

V. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 550.46:556.314

А.А. Власова, О.М. Гуман, А.В. Захаров

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СОЕДИНЕНИЯМИ ГРУППЫ АЗОТА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НЕРУДНОГО СЫРЬЯ

Азот – элемент с переменной валентностью. В геохимических образованиях его валентность может приобретать значения $-3, 0, +1, +2, +3, +5$. Это определяет многообразие его вероятных форм в подземных водах. В растворенном состоянии азот может находиться в подземных водах в виде различных газов ($\text{NH}_3, \text{N}_2, \text{N}_2\text{O}, \text{NO}, \text{NO}_2, \text{N}_2\text{O}_3$), анионов азотной (NO_3^-) и азотистой (NO_2^-) кислот, катиона NH_4^+ [1].

Рассмотрим загрязнение подземных вод соединениями азота на примере Баженовского месторождения хризотил-асбеста. Карьерная выемка Баженовского месторождения хризотил-асбеста расположена преимущественно в пределах водоносного комплекса зон трещиноватости интрузивных и метаморфических пород ультраосновного состава, имеющего достаточно низкую водообильность. Центральная часть карьера на западе частично дренирует подземные воды водоносного комплекса зон трещиноватости интрузивных пород основного состава, а на востоке – подземные воды водоносного комплекса зон трещиноватости интрузивных пород кислого состава, повсеместно – водоносный комплекс рыхлых покровных отложений [2, 4].

Подземные воды района Баженовского месторождения относятся к категории незащищенных от возможности поверхностного загрязнения ввиду малой мощности покровных рыхлых отложений и наличия в пределах рассматриваемой территории естественных и искусственных обнажений коренных водовмещающих пород.

В связи с интенсивным освоением территории (разработка месторождения, наличие обогатительных фабрик, завода по изготовлению взрывчатых веществ и многих других промышленных предприятий) состав подземных вод изменяется, причём основными макрокомпонентами, загрязняющими подземную гидросферу, являются соединения азота.

В качестве источников поступления соединений группы азота в дренажные воды карьера могут быть:

- атмосферные осадки;
- утечки из городских канализационных сетей и водопроводных коммуникаций, расположенных в зоне депрессии карьера;
- подземные воды прилегающих территорий, в том числе сельскохозяйственных;
- взрывные работы, осуществляемые на Центральном и Южном карьерах.

Основные источники загрязнения атмосферных осадков азотом – это газодымовые выбросы промышленных предприятий, выбрасывающих в атмосферу $\text{NO}, \text{NO}_2, \text{N}_2\text{O}$; взаимодействие азота и кислорода при работе автомобильных двигателей. По оценке Л.М. Лифлянд, в состав атмосферных осадков промышленных районов может входить до 60-70 % серной кислоты, до 30-50 % азотной, а доля соляной не превышает 5 %. Окислы азота в загрязнении атмосферы приобретают все большее значение. Особая роль принадлежит автомобильному транспорту. Выбросы оксидов азота при сгорании достигают 33 кг на 1 т дизельного топлива и 20 кг бензинового, в то время как при сгорании нефтяного топлива и угля в промышленных установках количество оксидов азота составляет от 4 до 14 кг на 1 т [1].

Для изучения состава атмосферных осадков в апреле 2004 г. выполнено опробование снегового покрова вокруг карьера Баженовского месторождения хризотил-асбеста. Результаты опробования приведены в табл. 1.

Вода нейтральная, рН изменяется от 6,90 до 7,35. По макрокомпонентному составу талая вода сульфатно-гидрокарбонатная и хлоридно-гидрокарбонатная, магниевно-кальциевая. Доля NH_4^+ составляет от 2 до 6 %-эквивалентов в общем солевом составе воды, доля NO_3^- и NO_2^- незначительна.

Коммунально-бытовые стоки относятся к околонеutralным бескислородным, бессульфидным водам с высоким содержанием органических веществ и низкими положительными значениями Eh с повышенным содержанием весьма токсичных низших форм азота NH_4 и NO_2 . Причина низких значений окислительно-восстановительного потенциала этого типа азотсодержащих подземных вод заключается в расходовании кислорода на окисление органических веществ.

Таблица 1

Содержание соединений азота в снеговом покрове вокруг карьера
Баженовского месторождения хризотил-асбеста

Номер пробы и ее местоположение	Содержание соединений азота, мг/л			
	Общ.	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+
Северо-западный борт карьера	1,00	< 0,1	0,035	0,97
Между отвалом 1 и р. Рефт	1,22	< 0,1	0,075	1,14
Восточный борт Северо-Пролетарского карьера	1,17	< 0,1	0,033	0,84
Восточный борт Центрального карьера	0,94	< 0,1	0,039	0,90
Юго-восточный борт карьера	0,85	< 0,1	0,10	0,75
Юго-западный борт карьера	1,98	< 0,1	0,055	1,92

Воды сельскохозяйственных территорий относятся к околонеutralным кислородным с высокими значениями Eh. Преобладающей формой азота в околонеutralных кислородных подземных водах является NO_3^- . Основная причина увеличения концентраций NO_3^- заключается в использовании нитратных удобрений, в процессах нитрификации других форм азота, например NH_4^+ . Процесс нитрификации, заключающийся в бактериальном окислении аммиака до нитрата, многостадийен. Он может быть выражен следующей схемой: $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{HNO} \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ [1].

Водопритоки на Баженовском месторождении хризотил-асбеста формируются за счет дренирования подземных вод, заключенных в региональной и локальной системах трещин палеозойских пород, талых и дождевых вод, выпадающих на площади карьеров, утечек из водонесущих коммуникаций предприятий и жилого массива г. Асбеста, а также, возможно, за счет привлечения транзитного речного стока. Обводненность месторождения незначительна ввиду слабой фильтрационной способности водовмещающих пород зоны выветривания и малой ее мощности.

Тальково-карбонатные и тальковые породы, широко развитые на контакте ультрабазитов с гранитоидами, в зонах разломов и на контактах серпентинитов с дайками, являются слабопроницаемыми и даже водоупорными, в особенности по направлению, перпендикулярному сланцеватости. Так, непрерывная полоса тальк-карбонатных пород мощностью 150-400 м на контакте ультрабазитов и гранитоидов приводит к изоляции этих двух смежных водоносных комплексов, что подтверждается различным уровнем режимом и химическим составом подземных вод. Влияние водоотлива за пределы этой полосы распространяется очень слабо [4].

Наибольшую водообильность породы водоносного комплекса зон трещиноватости интрузивных и метаморфических пород ультраосновного состава имеют в пределах развития даек диорит-аплитов, контролирующих зоны тектонических нарушений. С такими участками связано основное поступление воды в горные выработки месторождения.

При проходке горизонтальных дренажных выработок по серпентинитам поступление воды в них было незначительным, а иногда совершенно отсутствовало, но в местах пересечения даек отмечался интенсивный приток в виде непрерывных струй в течение нескольких суток. Борты карьеров обычно сухие, в основном вода фильтруется по прибортовой системе трещин, возникшей под воздействием массовых взрывов, и скапливается на дне карьера. Отмечаются выходы фильтрующейся воды в уступах вдоль тектонически нарушенных зон.

По условиям формирования подземных вод, их циркуляции, литологическому составу вмещающих пород и водообильности в пределах рассматриваемого района выделяется 5 водоносных комплексов:

1. Водоносный комплекс спорадически распространенных рыхлых покровных отложений четвертичного возраста, представленный иловатыми супесями и тонкозернистыми песками. Естественный состав вод – гидрокарбонатный кальциевый с минерализацией до 0,3 г/дм³.

2. Водоносный комплекс зон трещиноватости интрузивных пород основного состава, представленный габбро, габбро-норитами, габбро-амфиболитами, габбро-диабазами и габбро-диоритами. Естественный состав вод – гидрокарбонатный кальциево-магниевый с минерализацией до $0,5 \text{ г/дм}^3$.

3. Водоносный комплекс зон трещиноватости интрузивных пород кислого состава, представлен гранитоидами, плагиогнейсами, гнейсами. Естественный состав вод – гидрокарбонатный кальциево-магниевый или кальциево-натриевый с минерализацией до $0,3 \text{ г/дм}^3$.

4. Водоносный комплекс зон трещиноватости интрузивных пород ультраосновного состава и связанных с ними метаморфических образований представлен серпентинитами, перидотитами, пироксенитами, тальк-карбонатными, тальк-хлоритовыми, тремолито-актинолитовыми и другими породами. Естественный состав вод – гидрокарбонатный кальциево-магниевый и магниевый с минерализацией до $0,7 \text{ г/дм}^3$.

5. Водоносный комплекс зон трещиноватости метаморфических и вулканогенных образований девона и силура, представленный серицит-кварцевыми, хлорит-кварцевыми, полевошпат-кварц-серицитовыми сланцами с прослоями песчаников, диабазовыми порфиритами, диабазами, амфиболитами, гнейсами. Естественный состав вод – гидрокарбонатный кальциево-магниевый с минерализацией до $0,3 \text{ г/дм}^3$.

Взрывные работы на карьере являются еще одним источником поступления соединений азота в водоносные горизонты. В настоящий момент на карьере применяют водоустойчивые эмульсионные ВВ (порэммит и гранэммит).

Следует отметить постоянное превышение норм ПДК по воде объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования для всех форм азота в водоотливах шахт “Центральная” и “Южная”.

В Центральном и Южном карьерах осушение ведется через сеть водоспускных скважин, пройденных из зон ведения работ в горизонтальные подземные выработки, расположенные под дном карьеров, с последующей откачкой воды на поверхность через стволы двух специальных дренажных шахт, расположенных на бортах карьера, - “Центральной-Новой” и “Южной”.

С шахты Центрального карьера сброс воды осуществляется по 2 водоводам в р. Б. Рефт. С шахты Южного карьера сброс воды производится на расстоянии порядка 3 км по трем водоводам, а затем по открытой канаве через 1,5 км она попадает в р. Черемшанку - правый приток р. Б. Рефт.

Многолетний водоотлив привел к формированию депрессионной воронки площадью около $30,5 \text{ км}^2$. В плане депрессионная воронка вокруг карьера имеет вытянутую субмеридионально (по простиранию пород) форму, согласующуюся с общим расположением открытых выработок и дренажной системой.

По фондовым материалам [3] дренажные воды отличаются содержаниями ионов NH_4^+ до 10-15 %-экв/л и NO_3^- до 10-15 %-экв/л, а также наличием ионов NO_2^- .

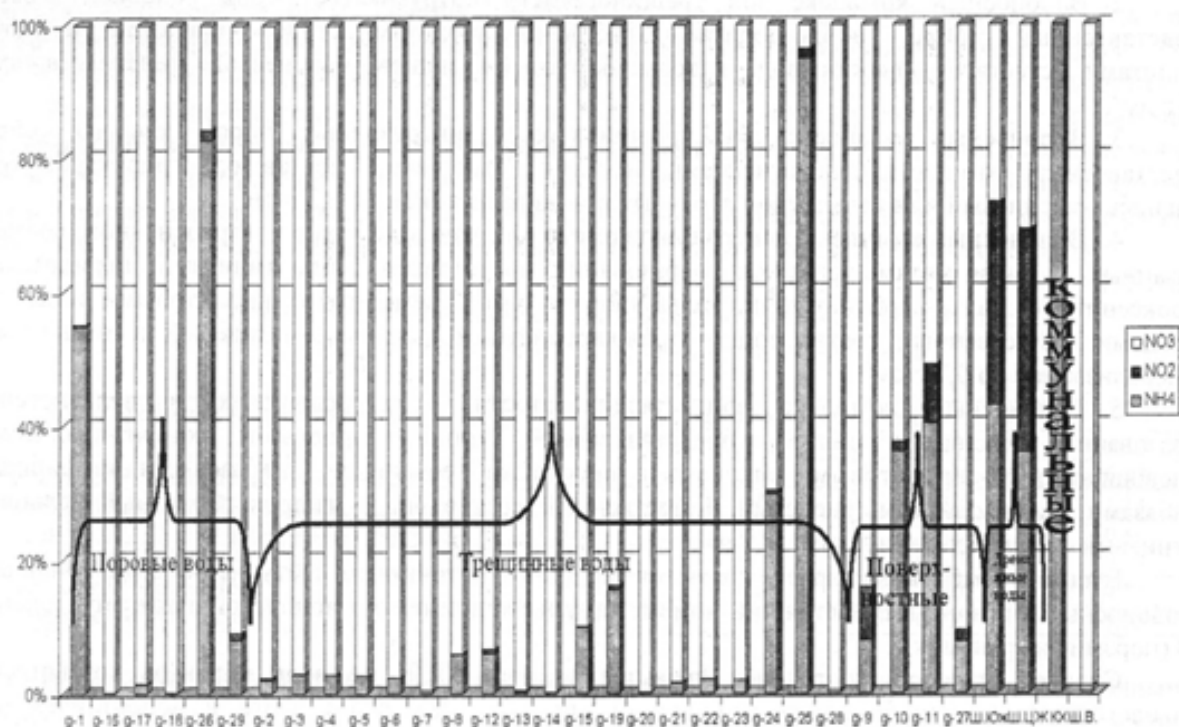
В границах депрессионной воронки на территории города Асбеста выполнено единовременное опробование природных вод для изучения в них содержаний соединений группы азота экспресс-методами. Комплекс аналитических определений следующий: t, pH, Eh, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- .

При обследовании территории выделены группы подземных и поверхностных вод, отличающиеся по соотношению в них соединений азотной группы (см. рисунок). Доля каждого соединения азотной группы в общей сумме азота рассчитывалось по их содержанию в экв. форме.

В трещинных водах, отобранных из скважин коллективных садов, выходов подземных вод в карьере, преобладает нитратная форма соединений азота, что свидетельствует об отсутствии свежего загрязнения или удаленности источника загрязнения от места отбора проб. В большинстве проб содержание NH_4^+ менее 20 %; и только вблизи отвалов и завода “Порэммит” доля NH_4^+ увеличивается до 90 %, что указывает на наличие источников свежего загрязнения.

Поверхностные воды отличаются постоянным присутствием ионов NH_4^+ до 30-40 % и появлением ионов NO_2^- до 10 %.

Дренажные воды выделяются высокими процентами содержания ионов NO_2^- (до 30 %) и NH_4^+ (до 40 %). По разнице доли NH_4^+ в трещинных водах западного борта карьера (собирающих сток с городской территории) и дренажных вод можно судить о количественной доле свежего загрязнения последних за счет взрывчатых веществ, для чего необходимо выполнить полный анализ воды во всех точках опробования.



Качественная характеристика природных и техногенных вод по содержанию соединений азота

В коммунальных водах стабильно преобладает NH_4^+ как показатель свежего загрязнения.

В чистых трещинных водах, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения (шахта "Водораздельная"), практически отсутствуют показатели свежего загрязнения.

Качественный анализ состава соединений азота природных и техногенных вод представлен в табл. 2.

Таблица 2

Качественная характеристика загрязнения природных и техногенных вод соединениями азота

Тип воды	Содержание соединений азота в % от суммы соединений азота в мг-экв		
	NH_4^+	NO_2^-	NO_3^-
Трещинные воды:			
источников хоз.-питьевого водоснабжения	0-15	0-2	84-100
подотвальные	30-95	1-2	4-70
Поровые воды:			
загрязненные	55-83	1-2	15-45
незагрязненные	0-8	0-2	91-100
Поверхностные воды	8-40	1-9	51-91
Дренажные воды	36-43	30-34	27-31
Коммунальные воды	95-100	<1	<1

Таким образом, качественный анализ состава соединений азота в природных водах Баженовского месторождения хризотил-асбеста позволяет выделить пять типов воды с различными соотношениями соединений азота.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крайнов С.П., Закутин В.П., Соломин Г.А. Соединения азота в подземных водах хозяйственно-питьевого назначения // Гидрогеология и инженерная геология: Обзор. М.: ВИЭМС, 1989. 66 с.
2. Гуман О.М., Хохряков А.В. Проект локального мониторинга окружающей среды ОАО "Ураласбест". Том 1. Екатеринбург, 2001.

3. **Соколкин С.Б.** Оценка запасов подземных дренажных вод как попутного полезного ископаемого Баженовского месторождения хризотил-асбеста: Отчет о результатах работ научно-производственной геоэкологической фирмы "ГеоС" за 1995-1996 годы / НППФ "ГеоС", Екатеринбург, 1996.

4. **Чемякин В.И., Коптеев В.М. и др.** Баженовское месторождение хризотил-асбеста на Среднем Урале: Отчет по детальной разведке месторождения за 1980-1984 годы с подсчетом запасов хризотил-асбеста и строительного камня по состоянию на 01.01.84 / УПГО "Уралгеология". Асбест, 1984.

УДК (556.3:550.812):628.173

С.Н. Елохина, К.С. Веприков

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВО-РАЗВЕДОЧНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Юго-восточная часть Свердловской области по геоструктурному и геоморфологическому признакам относится к району Зауралья. В административном отношении это Пышминский, Талицкий, Ирбитский, Камышловский, Байкаловский, Туринский и Тугулымский районы, наиболее неблагоприятные по обеспечению населения питьевой водой. Водохозяйственные особенности района таковы, что централизованное и нецентрализованное хозяйственно-питьевое водоснабжение, в силу загрязненности поверхностных вод, базируется исключительно на ресурсах подземных вод.

В гидрогеологическом отношении район Зауралья принадлежит к Тобольскому артезианскому бассейну, в пределах которого ярусные гидрогеологические структуры имеют повсеместное развитие. В отличие от остальной территории Западно-Сибирской низменности, одним из областей которой является Зауралье, складчатый фундамент здесь занимает более высокие отметки, а олигоцен-миоценовая песчаная толща залегает гипсометрически выше аллювиального водоносного горизонта и не имеет с ним гидравлической взаимосвязи.

На территории Зауралья перспективны для хозяйственно-питьевого водоснабжения три водоносных горизонта:

1. *Аллювиальный водоносный горизонт*, приуроченный к долинам современной речной сети. В силу незначительной мощности аллювиальных отложений, особенно в Западном Зауралье, аллювиальный водоносный горизонт используется преимущественно для водоснабжения небольших потребителей.

2. *Олигоценый водоносный горизонт* в отложениях куртамышской и наурзумской свит является первым от поверхности на водораздельных пространствах (ОВГ).

Накопление континентальных отложений куртамышской свиты происходило в нижнем-среднем олигоцене. Для свиты характерен невыдержанный фациальный состав. Контакт песчано-глинистых отложений свиты с подстилающими чеганскими глинами обычно резкий. Контакт может быть подчеркнут слоем кварцевого гравия [2]. Однако встречаются иные разрезы, в которых наблюдается постепенный переход от чеганских глин через курганские слои мощностью 5-7 м к отложениям куртамышской свиты. Мощность свиты в среднем 10-30 м, иногда достигает 80 м.

В верхнем олигоцене происходило накопление континентальных отложений наурзумской свиты, залегающих часто с размывом на ниже-среднеолигоценых породах. В нижних частях верхнего олигодена преобладают разномерные пески и гравий с косою слоистостью, а в верхних – глины монтмориллонит-гидрослюдисто-каолинитового состава. Внешне наурзумские отложения отличаются от куртамышских по наличию кристаллического каолинита в белых глинах, образующего «монетные» столбики, а также плохой сортировкой обломочного материала и его преимущественно кварцевым составом. Мощность свиты не превышает 15 м.

Согласно материалам Уралгидроэксспедиции, олигоценые континентальные отложения занимают самое верхнее положение в стратиграфическом разрезе, слагая водораздельные участки. Отложения представлены преимущественно водоносными песками с прослоями светло-серых и шоколадно-коричневых глин. Пески кварцевые различной зернистости, но преобладают тонкозернистые с размером зёрен 0,25 – 0,05 мм, содержание которых достигает 75-90 %. Мощность