

© Л.В. ПЕРЕЛАДОВА

LORA-geograf@mail.ru

УДК 504:044,616

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ИСТОЧНИКОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. ТЮМЕНИ\*

**АННОТАЦИЯ.** Произведена оценка экологического состояния ныне действующих источников хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени. На основании проведенного исследования сделан вывод о том, что в качестве основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени должны выступать подземные воды Велижанского водозабора.

**SUMMARY.** The evaluation of ecological state of present-day sources of Tyumen's household water supply is carried out. According to the research the underground waters of Velizhanskiy water intake must be the main source of Tyumen's household water supply.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** Качество воды, экологическое состояние, поверхностные воды, подземные воды.

**KEY WORDS.** Water quality, ecological state, surface waters, underground waters

### Введение

Питьевая вода является необходимым элементом жизнеобеспечения населения. От ее качества зависит состояние здоровья людей, уровень их санитарно-эпидемиологического благополучия и, как следствие, социальная стабильность в обществе. Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире: на одного жителя приходится более 30 тыс. куб. м. пресной воды. Тем не менее, сегодня 70% рек и озер и 30% запасов подземных вод утратили свое значение как источники хозяйственно-питьевого водоснабжения [1]. Качество вод не отвечает требованиям существующих стандартов и в ряде случаев не пригодно к использованию даже для производственно-технических нужд. Поэтому правильный выбор безопасного источника водоснабжения в настоящее время является важной задачей, решение которой гарантирует получение необходимого количества питьевой воды с учетом роста водопотребления в течение длительного периода.

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени является р. Тура, которая устойчиво загрязнена на всем своем протяжении. Поэтому целью исследования была оценка экологического состояния ныне действующих источников хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени. В основу работы были положены данные ООО «Тюмень Водоканал» за период с 1989 по 2008 гг.: химические анализы поверхностных вод р. Туры (Метелев-

\* Исследование выполнено в рамках Проекта ТюмГУ по реализации Постановления Правительства РФ от 09.04.2010 № 220.

ский и Головной водозаборы) и подземных вод Тавдинского и Велижанского месторождений (Велижанский водозабор). В ходе исследования использованы методы статистической обработки данных, графических построений, гидрологического и гидрогеологического анализа, сравнительно-описательный метод.

#### Экспериментальная часть

**Качество вод р. Туры.** Бассейн р. Туры расположен на юго-западе Западно-Сибирской равнины. Река Тура — левый приток р. Тобол, образуется слиянием нескольких ключей на восточном склоне Главного Уральского хребта. Тура относится к типу рек с весенним половодьем, в водном режиме которых выделяются четыре фазы: высокое весеннее половодье, низкая зимняя межень, летне — осенняя межень и незначительные по высоте дождевые паводки. Питание реки преимущественно снеговое. В период летне-осенней межени суммарный сток складывается из 60% поверхностного и 40% подземного. В зимний период питание идет за счет грунтовых вод.

Для исследования внутригодового распределения стока р. Туры у г. Тюмени были выделены характерные по водности годы: многоводный — 1979 г., средний по водности — 1966 г. и маловодный 1976 год. Результаты внутригодового распределения стока р. Туры по характерным годам представлены в табл. 1.

Таблица 1

#### Внутригодовое распределение стока р. Туры (в % от годового).

| год                           | весна | лето-осень | зима |
|-------------------------------|-------|------------|------|
| Многоводный (1979 г.)         | 75,9  | 16,6       | 7,5  |
| Средний по водности (1966 г.) | 67,3  | 27,4       | 5,3  |
| Маловодный (1976 г.)          | 69,6  | 19         | 11,4 |

По химическому составу вода р. Туры гидрокарбонатно-кальциевая. Минерализация воды в период весеннего половодья составляет в среднем 100-150 мг/л, в зимнюю межень — до 350-400 мг/л. Вода мягкая, водородный показатель составляет в среднем 7,0. Средняя годовая концентрация кислорода в воде составляет 8,5 мг/л, зимой содержание снижается до 2,0-3,0 мг/л. Запах воды — до 2 баллов, цветность колеблется в пределах от 30-60 град. зимой до 140-160 град. в половодье. В воде р. Туры отмечается повышенное содержание органических веществ в связи с высокой болотистостью бассейна.

Вода р. Тура устойчиво загрязнена на всем протяжении и относится к классу «очень грязная» [2]. Основное загрязнение р. Тура получает с территории Свердловской области. В Тюменскую область вода реки уже поступает с повышенным содержанием нефтепродуктов, фенолов, азота аммонийного и нитритного, железа, меди и др.

Как показывает качественный анализ, содержание нефтепродуктов в водах р. Туры повышалось до 1992 г. и составило 30 ПДК, затем началось снижение их концентрации, которое наблюдается по 2008 год. Основным источником поступления нефти и нефтепродуктов в реку являются производственные сточные воды, а также талые снеговые и дождевые воды с территорий населенных пунктов, расположенных по берегам реки. Процесс окисления нефти в аэробных условиях составляет 3-5 месяцев, а при недостатке кислорода, который наблюдается в р. Туре, он растягивается на 1-3 года. Присутствие в воде нефти даже

в концентрациях немного превышающих ПДК (0,3 мг/л), для источников питьевого водоснабжения сопровождается появлением специфического запаха, который не исчезает после фильтрования и хлорирования.

Количество фенолов в водах р. Туры изменяется в пределах 2-9 ПДК. Их поступление в воды р. Туры связано главным образом со сточными водами Нижнетагильского завода пластмасс, а также с предприятиями лесохимической промышленности гг. Туринск и Верхотурье Свердловской области [3]. В то же время фенолы могут иметь и естественное происхождение, являясь продуктом гниения многих видов органических веществ. Фенолы придают воде резкий, неприятный запах и привкус. Они расходуют на свое окисление часть растворенного в воде кислорода, что сказывается на санитарно-гигиеническом состоянии водного объекта.

Со стоками металлургических предприятий Свердловской области в р. Туру поступают свинец, олово, кадмий, хром, никель, медь, мышьяк, цинк. В верховьях р. Туры в отдельные годы превышение по цинку составляет 37 ПДК, по меди — 26 ПДК, по никелю — 22 ПДК. Неорганические соединения свинца нарушают обмен веществ и выступают ингибиторами ферментов, что приводит к возникновению острых и хронических заболеваний у человека.

В течение всего исследуемого периода в водах р. Туры наблюдается постоянное присутствие нитритов. В 1997 и 1999 гг. их содержание было экстремально высоким 200 ПДК. Это свидетельствует о непрерывном поступлении в водоем органических веществ и о происходящем процессе их минерализации. С прекращением подтока органических веществ нитриты исчезают, так как переходят в нитраты. Присутствующие в воде р. Туры нитраты не превышают норму — 0,13 мг/л. Но даже при незначительном превышении их допустимой дозы в питьевой воде у человека развиваются острые желудочно-кишечные расстройства и опасное заболевание — метгемоглобинемия, при котором нарушается транспортировка кислорода в организме.

Превышение в водах р. Туры по аммонийному азоту значительно различается по годам и изменяется от 1 до 6 ПДК, что свидетельствует о перегрузке водотока органикой. Постоянно присутствуют СПАВ, но их значение в водах р. Туры ниже ПДК. Эти вещества, как правило, ухудшают органолептические свойства воды, придают ей мыльный или канифольный запах и горький привкус. Пена, образующаяся при наличии СПАВ в воде, способствует повышению стабильности нефтяной пленки и усиливает активность канцерогенных веществ. В водах р. Туры за весь рассматриваемый период содержится много марганца — в экстремальных случаях 70-80 ПДК.

В период зимней межени многократно отмечаются низкие концентрации в воде растворенного кислорода, что может быть вызвано накоплением в донных отложениях продуктов сплава древесины на участке от г. Верхотурье до г. Тюмени. Показатель бактериологической чистоты воды, коли-индекс, превышает ПДК в водах р. Тура в экстремальных случаях в 70 раз.

Таким образом, экологическое состояние вод р. Туры является критическим. Вода реки без предварительной очистки не пригодна к использованию даже для производственно-технических нужд. Очистка речной воды требует применения дефицитных и дорогостоящих химических реагентов. В настоящее время в качестве основных реагентов ООО «Тюмень Водоканал» использует сульфат алюминия и оксихлориды алюминия (ОХА) для глубокой очистки воды по химическим и биологическим показателям; полиакриламид для осветления, ускорения образования хлопьев и осаждения взвешенных частиц; перманганат калия

для ускорения процессов окисления органики; кальцинированную соду для подщелачивания воды; жидкий хлор для обеззараживания; кварцевый песок и активированный уголь в качестве фильтрующих материалов.

Используемая двухступенчатая технология позволяет очищать воду от взвешенных веществ, части нефтепродуктов, бактериальных загрязнений. Активированный уголь задерживает СПАВ и фенолы. Тем не менее в процессе очистки образуются такие вещества, которые отсутствуют в исходной воде — диоксины (при хлорировании) и остаточный алюминий (при применении повышенных доз коагулянта в случае ухудшения качества речной воды). Замена же хлора на озон не снимает проблему загрязнения воды в процессе ее очистки, так как образуются токсичные озониды. Существенной проблемой качества питьевой воды является ее вторичное загрязнение (обогащение железом, ухудшение органолептических свойств и т.п.) в изношенной системе водоснабжения г. Тюмени.

*Качество подземных вод Велижанского водозабора.* Велижанский водозабор включает три эксплуатационных участка Велижанской группы месторождений подземных вод (Северо-Карагандинское, Западно-Карагандинское, Восточно-Карагандинское), расположенных в 20-35 км. севернее г. Тюмени и Тавдинского месторождения подземных вод, находящегося в 45-55 км. севернее Тюмени. В гидрогеологическом отношении изучаемый район находится в юго-западной части Западно-Сибирского бассейна пластовых безнапорных и напорных вод. Согласно «Принципам гидрогеологической стратификации и районирования территории России» (1998), здесь выделено два водоносных комплекса — водоносный четвертичный комплекс и водоносный эоцен-неогеновый комплекс. На всей территории между выделенными водоносными комплексами нет регионально выдержанного водоупора и комплексы гидравлически связаны между собой.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения используется нижняя часть эоцен-неогенового комплекса, которую слагают отложения нижнеолигоценного возраста, представленные алевритовыми глинами, алевритами и песками. Кровля водоносного комплекса на месторождениях залегает на глубинах от 33-35 до 50-70 м. Мощность продуктивного пласта составляет в среднем 20-30 м. Воды нижней части комплекса напорные, величина напоров изменяется от 3,2 до 73,0 м, а коэффициенты фильтрации — от 2,0 до 3,0 м/сут. Дебиты скважин изменяются от 400 до 1500-1700 куб.м/сут на Велижанской группе месторождений, а на Тавдинском достигают 3150 куб.м/сут.

Данные наблюдений за уровнем подземных вод обобщались Партией режимных наблюдений Тюменской комплексной геологоразведочной экспедиции в виде ежегодников. Режим напорных вод нижнеолигеновых отложений относится к типу сезонного весенне-осеннего питания. Амплитуда годовых колебаний уровня изменяется от 0,1 до 2,0 м. Питание подземных вод комплекса осуществляется за счет инфильтрации талых снеговых вод и осенних морозящих дождей через вышележащие отложения. Летние осадки в питании водоносного горизонта участвуют слабо, так как идут в основном на испарение и формирование поверхностного стока. Уклоны потока изменяются в пределах 0,0003-0,001. Общее направление движения подземных вод — север-северо-восточное.

Утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод Велижанского водозабора составляют 143,7 тыс. куб.м/сут., а по данным математического моделирования ВСЕГИНГЕО эта величина достигает 220 тыс. куб.м/сут [4]. Этого достаточно для

удовлетворения потребностей в воде г. Тюмени на 50-60%. Но из-за низкой производительности очистных сооружений в город подается 85 тыс.куб.м/сут.

Несмотря на 40-летнюю эксплуатацию водозабора, наблюдаемые понижения уровней пока не превышают расчетных допустимых значений, т.е. истощения запасов подземных вод не происходит. Это связано с наличием благоприятных источников питания подземных вод из вышележащих водоносных комплексов, что обусловило установившийся режим фильтрации. В последнее десятилетие наблюдается повсеместное повышение уровней продуктивного водоносного комплекса, что свидетельствует об активном восполнении естественных запасов.

Формирование химического состава и ресурсов подземных вод Велижанского и Тавдинского месторождений связано с континентальными песчано-глинистыми отложениями кайнозоя. Здесь под влиянием избыточного увлажнения происходит интенсивное разложение растительных остатков и образование органических веществ кислотного характера. Это ведет к энергичному выветриванию минеральной части отложений. Нисходящие потоки воды выщелачивают все легкорастворимые соли, а также труднорастворимые карбонаты кальция, окислы железа и алюминия. В результате этого формируются пресные гидрокарбонатные кальциевые, реже магниевые и натриевые подземные воды, значительно обогащенные закисным железом.

Воды исследуемого водозабора пресные, с минерализацией от 144 до 776 мг/л, по химическому составу преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, реже магниевые. Среда вод изменяется от нейтральной до умеренно щелочной. Воды изменяются от мягких до умеренно жестких, их окисляемость колеблется от 0,8 до 7,2 мг/л. Содержание основных химических компонентов в большинстве случаев не превышает нормативных значений, за исключением повышенного содержания общего железа до 2,0-3,5 мг/л, марганца до 0,15-0,25 мг/л, аммонийного азота до 2,5-5,0 мг/л [5].

Благоприятная геохимическая среда для накопления аммонийного азота обусловлена закономерным, в общей вертикальной гидрогеохимической зональности, уменьшением окислительно-восстановительного потенциала подземных вод. Накопление закисного железа связано с формированием бескислородной обстановки в условиях изоляции водоносного горизонта болотными и глинистыми отложениями от контакта с атмосферой. Значительная часть закисного железа поступает путем инфильтрации болотных вод и из железосодержащих минералов.

В незначительных количествах в водах присутствуют мышьяк, цинк, фтор. Концентрация урана, радия, радона, стронция и цезия ниже фоновых значений по региону. Содержание фтора и йода значительно ниже нормы. Нефтепродукты и фенолы встречаются в подземных водах лишь в единичных пробах в количестве 0,001-0,0017 мг/л. Нефтепродукты могли попасть в эксплуатируемый водоносный горизонт при их разливе еще при строительстве водозабора или в 1972 г., когда произошла авария на котельной Велижанского водозабора и было разлито 15 т горюче-смазочных материалов. Накопление этих веществ в почвенном слое и грунтах зоны аэрации могло обусловить загрязнение подземных вод в течение длительного времени, даже после ликвидации основных первичных источников и очагов загрязнения. Периодическое загрязнение фенолами является, в некоторой степени, естественным процессом, так как их источником служат фульво- и гуминовые кислоты, практически повсеместно присутствующие в подземных водах.

Техногенное загрязнение подземных вод олигоцен-неогенового комплекса отчетливо отслеживается на первом этапе (1977-86 гг.) эксплуатации Велижанской группы месторождений: установлена тенденция роста содержания ион-аммония и снижения концентрации растворенного кислорода. Основная доля кислорода расходуется на окисление органических веществ и гетероэлементов, поступающих с поверхности при химической обработке сельхозугодий в районе Велижанской группы месторождений. В настоящее время с улучшением санитарно-экологических условий на территории водозабора, с усилением действия зон санитарной охраны антропогенное загрязнение эксплуатационных вод практически исключено.

Подземные воды, в отличие от поверхностных, не требуют сложной очистки. Обезжелезивание подземных вод осуществляется с помощью аэрации с последующей фильтрацией через кварцевый песок. Одновременно с очисткой воды от железа в ней незначительно снижается содержание марганца и улучшаются физические свойства, такие как мутность, цветность и окисляемость, без дополнительных затрат на эти цели.

### **Выводы**

Таким образом, основной проблемой, связанной с использованием поверхностных вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения, является высокая степень их загрязнения. К тому же им свойственны сезонные колебания расхода и качества, что еще более усложняет водоподготовку. Использование подземных вод Велижанского водозабора в качестве основного источника водоснабжения г. Тюмени наиболее целесообразно, так как они характеризуются постоянством химического состава и высокой санитарной надежностью, а повышенные концентрации железа и марганца не являются препятствием к их использованию. Главным преимуществом подземных вод является их высокая природная защищенность от загрязнений за счет того, что они перекрыты водонепроницаемыми породами. Это позволяет довести затраты на водоподготовку до минимума. С целью сохранения ресурсов подземных вод Велижанского водозабора на длительный период эксплуатации необходимо продолжить внедрение комплекса природоохранных мероприятий, как общего характера, так и специального назначения.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Васильев В.Л., Плюхина В.В. Экологический фактор в водопользовании // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2001. № 5. С. 58-63.
2. Безопасность питьевого водоснабжения // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2001. № 9. С. 35-45.
3. Переладова Л.В., Фадеева М.С. Проблемы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Тюмени // Тез. докл. III Междунар. науч.-практич. конф. «Хозяйственно-питьевая и сточные воды: проблемы очистки и использования». Пенза, 2001. С. 11-12.
4. Островский Л.А., Антыпко Б.Е., Конюхова Т.А. Перечень бассейнов подземных вод территории СССР для ведения Государственного водного кадастра. М.: ВСЕГИНГЕО, 1988. 146 с.
5. Переладова Л.В., Фадеева М.С. Подземные воды как перспективный источник водоснабжения г. Тюмени // Тез. докл. междунар. науч.-практич. конф. «Ресурсы недр России: экономика и геополитика, геотехнологии и геоэкология, литосфера и геотехника». Пенза, 2003. С. 105-107.