

**Мониторинговые исследования влияния пруда-испарителя
на качество подземных вод**

© 2015. И. В. Коваленко¹, к.т.н., с.н.с., Б. Н. Филатов², д.м.н., директор,
Н. Г. Британов², к.м.н., зав. лабораторией, В. В. Клаучек², д.м.н., зам. директора,
Н. В. Крылова², к.б.н., в.н.с., Л. А. Доброшенко², с.н.с., А. А. Ватанская², н.с.,

¹Научно-исследовательский центр Федерального управления
по безопасному хранению и уничтожению химического оружия

²Научно-исследовательский институт гигиены, токсикологии и профпатологии
Федерального медико-биологического агентства России,

e-mail: fubhuho@mail.ru, filatov@rihtop.ru, britanov@rihtop.ru, klauchek@rihtop.ru,
krilova@rihtop.ru, lyudmila-dobroschenko@yandex.ru, vatalla@mail.ru

Изучено влияние пруда-испарителя Волгоградского ОАО «Химпром» на воды хазарского водоносного горизонта, которые используются для водоснабжения ряда населённых пунктов. Химический состав вод определялся по 37 показателям. Выявлены тенденции изменения состава и свойств воды хазарского аллювиального горизонта, свидетельствующие о наличии загрязнения. Среднегодовые показатели содержания в выбросах ряда компонентов превышали в разные годы допустимый уровень от 1,1 до 24,7 раза. Превышения допустимого уровня в выбросах отмечали следующим показателям: кальций, хлориды, ртуть, общий фосфор, фосфаты, железо, бутанол, изопропанол, 1,1,2-трихлорэтан, хлористый винил, хлороформ, винилиденхлорид, метанол, метиленхлорид, а также по показателям активности водородных ионов и биохимического потребления кислорода. Для веществ 1 и 2 классов опасности регистрировали превышения нормативов: ртути – до 10 раз, винилиденхлорида – до 7,5 раза, метанола до 6,5 раза, метиленхлорида – до 11,8 раза, хлороформа – до 3,6 раза, хлористого винила – до 2,7 раза. Степень влияния техногенных факторов на качество вод хазарского горизонта оценивается как опасное.

The effect of evaporation pond of the JSC “Khimprom” in Volgograd on the Khazar aquifer used to supply a number of settlements is studied. The chemical composition of the water was determined by 37 indicators. Tendencies of change in composition and properties of water in Khazar alluvial horizon indicate contamination. Annual average content of some components in the emissions exceeded the permissible level at different times by 1.1 – 24.7 times. Exceeding the allowable emission levels is stated in the following parameters: calcium chloride, mercury, total phosphorus, phosphates, iron, butanol, isopropanol, 1,1,2-trichloroethane, vinyl chloride, chloroform, vinylidene chloride, methanol, methylene chloride, and also in terms of hydrogen ions activity, and biochemical oxygen demand. For substances of danger classes 1 and 2 norm exceeding was recorded as for Mercury – up to 10 times, vinylidene chloride – to 7.5 times, methanol to 6.5 times, methylene chloride – 11.8 times, chloroform – up to 3.6 times, vinyl chloride – up to 2.7 times. The degree of influence of anthropogenic factors on water quality in the Khazar horizon is assessed as dangerous.

Ключевые слова: пруд-испаритель, жидкие отходы, вредные вещества, подземные воды, хазарский водоносный горизонт, загрязнение.

Keywords: evaporation pond, liquid waste, hazardous substances, groundwater, Khazar aquifer, contamination.

Одной из наиболее острых научно-технических и социальных проблем является управление промышленными отходами, сохранение санитарной безопасности почвы и водных ресурсов. Приёмники промышленных жидких отходов занимают особое место среди антропогенных источников загрязнения. В результате миграции различных органических и неорганических токсичных веществ из отходов через почву в подземные горизонты может ухудшаться качество подземных вод, что делает их непригодными для хозяйственно-питьевого и технического использования [1, 2].

Волгоградское ОАО «Химпром» – одно из крупных предприятий химического комплекса г. Волгограда, выпускавшее более 100 наименований продукции, единственный в России производитель хлорной извести, алкилсульфоната, трихлорэтилена, карбида кальция, поливинилхлорида эмульсионного, трикрезилфосфата, трибутилфосфата. Некоторые продукты в разные годы занимали значительную долю российского рынка – 14 % хлорпарафиновых жидких, 45 % метиленхлорида, 11 % хлороформа, 8 % соды каустической. В соответствии с технологическими регламен-

тами в производственных циклах в качестве сырья и полупродуктов использовались химические соединения разных классов опасности.

На протяжении многих лет стоки предприятия сбрасывались в приёмник общей площадью 39 км² и вместимостью 83,25 млн м³, расположенный в Светлоярском районе Волгоградской области, к юго-востоку от областного центра. Интенсивная эксплуатация приёмника осуществлялась с конца 80-х годов прошлого века до 1994 г. На протяжении 10 лет закачка стоков на пруды не производилась и была вновь возобновлена в 2005 г. Пруд-испаритель образован дамбой обвалования высотой 7,4 м, выполненной из суглинистых грунтов с заложением откосов 1:8–1:6. Для предотвращения фильтрации из пруда в теле оградительной дамбы установлен зуб из шоколадных глин, врезанный в основание на 0,8 м. Основанием дамбы и дном пруда являются мощные отложения из водоупорных шоколадных глин толщиной до 8 м. Однако экраны из уплотнённых глинистых грунтов в теле приёмников жидких отходов, как показывает практика, не обеспечивают полную изоляцию. Известно, что глины приобретают водоупорные свойства через несколько лет непрерывного увлажнения. Водопроницаемость глин может изменяться в результате образования трещин и макропор усыхания, вызванных усадкой при переменном увлажнении и осушении [2].

Целью настоящего исследования являлась оценка влияния пруда-испарителя Волгоградского ОАО «Химпром» (ВОАО «Химпром») на загрязнённость вод хазарского аллювиального горизонта.

Отбор проб воды на химический анализ осуществлялся 2 раза в год (в летний и осенний периоды) из 10 наблюдательных скважин глубиной до 40 м, расположенных по периметру пруда и оборудованных фильтровой колонной на хазарский водоносный горизонт. Химический состав вод определялся по 37 показателям. Оценка загрязнённости подземных вод производилась в соответствии с СП 2.1.5.1059-01 «Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения» [3].

Общий сток жидких промышленных отходов ВОАО «Химпром» формировался из трёх потоков: химически загрязнённых стоков, шламовых стоков и условно чистых сточных вод. Химически загрязнённые и шламовые стоки проходили предварительную очистку на локальных очистных сооружениях в цехах. Предварительная очистка осуществлялась методами фильтрования и

отстаивания. Подготовленные стоки объединялись (разбавлялись) с условно чистыми стоками и подавались на пруд-испаритель в соответствии с «Нормативами допустимого воздействия (НДВ) на подземные воды при сбросе сточных вод в пруд-испаритель ВОАО «Химпром», утверждёнными Ростехнадзором 19.01.2010, объём поступающих сбросов в пруд-испаритель составлял 10 200 м³/сут. или 3 723 000 м³/год. Режим поступления жидких отходов был равномерным в течение суток и календарного года.

Сбросы представляли собой сложные гетерогенные смеси, содержащие примеси органического и минерального происхождения, подвергавшиеся определённым колебаниям по химическому составу и соотношению основных компонентов. Компоненты жидких отходов характеризовались общетоксическим и специфическим действием, обладали способностью к кумуляции и синергизму [4, 5]. Благодаря своим физико-химическим свойствам, некоторые токсианты в процессе фильтрации были способны загрязнять почво-грунты и подземные воды. В число приоритетных загрязнителей стоков вошли: аммоний, нитриты, нитраты, фосфаты, фенолы, алкилсульфонат, нефтепродукты, метанол, бутанол, хлористый метил, хлористый винил, метиленхлорид, винилиденхлорид, четырехлористый углерод, трихлорэтан, хлороформ и др. Алкилсульфонат не только сам хорошо мигрирует по профилю грунта, но и способствует проникновению других загрязнителей в водоносные горизонты [6].

Анализ состава сбросов в динамике за период 2007–2013 гг. неоднократно фиксировал повышенное содержание взвешенных веществ, азота аммонийного, фосфора общего, фосфатов, сульфатов, хлоридов, ртути, железа, метанола, этанола, бутанола, изопропанола, хлористого винила, винилиденхлорида, метиленхлорида, метила хлористого, хлороформа, трихлорэтилена и других компонентов, а также показателей биохимического потребления кислорода и активности водородных ионов в поступающих на пруд-испаритель ВОАО «Химпром» жидких отходах. При этом среднегодовые показатели содержания в сбросах превышали в разные годы разрешенный уровень от 1,1 до 24,7 раза по таким веществам, как кальций, хлориды, ртуть, фосфор общий, фосфаты, железо, бутанол, изопропанол и 1,1,2-трихлорэтан, хлористый винил, хлороформ, винилиденхлорид, метанол, метиленхлорид, а также по показателям

активности водородных ионов и биохимического потребления кислорода. В том числе, регистрировались превышения нормативов для веществ 1 и 2 класса опасности: ртути – до 10,0 раз, винилиденхлорида – до 7,5 раза, метанола – до 6,5 раза, метилхлорида – до 11,8 раза, хлороформа – до 3,6 раза, хлористого винила – до 2,7 раза.

В районе расположения приёмника жидких отходов ВОАО «Химпром» непосредственному химическому воздействию может подвергаться наиболее водообильный и широко распространённый хазарский водоносный горизонт, использующийся для водоснабжения ряда населённых пунктов рассматриваемой территории. В пределах Сарпинской низменности защищённость грунтовых вод, в зависимости от состава и мощности перекрывающих отложений, изменяется от I до V категории и при проектировании прудов накопителей-испарителей не учитывалась, что явилось причиной их расположения в неоднородных условиях по природной защищённости грунтовых вод. Установлено, что природная защищённость грунтовых вод в пределах накопителя жидких отходов ВОАО «Химпром» относится к III категории, и только часть относится к IV категории [7]. Учитывая вышеизложенное, нельзя исключить возможность влияния компонентов жидких отходов на загрязнённость подземных вод.

Исследование состояния подземных вод в районе расположения пруда-испарителя в динамике за период с 2007 года по 2013 год выявило значительные колебания химического состава воды из наблюдательных скважин, расположенных вокруг этого приёмника сточных вод. Известно, что подземные воды, не подверженные антропогенной нагрузке, характеризуются обычно постоянством состава. Существование в подземных водах окислительно-восстановительных систем отдельных элементов приводит к установлению в них динамического равновесия [8]. Общее количество органических веществ, содержащееся в водах, может характеризоваться величиной бихроматной окисляемости или химического потребления кислорода на окисление органических веществ, величина которого в подземных водах в среднем составляет от 1 мг/л до 4 мг/л [6]. В водах наблюдательных скважин регистрировались чрезвычайно высокие, не характерные для подземных вод, показатели химического потребления кислорода в диапазоне от 20,0 до 216,0 мг/л. Содержание общего железа существенно колебалось в боль-

шинстве скважин, максимальный диапазон в одной из скважин составлял от 0,8 (2,7 ПДК) до 7,3 мг/л (24,3 ПДК). Этот факт является косвенным подтверждением загрязнения вод хазарского горизонта органическими веществами, так как в случае загрязнения подземных вод промышленными отходами, содержащими органику, происходит не только привнос в воды нежелательных веществ, но и снижение величины окислительно-восстановительного потенциала вод вследствие расхода кислорода на окисление органических соединений. Результатом этого является быстрый переход из пород в воду многих элементов с переменной валентностью, особенно железа [2, 6]. Во всех наблюдательных скважинах зафиксированы значительные колебания химического состава воды по водородному показателю, сухому остатку, хлорид-иону, сульфат-иону, аммоний-иону и нитрат-иону. Согласно гидрохимической карте хазарского водоносного горизонта, составленной до строительства прудов, его воды в районе расположения изучаемого пруда-испарителя характеризовались, как пресные с сухим остатком до 500 мг/дм³. В 2011–2013 годах в воде наблюдательных скважин сухой остаток регистрировался на уровне от 604,0 мг/дм³ до 3232,0 мг/дм³. В воде большинства наблюдательных скважин зафиксированы существенные колебания концентраций сульфат-иона с выраженной тенденцией к уменьшению его содержания. Так как энергия связи серы и кислорода в сульфат-ионе чрезвычайно велика, его химическое восстановление при невысоких (ниже 100°С) температурах и давлениях, обычно свойственных подземным водам, неизвестно. Такое восстановление происходит только с помощью сульфатредуцирующих бактерий, использующих в процессе анаэробного дыхания кислород из сульфатов и в качестве энергетического материала газообразный водород или органическое вещество. В связи с этим различают процессы автотрофной и гетеротрофной сульфатредукции. В первом случае при этом наблюдается увеличение водородного потенциала среды. При гетеротрофной сульфатредукции происходит окисление органических веществ, что особенно характерно для очагов загрязнения подземных вод органическими веществами [6]. Так как в нашем случае увеличения водородного потенциала подземных вод не наблюдалось, следует предположить наличие гетеротрофной сульфатредукции, а, следовательно, и загрязнённости хазарского водоносного горизонта органическими веще-

ствами. Кроме того, фиксировались единичные случаи превышения предельно допустимых концентраций ртути (1,6 ПДК), свинца (1,1 ПДК), никеля (2,0 ПДК), фосфатов (1,1–1,4 ПДК) и ионов аммония (1,2–1,8 ПДК).

Наблюдаемые тенденции изменения состава воды подтверждают предположение о существовании техногенной нагрузки на воды хазарского аллювиального горизонта.

Заключение

Таким образом, выявленные тенденции изменения состава и свойств воды хазарского аллювиального горизонта в соответствии с существующими требованиями [3] дают основание считать их загрязнёнными. Степень влияния техногенных факторов на качество вод хазарского горизонта можно рассматривать как опасное, так как по ряду веществ наблюдается стабильное превышение фоновых показателей при их максимальных уровнях, превышающих ПДК. В связи с тем, что в Светлоярском районе Волгоградской области наблюдается площадной (региональный) характер загрязнения подземных вод, при котором трудно разграничить степень влияния каждого локального источника, необходимо проведение углублённых комплексных исследований с расширением перечня определяемых химических соединений и увеличением количества точек наблюдения, находящихся в

населённых пунктах, расположенных в зоне влияния прудов накопителей-испарителей.

Литература

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2011 году». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. 316 с.
2. Орадовская А. Е., Лапшин Н. Н. Санитарная охрана водозаборов подземных вод. М.: Недра, 1987. 167 с.
3. СП 2.1.5.1059-01. Гигиенические требования к охране подземных вод от загрязнения // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2001. № 38. 12 с.
4. Вредные вещества в окружающей среде. Элементы I–IV групп периодической системы и их неорганические соединения: Справочно-энциклопедическое издание. – СПб.: НПО «Профессионал», 2005. 461 с.
5. Вредные вещества в окружающей среде. Элементы V–VIII групп периодической системы и их неорганические соединения: Справочно-энциклопедическое издание. СПб.: НПО «Профессионал», 2007. 452 с.
6. Крайнов С. Р., Швец В. М. Гидрохимия. М.: Недра, 1992. 463 с.
7. Беляева Ю. Л. Инженерно-геологическое обоснование строительства современных полигонов хранения отходов в солянокупольных областях: автореф. дисс. д-ра геолого-минералогических наук: 25.00.08 Волгоград, 2005. 48 с.
8. Фрог Б. Н., Левченко А. П. Водоподготовка: Учебное пособие. М.: МГУ, 1996. 680 с.