон (проба № 36/15), при ее выходе на предгорную равнину, однозначно видно ее загрязнение (повышение концентраций) широким кругом элементов (Cu, Zn, As, Sn, Sb, Cd, W, Bi, S), характерных для руд Садонского свинцово-цинкового комбината (ССЦК) и продуктов их промышленного передела, хранящихся в Унальском хвостохранилище. Следовательно, в воде р. Ардон при ее выходе на предгорную равнину произошло увеличение (в разы), по сравнению с фоновой пробой № 20/15, концентраций элементов: 1-го класса опасности (**Tl** в 1.8, а **As** в 549), 2-го класса (Co, Ni, **B**, Si, **Pb** – от 2 и до 7; **W**, **Bi** – в первые десятки раз; Na, **Sb** – в первые сотни раз); 3-го класса (Cu в 3, **Zn** в 19 и **Mo** в 22 раза). Значит, в воде р. Ардон постоянно накапливаются элементы 3 классов опасности, которые могут проникать за счет инфильтрации в подземную гидросферу (водоносные горизонты) или накапливаться на природных геохимических барьерах, расположенных в низовьях р. Ардон или в долине р. Терек, после впадения в нее р. Ардон, загрязняя окружающую среду. Поэтому возникает проблема очистки от экологически опасных элементов вод р. Ардон и ее притоков.

Вполне вероятно, что воды главной водной артерии района – р. Ардон, за счет инфильтрации, могут загрязнять, в какой-то мере, подземную гидросферу (водоносные горизонты), используемую для целей питьевого водоснабжения. В связи с этим ниже рассмотрены геохимические особенности проб воды, взятых из водопроводов в пос. Унал (водозабор в истоках р. Уналдон,

выше Холстинского рудника) и в разных районах г. Алагир (водозабор – подземные воды).

7. В пробе воды из водопровода в пос. Унал (42/15) установлены относительно высокие концентрации (в мкг/л) **Na** = 3 989, **Si** = 3 693, **S** = 8 063, **Zn** = 23.3, **As** = 8.4; (в нг/л) – **Mo** = 1 814, **W** = 64.1, **U** = 1 525, а превышение ПДК для питьевой воды ни по одному элементу не установлено, и вода является экологически чистой.

8. В пробах воды из водопровода в разных частях г. Алагир (№ 37/15 – южная, 38/15 – центр и 39/15 – северная части города) установлены концентрации следующих элементов (в мкг/л) – **B** = 5.1, 4.9, 24.3 (здесь и далее в пробах 37, 38, 39/15, соответственно); **Na** = 1 878, 1 894, **6 994**; **Mg** = 5 220, 4 918, **6 537**; **Si** = 2 243, 2 207, **2 599**; **S** = 2 338, 2 092, 11 198; **K** = 382, 370, **1 115**; **Ca** = 50 994, **59 685**, 41 996; **Fe** = 29, 25, **56,1**; **Cu** = **5.5**, 4.8, 2.3; **Zn** = **21.3**, 13.9, 2.9; **As** = 0.34, 0.48, **3.6**; **Sr** = 316, 334, **426**; (в нг/л) – **Li** = 1 173, 1 082, **4 918**; **Be** = > 5, > 5, **10.5**; **Rb** = 161, 183, **1 061**; **Zr** = **14.3**, 11.9, 8.4; **Mo** = 606, 507, **1 171**; **Sn** = 5.9, **18.5**, 9.1; **Sb** = 167, 257, **5 369**; **W** = > 3, 4.1, **28.8**; **Tl** = **3.7**, 2.5, 0.76; **U** = 315, 318, **616**. Однако ни в одной пробе не было установлено превышение ПДК.

При анализе приведенных данных выявилась закономерность, заключающаяся в том, что для воды из водопровода: 1) в южной части г. Алагир характерны повышенные (в разы по сравнению с пробами из центральной и северной частей города) концентрации **Cu** в 1.1 и 2.4; **Zn** – в 1.5 и 7.4; **Zr** – в 1.2 и 1.7; **Tl** – в 1.5 и 4.9; 2) в центральной части г. Алагир характерны повышенные (в разы по сравнению с пробами из южной и северной частей города) концентрации **Ca** в 1.17 и 1.4; **Sn** – в 3.1 и 2; 3) в северной части г. Алагир характерны повышенные (в разы по сравнению с пробами из центральной и южной частей города) концентрации **B** = 4.95 и 4.76; **Na** = 3.7 и 3.7; **Mg** = 1.3 и 1.25; **Si** = 1.17 и 1.15; **S** = 5.4 и 4.8; **K** = 3 и 2.9; **Fe** = 2.2 и 1.9; **As** = 7.5 и 10.6; **Sr** = 1.2 и 1.3; **Li** = 4.5 и 4.2; **Be** = 2.1 и 2.1; **Rb** = 5.8 и 6.6; **Mo** = 2.3 и 1.9; **Sb** = 20.9 и 32; **W** = 7 и 9.6; **U** = 1.9 и 1.9.

Более интенсивное загрязнение воды в водопроводе из северной части, по сравнению с центральной и южной частями г. Алагир, конкретными элементами (**B**, **S**, **As**, **Li**, **Be**, **Rb**, **Mo**, **Sb**, **W**), обусловлено, скорее всего, инфильтрацией этих элементов из «защитного» озера хвостохранилища и их поступлением в подземную гидросферу, на одном из водоносных горизонтов которой построен водозабор для г. Алагир. Этим, вероятно, можно объяснить два случая массовых отравления водой из водопровода поздней весной и летом 2015 г. жителей г. Алагир.

Также были изучены пробы термальной минерализованной воды и питьевой воды в профилактическом комплексе «Терма-Ганах» в сел. Верхний Бираганг, так как они сливаются в р.

Ардон, но из-за малого дебита не оказывают на нее значимого загрязняющего воздействия.

В пробе № 40/15 – термальной (до 52° С) минерализованной воды из скважины в профилактическом комплексе «Терма-Ганах» – установлены высокие концентрации (в мкг/л) – **B** = 2 044; **Na** = 247 070; **Si** = 18 825; **K** = 1 561, **Zn** = 44.2; **As** = 284; **Pb** = 10.7; (в нг/л) – **Li** = 38 632, **Rb** = 2 424, **Zr** = 474, **Mo** = 20 352, **Sn** = 3 125, **Sb** = 7 320, **Ce** = 860, **Hf** = 25.6, **W** = 12 358, **Bi** = 704. Превышение (в разы) ПДК (для питьевой воды) установлено для **B** = 4.1; **Na** = 1.2; **Al** = 1, 7; **Si** = 1.6; **S** = 1.9; **As** = 28.4; **Li** = 1.3; **Sb** = 1.4. Значительное превышение ПДК для элементов 1-го и 2-го классов опасности в этой воде позволяет считать, что пить эту воду опасно.

В пробе воды (41/15) из частного водопровода, построенного для снабжения питьевой водой (из поверхностного водотока) профилактического комплекса «Терма-Ганах», установлены относительно высокие концентрации (в мкг/л) **Ca** = 59 181, **Sr** = 304; (в нг/л) – **Zr** = 17.7, а превышение ПДК для питьевой воды ни по одному элементу не установлено, и вода является экологически чистой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сравнительный анализ пробы воды № 36/15 из р. Ардон, при ее выходе на предгорную равнину (южная окраина г. Алагир), с фоновой пробой № 20/15, отобранной в верховьях р. Ардон на южной окраине пос. Бурон и в 10–15 км выше по течению от полиметаллических месторождений Садонской группы (Верхний Згид, Садон, Архон, Левобережное, Холст, Джимидон, Бозанг), многочисленных рудопроявлений и Унальского хвостохранилища убедительно доказал, что в воде из р. Ардон на южной окраине г. Алагир произошло увеличение (в разы) концентраций элементов: 1-го класса опасности (**Tl** – в 1.8, а **As** – в 549), 2-го класса (**Co**, **Ni**, **B**, **Si**, **Pb** – от 2 и до 7; **W**, **Bi** – в первые десятки раз; **Na**, **Sb** – в первые сотни раз); 3-го класса (**Cu** – в 3, **Zn** – в 19 и **Mo** – в 22 раза), характерных для руд Садонской группы месторождений. Следовательно, в воде р. Ардон постоянно накапливаются элементы 3 классов опасности, которые могут проникать, за счет инфильтрации, в подземную гидросферу (водоносные горизонты) или накапливаться на природных геохимических барьерах, расположенных в низовьях р. Ардон или в долине р. Терек, после впадения в нее р. Ардон, загрязняя окружающую среду. Поэтому возникает проблема очистки от экологически опасных элементов вод р. Ардон и ее притоков.

2. На основании геохимического анализа проб воды, отобранных из боковых притоков р. Ардон и из «защитного» озера Унальского хвостохранилища, доказано, что: 1) основными природно-техногенными загрязнителями вод р. Ардон являются ее правые притоки р. Архондон (повышенные [в разы], по сравнению с фоновой

пробой, концентрации для Al = 4.2; Si = 2.4; P = 5.8; S = 1.5; Ti = 3.3; V = 5.3; Cr = 5.3; Mn = 3.4; Fe = 4.6; Co = 5.1; Ni = 6.2; Cu = 5.4; Zn = 8.8; As = 18.9; Ba = 1.6; Pb = 12.8; Li = 1.3; Be = 2.9; Rb = 3; Y = 2.5; Zr = 1.9; Mo = 1.3; Ag = 11.3; Cd = 9.9; Sb = 1.8; Cs = 3.7; La = 2.2; W = 5.1; Tl = 3.8; Bi = 18.9; Th = 2.6, а превышение ПДК [в разы] для Si = 1.1; S = 1.2; Ti = 1.6; Mn = 1.7; Fe = 33.3; As = 2.5) и р. Уналдон (повышенные [в разы] концентрации, по сравнению с фоновой пробой, для S = 2.2; Cu = 1.8; Zn = 45.8; As = 13.7; Sr = 1.9; Ba = 1.5; Pb = 2.4; Mo = 2.7; Cd = 65.7; Sb = 6.4; W = 2.1; U = 1.3, а превышение ПДК [в разы] для Fe = 21; As = 1.8); 2) основными техногенными загрязнителями вод р. Ардон являются как само Унальское хвостохранилище, так и вода «защитного» озера (превышение ПДК [в разы] для Na = 15.5; Al = 27.5; Si = 6.7; S = 96; V = 5; Fe = 1.6; Zn = 1.07; As = 45 644; Pb = 22; Mo = 14.6; Cd = 6.4; Sn = 8.4; Sb = 5 638; W = 2.1), сливаемая по деривационной трубе прямо в р. Ардон.

3. Предложены меры по улучшению экологической обстановки в бассейне главной водной артерии, дренирующей район деятельности ССЦК и Мизурской обогатительной фабрики с Унальским хвостохранилищем. Среди них первоочередной представляется временная изоляция (с извлечением из них комплекса элементов, имеющих концентрацию выше ПДК

для питьевой воды) вод, прежде всего, сливаемых по трубе из хвостохранилища в р. Ардон, а также р. Архондон, являющихся основными поставщиками элементов-токсикантов в р. Ардон. Такая мера позволит значительно снизить поступление этих элементов в основную водную артерию и улучшить экологическую обстановку в районе деятельности ССЦК и на прилегающих территориях. Кроме того, в процессе извлечения комплекса элементов вполне реально попутное получение чистых оксидов ряда ценных металлов (Pb, Zn, Cd, Sb, Bi и т. д.), что существенно повысит экономическую привлекательность этого мероприятия. Для реализации данного предложения необходимо предварительно решить ряд задач: определение дебита и микрокомпонентного состава основных водотоков-загрязнителей и их сезонных изменений; выбор мест для временной изоляции с созданием водозаборов необходимого объема и расположения очистных фильтров в виде ионообменных колонок различного типа; выявление форм миграции основных элементов-загрязнителей; проведение лабораторных испытаний по извлечению этих элементов из вод различными методами и разработка технологии с комплексом способов последовательного (или селективного) их извлечения.

*Работа выполнена по плану НИР ВНЦ на 2016 г.*

*Авторы статьи выражают искреннюю благодарность Маргиеву Т.Б. – главе администрации Унальского поселения Алаирского района РСО-А, за оказание помощи при проведении полевых работ и отборе проб воды в населенных пунктах.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гурбанов А.Г., Шаizzo Ю.К., Лексин А.Б., Газеев В.М. и др. Промышленные отходы Мизурской горно-обогатительной фабрики Садонского свинцово-цинкового комбината: геохимические особенности, оценка их воздействия на экологическую обстановку прилегающих территорий (почвы и воду р. Ардон), Республика Северная Осетия-Алания // Вестник ВНЦ РАН. Т. 12. № 4. С. 27–40.
2. Матвеев А.А., Пряничникова Е.В., Шестакова Т.В., Семенов Ю.Н. Геохимическая оценка воздействия Унальского хвостохранилища Садонского свинцово-цинкового комбината (Северная Осетия-Алания) на окружающую среду // Изв. секции наук о Земле РАЕН. Вып. 12. М. 2004. С. 136–147.
3. Пряничникова Е.В. Оценка эколого-геохимического состояния природных сред в районе Унальского хвостохранилища ССЦК // 3-я экологическая конференция студентов и молодых ученых вузов г. Москвы «Охрана окружающей среды на пороге 3-го тысячелетия в интересах устойчивого развития». – М. 1999. С. 127–130.
4. Пряничникова Е.В. Эколого-геохимические исследования в горнорудных районах (на примере Северной Осетии) // Вестник МГУ, сер. 4. Геология. № 2 М. 2005. С. 48–54.

## CONTENTS OF MACRO- AND MINOR ELEMENTS IN THE SURFACE WATER AT THE SADONSKY LEAD-ZINC COMPANY (REPUBLIC OF NORTHERN OSETIYA-ALANIYA, RF)

Gurbanov A.G.<sup>1,2</sup>, Vinokurov S.F.<sup>1</sup>, Gaseev V.M.<sup>1,2</sup>, Lexin A.B.<sup>1</sup>, Kusraev A.G.<sup>2</sup>, Lolaev A.B.<sup>2,3</sup>, Dzeboev S.O.<sup>3</sup>, Oganessian A.Ch.<sup>3</sup>, Ilaev V.E.<sup>3</sup>, Tsukanova L.E.<sup>4</sup>, Gurbanova O.A.<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup> Vladikavkaz scientific center of the RAS. Vladikavkaz.

<sup>3</sup> North-Caucasian mining and metallurgical Institute (state technological University), Vladikavkaz.

<sup>4</sup> Research Institute of «Physics» Southern Federal University, Rostov-on-Don.

<sup>5</sup> Moscow State University named after Lomonosov, Moscow.



**Abstract.** According of VSC RAS long-term plans in July of 2015 year the surface channels at the SLZC area of activity and on adjacent territory in the basin of Ardon river have been sampling for subsequent analysis of collected water samples by the accuracy methods. The concentration of macro- and minor elements in water of the Ardon river (from it headstream up to it outflow on submontane plain near Alagir city) and in its lateral tributary were determined. Ardon river is a basic aquatic artery, which is drain of the SLZC area activity. Results of analytical investigation obtained had helped to revealed in water of Ardon river near it outflow on submontane plain on the southern part of Alagir city, the anomalous concentration a number of elements (Pb, Zn, As, Bi, Sb, Cu, Mo, Sn, S, Ti, B, which are typical for ores of Sadonsky ore field), considerably exceeding of the same elements concentration in background sample № 20/15, but there are no exceeding (in times) of PDK (maximum permit concentration) for drinking water. Based on geochemical data obtained the basic techogenic (Unalskoe industrial waste and water of its "defence" lake, pouring out directly to the Ardon river) and natural (river Archon and, in a lesser degree, river Unal-don) sources of pollution by number of heavy metal and toxic elements. Exceeding (in times) of PDK (maximum permit concentration) in water of the Archon river are revealing for Fe=21; As=1.8; Si=1.1; S=1.2; Ti=1.6; Mn=1.7; Fe=33.3; As=2.5; in water of the Unal-don river for Fe=21; As=1.8 only; in water from "defence" lake, pouring out by a drain tube directly to the Ardon river for Na=15.5; Al=27.5; Si=6.7; S=96; V=5; Fe=1.6; Zn=1.07; As=45644; Pb=22; Mo=14.6; Cd=6.4; Sn=8.4; Sb=5638; W=2.1. For the reduces of large negative load on the water of Ardon river it was propose on the basic techogenic and natural sources of pollution, first for "water" pouring out from "defence" lake directly to Ardon river: to select places for a temporary isolation of channels with producing of necessary volume reservoirs and dispose of cleaning filters as an ionically-exchanging column of different types; revealing forms of migration the basic elements-dirty; to carry out the laboratory tests for extraction of these elements from water by different methods and to elaborate a technology with a complex of methods of successive (or selective) of extraction of oxides of ecologically dangerous and economically important metals.

**Keywords:** contents of macro- and minor elements, the surface water, Sadonsky Lead-Zinc Company (SLZC) area of activity, revealing of the basic sources of hydrosphere pollution, exceeding (in times) of PDK (maximum permit concentration), basic sources of water in Ardon river pollution, laboratory tests for extraction of t elements.

## REFERENCES

1. Gurbanov A.G., Shazzo Yu.K., Leksin A.B., Gazeev V.M. i dr. *Promyshlennye otkhody Mizurskoy gorno-obogatitel'noy fabрики Sadonskogo svintsovo-tsinkovogo kombinata: geokhimicheskie osobennosti, otsenka ikh vozdeystviya na ekologicheskuyu obstanovku prilagayushchikh territoriy (pochvy i vodu r. Ardon), Respublika Severnaya Osetiya-Alaniya // Vestnik VNTs RAN. T. 12. № 4. S. 27–40.*
2. Matveev A.A., Pryanichnikova E.V., Shestakova T.V., Semenov Yu.N. *Geokhimicheskaya otsenka vozdeystviya Unal'skogo khvostokhranilishcha Sadonskogo svintsovo-tsinkovogo kombinata (Severnaya Osetiya-Alaniya) na okruzhayushchuyu sredyu // Izv. sektsii nauk o Zemle RAEN. Vyp. 12. M. 2004. S. 136–147.*
3. Pryanichnikova E.V. *Otsenka ekologo-geokhimicheskogo sostoyaniya prirodnykh sred v rayone Unal'skogo khvostokhranilishcha SSTsK // 3-ya ekologicheskaya konferentsiya studentov i molodykh uchenykh vuzov g. Moskvy «Okhrana okruzhayushchey sredy na poroge 3-go tysyacheletiya v interesakh ustoychivogo razvitiya». – M. 1999. S. 127–130.*
4. Pryanichnikova E.V. *Ekologo-geokhimicheskie issledovaniya v gornorudnykh rayonakh (na primere Severnoy Osetii) // Vestnik MGU, ser. 4. Geologiya. № 2 M. 2005. S. 48–54.*

