

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ И ИХ ОХРАНА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ИСТОЩЕНИЯ

Одной из основных исторически сложившихся отраслей экономики Южного Урала является добыча и переработка минерального сырья. На территории изучаемого региона известно большое количество месторождений меди, цинка, железа, марганца, золота и других рудных полезных ископаемых. Эксплуатация этих месторождений приводит к образованию специфического «сернокислого техногенного ландшафта».

Объектом наших исследований является территория промышленной деятельности ОАО «Башкирский медно-серный комбинат» (БМСК), ЗАО «Бурибаевский горно-обогатительный комбинат» (БГОК), Семеновской золотоизвлекательной фабрики (СЗИФ) и др. Исследованная территория находится в пределах Сибай-Бурибаевского горно-промышленного района. В структурно-тектоническом отношении Башкирское Зауралье — это западная и центральная части Магнитогорской мегазоны. В металлогеническом отношении Магнитогорская мегазона представляет собой основную часть южно-уральского колчеданозонного пояса, в котором профилирующее развитие получило оруденение колчеданного типа.

Геологический субстрат в регионе сложен в основном вулканогенными, вулканогенно-осадочными и осадочными породами силура, девона и карбона прорванными интрузиями различного состава. Спорадическое распространение имеют осадочные породы триаса и юры, в частности юрским возрастом датируются бурые железняки зон окисления колчеданных месторождений. Колчеданное оруденение Башкирской части Магнитогорского синклинория тесно связано с вулканогенными породами нижнего и среднего девона [Абдрахманов, 2005].

Гидрографическая сеть территории исследований находится в тесной взаимосвязи с особенностями рельефа и климата и представляет собой систему правобережных притоков р. Урал. Основу гидрологической сети представляют реки Бол. Кизил, Таналык, Бол. Уртазымка и Худолаз. Каждая из рек имеет притоки и характеризуется преимущественно снеговым типом питания. Согласно расчетам, снеговые воды составляют 60–80% речного стока, дождевые 2–12%, подземные 13–38%.

Река Таналык является главной водной артерией района исследований; берет начало в западных предгорьях хр. Ирэндик на высокой Сакмаро-Таналыкской равнине в 5 км к востоку от оз. Талкас. Длина р. Таналык 225 км, площадь бассейна 4160 км², густота речной сети 0,24 км/км²; река протекает с севера на юг. Максимальный расход воды в устье

260 м³/сек., минимальный 0,1–1,0 м³/сек. Межень устойчива, летние паводки редки, берега реки закустарены.

Известно, что для рек Южного Урала (Таналык, Гумбейка и др.), имеющих площади водосборов 2000–3000 км², характерно резкое сокращение и прекращение стока в маловодные годы, обусловленное значительной зарегулированностью стока и низкими показателями увлажнения водосборов. Значительное водопотребление при эксплуатации орошаемых массивов в бассейне р. Урал с притоками Бол. Кизил, Бол. Уртазымка и Таналык приводит к резкому сокращению их стока в маловодный период и существенному загрязнению вод за счет поступления возвратных вод орошения [Гареев, 2001].

На территории исследования имеется ряд озер, наиболее крупными из которых являются Кульгубан, Улянды-Куль, Балыкты-Куль, Талкас. Озеро Талкас объявлено памятником природы РБ.

В гидрогеологическом отношении территория является частью единой Уральской гидрогеологической складчатой области. Гидрогеологические условия здесь определяются условиями формирования подземной гидросферы в бассейне трещинно-жильных вод. Бассейн трещинно-жильных вод складчатого Урала в геоструктурном отношении охватывает Центрально-Уральское поднятие и Магнитогорский прогиб. Водоносность сильно дислоцированных метаморфических и осадочно-вулканогенных пород протерозоя и палеозоя с жесткими связями обусловлена их трещиноватостью, которая обычно не подчиняется возрастным границам, часто их пересекает. Обводненность карбонатных пород, кроме трещиноватости, связана и с их закарстованностью. Динамика вод определяется рельефом местности и сложной гидравлически связанной между собой системой трещин. Разгрузка подземных вод происходит в речную сеть.

Мощность зоны региональной трещиноватости колеблется от 100 до 250 м, иногда до 500 м. Подземные воды региональной трещиноватости безнапорные, а локальной трещиноватости — слабонапорные.

Концентрация подземного стока происходит в межхребтовых понижениях, зонах тектонических нарушений, контактов, жил и даек, обладающих повышенной трещиноватостью и водообильностью. Дебиты источников здесь достигают 3–5 л/с и более, а удельные дебиты неглубоких скважин (до 50–80 м) — 1–2 л/с. С глубиной удельные дебиты скважин уменьшаются. Ниже зоны региональной трещиноватости локально-трещинные воды могут

быть вскрыты только в зонах тектонического дробления и расщепления пород.

В Магнитогорском мегаинклинории состав подземных вод разнообразен. Здесь, наряду с гидрокарбонатными, встречаются сульфатно-хлоридные и хлоридные воды смешанного трехкомпонентного состава. Минерализация изменяется от 0,5–0,7 до 2–3, иногда 5 г/л.

В крайних юго-восточных районах Башкортостана в междуречье Сакмары – Таналыка и по правобережью последнего получили распространение спорадически обводненные ниже-среднеюрские отложения, выполняющие палеозойские эрозионно-тектонические впадины. Водоносными являются линзы и прослойки песков и галечников, залегающие среди преобладающих по мощности глин. Дебиты скважин в песках 0,2–1,5 л/с при понижении 8–4 м. Пресные гидрокарбонатные воды на небольшой глубине (10–25 м) сменяются сульфатно-хлоридными и хлоридными натриевыми с минерализацией до 3,5–15 г/л (Хайбуллинский район) [Абдрахманов, Попов, 1999].

На Сибайском и других медноколчеданных месторождениях вблизи рудных тел, залегающих среди туфоженных пород кислого состава, под влиянием окисляющихся сульфидов формируются кислые (рН 3,6–4,3) почти исключительно сульфатные воды (до 96% SO_4^{2-}) пестрого катионного состава с минерализацией до 8–12 г/л. В них установлены: Fe^{2+} 0,2–200; Fe^{3+} 0,2–19,5; Cu 8,4–175; Zn 174–576 мг/л и др. Анализ гидрогеохимических данных за последние 30 лет свидетельствует о росте минерализации рудничных вод и концентрации в них металлов.

Добыча и переработка руд сопровождается накоплением больших объемов отходов. В бассейне р. Таналык накоплено свыше 109 млн. т отходов

горнорудного производства, в смежном бассейне р. Худолаз — свыше 550 млн. т. Эксплуатация месторождений ведет к сбросу жидких стоков и выбросу газопылевых отходов на прилегающие территории. Стоки представляют собой высокоминерализованные рассолы многокомпонентного состава и являются гидрогенными путями миграции токсикантов. В табл. 1 представлены данные по составу подотвальных вод БМСК, БГОК.

Медь, цинк, железо, марганец, никель, кобальт, кадмий, мышьяк и ртуть — приоритетные элементы-загрязнители. Из них особую опасность представляют кадмий, мышьяк, ртуть как элементы-супертоксиканты. Содержания их в карьерных водах БМСК и БГОК достигает (мг/л): Cd — 0,24; As — 0,02; Hg — 0,02.

Кроме приоритетных металлов с подотвальными водами мигрируют (в виде гидратных, сульфатных и реже хлоридных комплексов) редкие, редкоземельные элементы, уран, торий. Например, содержание урана (0,0005%) по классификации концентраций урана в природных водах относится к очень высоким ($> 3 \cdot 10^{-4}\%$). В обстановке низких значений рН уран начинает мигрировать и по мере снижения кислотности среды может накапливаться в подсистемах природной среды (почвы, донные отложения и др.), образуя вторичные ореолы.

Результатом стока жидких отходов из отвалов и горных выработок является повсеместное загрязнение прилегающих к предприятиям и их производственным объектам ландшафтов. Особенно сильное воздействие испытывают поверхностные водотоки, которые являются основным источником водообеспечения предприятий и населения. В воде р. Карагайлы (г. Сибай) содержание меди превышает ПДК_{рх} в 116 раз, цинка — в 5 раз, марганца — в 485 раз, никеля — в 2 раза. В 2001 г. общее

Основные показатели химического состава подотвальных вод

Таблица 1

Компоненты и показатели	Бурибай, проба 23	Сибай, проба 30	Сибай, проба 31	Бакр-Тау, проба 36
Ca^{2+} , мг/л	175,0	28,6	следы	22,1
Mg^{2+} , мг/л	304,8	1836	7975,9	698,8
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$, мг/л	51,6	202	34,32	21,0
Fe^{3+} , мг/л	<0,5	693,2	18560	308,0
Mn , мг/л	176,0	1,2	314,0	43,1
Cu , мг/л	352,0	0,4	1884,0	129,3
Zn , мг/л	220,0	15,8	9734,0	653,0
SO_4^{2-} , мг/л	237,3	2023,0	н.д.*	10066,0
HCO_3^- , мг/л	0	61,0	н.д.	0
Cl , мг/л	1103,2	11,8	н.д.	630,4
рН	2,95	6,60	2,65	2,70
Eh	+400,0	+425,0	+345,0	+550,0
Сухой остаток, г/л	44,0	4,86	314,0	21,55

Примечание: * — нет данных

водоотведение по БМСК составило 8,9 млн. м³, в них 6,8 тыс. т загрязняющих веществ. В 2003 г. сброс стоков по БМСК и УГОК составил: 5,4 млн. м³ и 3,3 млн. м³ соответственно. Содержания в воде р. Худолаз цинка, меди и железа существенно превышают соответствующие значения ПДК для воды рыбохозяйственных водоемов. Характерно, что ниже впадения р. Карагайлы вода р. Худолаз резко обогащается цинком, железом и медью. Установлено влияние шахтных вод БМСК на качество воды отдельных участков рек Худолаз и Карагайлы. Так, например, в воде пруда Строителей в г. Сибай тяжелые металлы обнаруживаются в следующих количествах (мг/л): медь — 1,5 (1500 ПДК); цинк — 29,8 (2980 ПДК); марганец — 680 (680 ПДК); кадмий — 0,090 (18 ПДК); кобальт — 0,09 (9 ПДК) и ртуть — 0,00004 (4 ПДК). В двух километрах ниже пруда Строителей по течению р. Карагайлы в воде присутствуют (мг/л): медь — 0,80 (800 ПДК); цинк — 27,2 (2720 ПДК); марганец — 6,60 (660 ПДК); кадмий — 0,075 (15 ПДК); кобальт — 0,08 (8 ПДК); никель — 0,04 (4 ПДК), что лишь незначительно ниже уровня загрязнения тяжелыми металлами воды самого пруда.

В устье р. Карагайлы концентрация тяжелых металлов в воде снижается, но все же превышает соответствующие значения ПДК (мг/л): медь — 0,050 (50 ПДК); цинк — 5,40 (540 ПДК); марганец — 2,40 (240 ПДК); кадмий — 0,011 (2 ПДК). Ниже устья р. Карагайлы сохраняется существенный уровень загрязнения р. Худолаз, хотя содержание тяжелых металлов здесь значительно ниже по сравнению с тремя вышеупомянутыми участками (мг/л): медь — 0,013 (13 ПДК); цинк — 0,77 (77 ПДК); марганец — 0,81 (81 ПДК). Повторный анализ на участках обследования подтвердил картину техногенного загрязнения воды рек Карагайлы и Худолаз в результате деятельности БМСК [Абдрахманов, 2005].

Подземные воды также испытывают техногенную нагрузку (табл. 2). В районе СЗИФ в трещиноватых породах развиты субнапорные воды грунтового типа. Они слабо защищены от техногенного влияния через зону аэрации. Глубина залегания под-

земных вод колеблется от 0,1 м до 5,1 м. Скважина, которая использовалась ранее для водоснабжения поселка Семеновский, весной и летом самоизливается. На момент исследований глубина залегания подземных вод составляла 0,1 м.

Из-за слабой защищенности от техногенного влияния подземные воды в районе пос. Семеновский подвержены значительному загрязнению. Это хорошо видно по наблюдательным скважинам, северному и южному колодцам. В воде обнаружены превышающие ПДК для питьевых вод концентрации марганца (до 21 ПДК), кадмия (до 2 ПДК), железа (до 500 ПДК), ртути (до 14, а в северном колодце до 59 ПДК), цианида (до 32 ПДК), в отдельных скважинах отмечены высокие концентрации хлоридов. Отработанные технологические воды СЗИФ при переполнении прудов в случае аварийных ситуаций (быстрое снеготаяние, бурный паводок, сильные дожди и т. д.) переливаются через дамбу и загрязняют, таким образом, почву и поверхностные воды.

Водоснабжение пос. Семеновский питьевой водой в настоящее время производится из новых водозаборных скважин, расположенных у д. Мунасыпово. Уровень воды в скважинах, пробуренных летом 1996 г., составляет 0,1 м. Весной уровень подземных вод здесь превышает уровень поверхности земли.

Подобная ситуация наблюдается и в пределах зон влияния других горнопромышленных предприятий (Бурибайский ГОК). В результате водоотлива из горных выработок образуются депрессионные воронки (радиусом до 3 км), нарушающие естественный гидродинамический режим подземных вод. Это нарушение проявляется в истощении, смене условий питания и разгрузки водоносных горизонтов, в изменении качества вод и в целом в нарушении работы водозаборов.

Из-за отсутствия природных кондиционных подземных вод или загрязнения сельскохозяйственными, промышленными и другими сточными водами значительная часть населения Зауралья (Баймакский, Хайбуллинский и др. районы) использует для питья воду, не отвечающую санитарным нормам. С целью решения проблемы питьевого

Таблица 2

Содержания загрязнителей в подземных водах в зоне влияния СЗИФ (2000 г.)

Место отбора	Cu, мг/л	Pb, мг/л	Cd, мг/л	Zn, мг/л	Hg, мг/л	Sb, мг/л
Северный колодец	0,029	0,005	<0,0005	0,045	0,00068	<0,02
Скв. у д. Мунасыпово	<0,01	0,005	<0,0005	<0,01	<0,0001	<0,02
Колодец в п. Семеновский	0,017	0,047	<0,0005	0,025	0,00049	<0,02
Южный дренажный колодец	0,026	0,005	<0,0005	0,408	0,00011	<0,02
Родник в п. Семеновский	<0,01	0,005	<0,0005	0,082	<0,0001	<0,02
Наблюдательная скважина	0,038	0,048	0,001	0,329	0,0012	<0,02
ПДК _{рх} *	0,001	0,1	0,005	0,01	0,0001	—

* — предельно-допустимые концентрации для вод рыбохозяйственного назначения

водоснабжения в Башкортостане строятся водохранилища (10–20 млн. м³) и многокилометровые групповые водопроводы (Зауральский). Несмотря на принимаемые меры, проблема питьевого водоснабжения в регионе остается острой [Абдрахманов, 2005].

Очевиден вывод о том, что поверхностные и подземные воды региона нуждаются в защите, которая предполагает создание современной системы мониторинга, разработки высокопроизводительных и эффективных технологий очистки.

Р.М. Ахметов благодарит Президиум РАН за финансовую помощь в рамках программы «Поддержка молодых ученых» (договор М–4).

Литература:

Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Минеральные лечебные воды Башкортостана. Уфа: Гилем, 1999. 298 с.

Абдрахманов Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.

Гареев А.М. Реки и озера Башкортостана. Уфа: Китап, 2001. 260 с.