

Р. Х. Мусин, Р. З. Мусина
R. H. Musin, R. Z. Musina
Казанский федеральный университет
Kazan Federal University

**О КАЧЕСТВЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ВОД**
**THE QUALITY OF HOUSEHOLD WATER SUPPLY AND THE EFFICIENCY
OF NATURAL WATER USE**

Аннотация. Рассмотрено качество вод, используемых в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Казани. Обоснован один из наиболее рациональных экологически и экономически обоснованных способов решения проблемы качества питьевого водоснабжения. Показана необходимость пересмотра подходов к недропользованию в ближайшей 10-50 км окрестной зоне крупных городов.

Abstract. The article considers the quality of water used in Kazan household water supply systems. It covers one of the most ecologically efficient and economically reasonable ways of solving the problem of the quality of household water supply. It indicates the necessity of the revision of the approaches to subsoil use in 10-50 km zone around the cities.

Важнейшей мировой проблемой двух последних десятилетий является проблема качественного состояния окружающей среды [1, 14]. Вследствие её неуклонной деградации чрезвычайно актуальны вопросы, связанные с обеспечением жизнедеятельности человечества (минеральные-, энерго- и др. ресурсы), наиболее приоритетными из которых являются продовольственное- и водоснабжение.

Проблему качества хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ) можно продемонстрировать следующими хорошо известными данными [3, 12, 13]: около 80 % всех заболеваний в развивающихся странах связано с употреблением некачественной воды, в России к началу XXI в. было загрязнено (участками экстремально) ~70 % поверхностных вод и ~30 % объема пресных подземных вод, ~70 % предприятий жилищно-коммунального хозяйства подают потребителям воду, качество которой не отвечает санитарным нормам. Даже в наиболее богатой стране мира – США, данная проблема стоит очень остро [8], поэтому одной из наиболее высокооплачиваемых там стала специальность гидрогеоэколога [4].

Водоснабжение крупных городов России (Москва, Санкт-Петербург, Н. Новгород, Казань и др.) базируется на использовании поверхностных вод. В связи с прогрессирующим загрязнением поверхностной гидросферы затраты на очистку единицы объема воды, как и затраты на утилизацию осадков, образующихся на фильтрах очистных сооружений, неуклонно возрастают, при этом даже если мы имеем питьевое качество воды на выходе с очистных сооружений, то её транспортировка по водоводам, имеющим протяженность десятки и сотни километров, обычно обуславливает не вполне удовлетворительное качество воды у потребителей. Опасение вызывает и все более масштабное использование различных активных реагентов при водоподготовке, неблагоприятные последствия чего могут быть сегодня недооцененными и масштабно проявиться со временем. Ярким примером этого является возможность образования токсичных тригалометанов при хлорировании воды, что обнаружилось лишь через десятки лет после начала активного использования данного средства водоподготовки [8]. Неудовлетворительное состояние очистных сооружений, интенсивное загрязнение используемых поверхностных (подземных) вод, высокая стоимость отдельных технологий очистки и некоторые другие факторы определяют питьевую некондиционность воды во многих российских городах.

Единственно возможным, экологически и экономически обоснованным выходом из данной неблагоприятной ситуации является организация децентрализованного питьевого водоснабжения, которое, большей частью стихийно, начало оформляться 15-20 лет назад. В настоящее время довольно значительная часть российских горожан в качестве питьевой использует бутылированную воду, реализуемую в торговых центрах и доставляемую заказчикам коммерческими организациями, и фильтрованную воду. Немного меньшей популярностью пользуется использование воды родников, расположенных в ближайших окрестностях или даже в черте населенных пунктов; воды, реализуемой в специальных киосках, которые появились во всех микрорайонах многих городов (Казань, Киров, Сыктывкар и др.); а также талой воды, получаемой при частичной заморозке водопроводной воды. Реализация питьевой воды в различных формах в крупных городах стала высокодоходным бизнесом, а ситуация с питьевым водоснабжением на первый взгляд приобрела удовлетворительный характер.

Для более объективного определения его состояния авторами проанализированы все типы вод, используемых в качестве питьевых в г. Казани, население которой составляет ~1,2 млн. человек. При этом рассмотрении учитывались следующие категории качества питьевых вод – обычная питьевая вода систем централизованного ХПВ [10], бутылированная вода первой и высшей категорий [11], а также требования к экологически чистым подземным питьевым водам [13]. Качество используемых питьевых вод оценивалось на основе данных их сокращенного (по [9]) химического анализа, но ионы натрия и калия определялись не расчетным, а пламенно-фотометрическим методом.

Централизованное ХПВ Казани базируется на использовании волжской воды Куйбышевского водохранилища и, в меньшей степени, подземных вод нескольких водозаборов. Производительность Волжского водозабора составляет около 550 тыс. м³/сут, из них 80 % используется для ХПВ. Качество воды на выходе этого водозабора довольно высокое, так из более чем 50 тысяч ежегодно проводимых химических и бактериологических анализов воды, количество нестандартных анализов (не соответствующих питьевому стандарту) не превышает 3 % [2]. Но непосредственно у потребителей волжская вода очень часто отличается неблагоприятными органолептическими свойствами (запах хлорки, повышенная мутность, иногда проявление цветности). Воды же подземных водозаборов, производительность которых не превышает 30 тыс. м³/сут, в основном отличаются повышенной общей жесткостью, а иногда и минерализацией. В отдельных случаях для ХПВ применяется смешение вод Волжского и подземных водозаборов.

Воды практически всех родников в черте города и ближайших его окрестностях некондиционны в питьевом отношении. Сверхпредельные концентрации и значения характерны для общей жесткости, перманганатной окисляемости, нитратов, железа и некоторых других показателей.

Вода, разливаемая в специализированных киосках, которые принадлежат одному собственнику, обладает питьевым качеством, но при этом она физиологически неполноценна. Данная вода имеет гидрокарбонатный натриевый состав с минерализацией 0,5 г/дм³ и общей жесткостью 0,2-0,4 ммоль/дм³. Она противопоказана детям и пожилым людям, так как ультрамягкая вода неблагоприятна для развития костной системы и при проявлении сердечно-сосудистых заболеваний (как известно, минимальное содержание ионов кальция и магния в физиологически полноценных водах должно составлять 1,5 ммоль/дм³ [11, 13]). В таблице 1 приведены результаты отдельных наиболее типичных анализов вод, используемых основной частью водопотребителей г. Казани.

Общей особенностью бутылированных негазированных вод является то, что ни одна из 15 проанализированных наиболее популярных торговых марок не отвечает водам высшей категории качества, хотя цена отдельных типов воды значительная, и некоторые организаторы розлива сопровождают бутылки соответствующими надписями. Более того,

качество некоторых марок воды не соответствует требованиям к качеству даже обычной питьевой воды или не отличается физиологической полноценностью (в связи с крайне низкой жесткостью), а воды многих торговых марок прошли сложную водоподготовку, отдаленные последствия которой пока не ясны (табл. 2).

Таблица 1

Особенности состава отдельных типов вод, используемых в питьевых целях

№ п/п	Разновидности вод	Формулы ионного состава	Категории качества	
			обычная питьевая вода	вода более высокого питьев.кач-ва
1	Система централиз. ХПВ, волжская вода, Московский район города	$M_{0,36} \frac{HCO_3 58 SO_4 26 Cl 15 NO_3 1}{Ca 55 Mg 38 Na 7}$	+	-
2	Система централиз. ХПВ, подземные воды Акинского в/з, пос. Дербышки	$M_{1,12} \frac{SO_4 51 HCO_3 38 Cl 9 NO_3 2}{Ca 83 Mg 14 Na 3}$	- (минерализ. - 1,1; жесткость - 2)	-
3	Вода родника «Акинский»	$M_{0,6} \frac{HCO_3 65 SO_4 28 Cl 5 NO_3 2}{Ca 74 Mg 25 Na 1}$	- (жесткость - 1,11)	-
4	Вода в специализиров. киосках компании «ВАМИН»	$M_{0,5} \frac{HCO_3 84 SO_4 8 Cl 7 NO_3 1}{Na 97 Ca 3}$	+	-

Примечание. В четвертой графе в скобках отражены параметры состава воды, определяющие её питьевую некондиционность, и коэффициенты превышения предельно-допустимых концентраций.

При заморозке водопроводной воды степень её очистки от минеральных примесей варьирует от 65-75 % при степени заморозки 0,75 до 90-98 % при степени заморозки 0,25. Для получения физиологически полноценной воды степень заморозки казанской водопроводной воды должна быть не ниже 0,5.

Анализ работоспособности популярных и доступных фильтров «Аквафор» и «Барьер» (разновидности фильтров для умягчения воды) показал, что они хорошо снижают жесткость воды и содержание в ней органических веществ, при этом на начальных этапах фильтрации (первые 20-40 литров водопроводной воды) уменьшение жесткости происходит за счет ионно-обменных процессов, а потом - за счет сорбции ионов кальция и магния (рис. 1). Указанные фильтры по данным производителей имеют средний ресурс 300-350 литров, но при доочистке водопроводной воды с жесткостью 8,0-8,4 ммоль/дм³ они показали меньшую производительность. Время фильтрации одного литра водопроводной воды у «Аквафора» через 90-100 литров достигло 1 часа 15 минут, а у «Барьера» такое же время фильтрации было зафиксировано через 120-130 литров, хотя качество профильтрованной воды обоих фильтров соответствовало питьевому стандарту.

Использование для очистки водопроводной воды бытовых фильтров и метода заморозки довольно эффективно, но при этом происходит не совсем благоприятная смена состава воды – меняется соотношение главных анионов и катионов. Талая и профильтрованная воды являются более сульфатными, в связи с более интенсивным выведением из раствора гидрокарбонат иона, а первые 20-30 л фильтрата отличаются натриевым составом. Так, при заморозке и фильтрации первично гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных магниевых-кальциевых вод (наименование по [9]) анионный состав талой и профильтрованной воды является сульфатным и гидрокарбонатно-сульфатным, катионный же состав талой воды не меняется, а профильтрованной – становится близким к первичному по мере увеличения её объема (табл. 3). Медицинскими же исследованиями неоднократно было показано, что наиболее благоприятным является гидрокарбонатный кальциевый и магниевый-кальциевый состав питьевых вод. Кроме этого, частичное замораживание водопроводной воды, отличающейся повышенной жесткостью,

или её фильтрация через указанные фильтры могут улучшить качество воды лишь до уровня бутилированных вод первой категории.

Таблица 2

Некоторые данные по бутилированным негазированным водам

№ п/п	Торговая марка воды	Тип и расположен. водоисточн.	Цена 1 л воды (руб.)	Категория кач-ва по организаторам розлива	Данные исследований авторов	
					Ионный состав	Категор. кач-ва
1	Агуша	Скваж., Московская обл.	11	Бутыл. высшей кат.	$M_{0.29} \frac{HCO_3 83 SO_4 14 Cl 3 NO_3 1}{Ca 55 Mg 33 Na 7 K 4}$	Бутыл. первой кат.
2	Аква-Вита	Скваж., Лаишевский район РТ	9	Бутыл. первой кат.	$M_{0.22} \frac{HCO_3 74 SO_4 11 Cl 10 NO_3 5}{Mg 52 Ca 41 Na 8}$	Бутыл. первой кат.
3	Альдермышский источник	Скваж., Высококорск. район РТ	8	Бутыл. первой кат.	$M_{0.4} \frac{HCO_3 77 SO_4 21 Cl 2}{Ca 56 Mg 38 Na 5 K 1}$	Бутыл. первой кат.
4	Архыз	Карачаево-Черкесская Республика	8	–	$M_{0.25} \frac{HCO_3 79 SO_4 11 Cl 10}{Mg 48 Na 47 Ca 5}$	Бутыл. первой кат.
5	Бон-Аква	“Очищенная” в/проводная вода, г. Самара	23	Бутыл. первой кат.	$M_{0.28} \frac{Cl 63 SO_4 22 HCO_3 13 NO_3 3}{Mg 50 Ca 32 Na 17 K 1}$	Обычн. питьев. вода
6	Вамин	“Очищенная” родник. вода, Арск. р-н РТ	3,5	Бутыл. первой кат.	$M_{0.58} \frac{HCO_3 81 SO_4 10 Cl 7 NO_3 2}{Na 98 Ca 1 Mg 1}$	Бутыл. первой кат.
7	Волжанка	Скваж., Ульянов. обл.	9	Бутыл. высшей кат.	$M_{0.37} \frac{HCO_3 58 SO_4 34 Cl 8}{Ca 37 Mg 37 Na 25 K 1}$	Бутыл. первой кат.
8	Казань 1000-летняя	“Очищенная” родник. вода, Арск. р-н РТ	6	–	$M_{0.56} \frac{HCO_3 83 SO_4 12 Cl 4}{Na 96 Ca 3 Mg 1}$	Бутыл. первой кат.
9	Мензелинка	Скваж., Мензелинск. р-н РТ	10	–	$M_{0.42} \frac{HCO_3 87 SO_4 8 Cl 4}{Na 96 Ca 2 Mg 2}$	Бутыл. первой кат.
10	Оли-Роли	Скваж., Лаишевский район РТ	7,5	Бутыл. высшей кат.	$M_{0.13} \frac{HCO_3 53 SO_4 24 Cl 21 NO_3 2}{Ca 44 Mg 44 Na 10 K 2}$	Бутыл. первой кат.
11	Раифский источник	Скваж., Зеленод. р-н РТ	7-9	Бутыл. первой кат.	$M_{0.4} \frac{HCO_3 76 SO_4 20 Cl 4}{Na 45 Mg 29 Ca 25 K 1}$	Бутыл. первой кат.
12	Родники России	Источник, Ставрополье	12	–	$M_{0.55} \frac{HCO_3 74 SO_4 14 Cl 12 NO_3 1}{Na 88 Ca 8 Mg 3 K 1}$	Бутыл. первой кат.
13	Сестрица	Скваж., Республика Марий-Эл	7	–	$M_{0.31} \frac{SO_4 46 HCO_3 44 Cl 7 NO_3 3}{Ca 44 Mg 38 Na 18}$	Бутыл. первой кат.
14	Хотнинская	Скваж., Арский р-н РТ	6-7	Бутыл. первой кат.	$M_{0.6} \frac{HCO_3 72 SO_4 25 Cl 2}{Ca 68 Mg 27 Na 4 K 1}$	Бутыл. первой кат.
15	Шифалы-Су	Скваж., Менделеевск. р-н РТ	9	Бутыл. первой кат.	$M_{0.64} \frac{HCO_3 64 SO_4 27 Cl 8}{Ca 60 Mg 35 Na 5}$	Непитьевое

Примечание. Физиологической неполноценностью отличаются воды торговых марок под №№ 6, 8-10, 12; цены, приведенные полужирным и обычным шрифтом, - воды, соответственно, в 19 и 1,5 литровых бутылках.

Таблица 3

Особенности состава жесткой водопроводной воды, подвергнутой частичной заморозке и фильтрации через бытовые фильтры «Аквафор» и «Барьер»

№ п/п	Разновидности вод	Формулы ионного состава	Категории качества	
			обычная питьевая вода	вода более высокого качества
1	Первичная водопроводная вода	$M_{0.6} \frac{HCO_3 44 SO_4 43 Cl 12 NO_3 2}{Ca 59 Mg 35 Na 6}$	– (жестк.-1,14; окисляем.-1,1)	–
2	Талая вода (степень заморозки 0.25)	$M_{0.08} \frac{SO_4 58 HCO_3 38 Cl 4 NO_3 1}{Ca 65 Mg 22 Na 12 K 1}$	+	Бутилированная. первой категор.
3	Талая вода (степень заморозки 0.5)	$M_{0.1} \frac{SO_4 48 HCO_3 48 Cl 7 NO_3 2}{Ca 62 Mg 31 Na 5 K 1}$	+	Бутилированная. первой категор.
4	Талая вода (степень заморозки 0.75)	$M_{0.19} \frac{SO_4 63 HCO_3 28 Cl 7 NO_3 1}{Ca 55 Mg 39 Na 5}$	+	Бутилированная. первой категор.
5	Фильтрован. вода (5-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.48} \frac{SO_4 62 HCO_3 26 Cl 11 NO_3 1}{Na 81 K 11 Mg 6 Ca 3}$	+	–
6	Фильтрован. вода (15-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.63} \frac{SO_4 66 HCO_3 25 Cl 8 NO_3 1}{Na 33 Ca 33 Mg 28 K 6}$	+	–
7	Фильтрован. вода (25-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.6} \frac{SO_4 60 HCO_3 31 Cl 8 NO_3 1}{Ca 48 Mg 38 Na 13 K 1}$	+	–
8	Фильтрован. вода (50-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.53} \frac{SO_4 59 HCO_3 31 Cl 9 NO_3 1}{Ca 56 Mg 38 Na 6}$	+	–
9	Фильтрован. вода (77-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.34} \frac{SO_4 66 HCO_3 20 Cl 13 NO_3 1}{Ca 52 Mg 37 Na 11}$	+	–
10	Фильтрован. вода (86-й литр – «Аквафор»)	$M_{0.37} \frac{SO_4 64 HCO_3 22 Cl 11 NO_3 3}{Ca 52 Mg 38 Na 10}$	+	Бутилированная. первой категор.
11	Фильтрован. вода (5-й литр – «Барьер»)	$M_{0.65} \frac{SO_4 72 HCO_3 20 Cl 8}{Na 95 Ca 2 Mg 2 K 1}$	+	Бутилированная. первой категор.
12	Фильтрован. вода (15-й литр – «Барьер»)	$M_{0.53} \frac{SO_4 62 HCO_3 27 Cl 10 NO_3 1}{Na 66 Mg 22 Ca 10 K 2}$	+	–
13	Фильтрован. вода (25-й литр – «Барьер»)	$M_{0.55} \frac{SO_4 64 HCO_3 27 Cl 8 NO_3 1}{Mg 50 Ca 37 Na 12 K 1}$	+	–
14	Фильтрован. вода (50-й литр – «Барьер»)	$M_{0.52} \frac{SO_4 58 HCO_3 31 Cl 9 NO_3 2}{Mg 50 Ca 43 Na 7}$	+	–
15	Фильтрован. вода (73-й литр – «Барьер»)	$M_{0.44} \frac{SO_4 55 HCO_3 33 Cl 11 NO_3 1}{Ca 55 Mg 36 Na 9}$	+	–
16	Фильтрован. вода (100-й литр – «Барьер»)	$M_{0.42} \frac{SO_4 60 HCO_3 29 Cl 10 NO_3 1}{Mg 49 Ca 43 Na 8}$	+	–
17	Фильтрован. вода (108-й литр – «Барьер»)	$M_{0.45} \frac{SO_4 55 HCO_3 34 Cl 10 NO_3 1}{Ca 54 Mg 38 Na 9}$	+	–
18	Фильтрован. вода (128-й литр – «Барьер»)	$M_{0.41} \frac{SO_4 43 HCO_3 43 Cl 12 NO_3 2}{Ca 58 Mg 34 Na 8}$	+	–

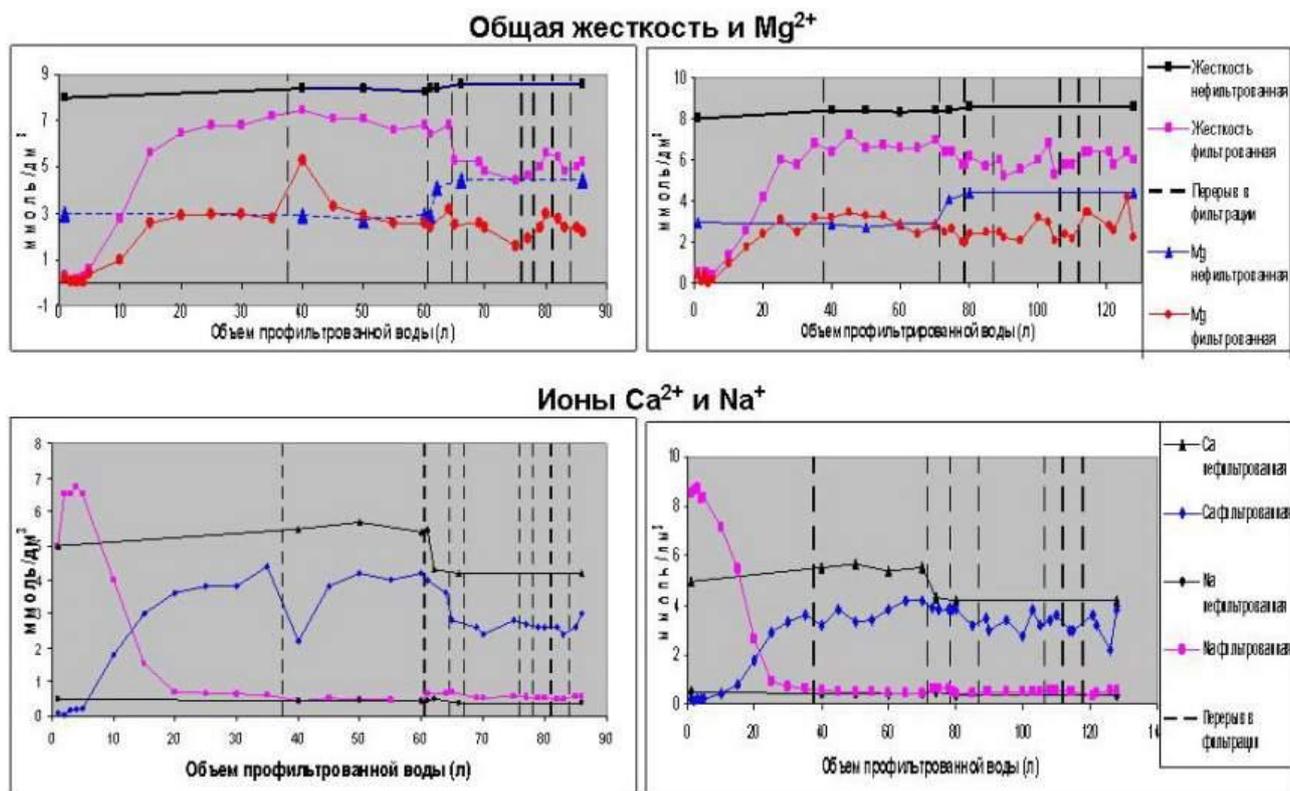


Рис. 1. Изменение содержаний ионов магния, кальция, натрия и значений общей жесткости (в ммоль/дм³) в ходе фильтрации жесткой водопроводной воды (левые рисунки – фильтр “Аквафор”, правые – “Барьер”)

Приведенный краткий обзор качественного состояния систем ХПВ г. Казани свидетельствует о не совсем удовлетворительном положении в этой области. Подобная картина характерна и для многих других российских городов. Учитывая чрезвычайную важность проблемы качества питьевого водоснабжения, которое затрагивает интересы как отдельного гражданина, так и государства в целом, можно заключить, что без целенаправленной и жесткой государственной политики эту проблему не решить. В первую очередь необходимо всемерно поощрять и поддерживать как на региональном, так и федеральном уровнях организацию разнообразных систем питьевого водоснабжения населения и ужесточить контроль за качеством бутылированной и разливаемой в специальных киосках в тару потребителя питьевой воды. Целесообразно при первом выявлении питьевой некондиционности или физиологической неполноценности бутылированных и разливаемых вод предавать широкой огласке, через средства массовой информации, марки воды, пункты их продаж и организаторов розлива, а при повторном выявлении некачественности реализуемых вод лишать лицензий организаторов розлива. Следующим этапом должен стать некоторый пересмотр подходов к недропользованию в ближайшей 10-50 км зоне вокруг крупных городов. При наличии здесь водопроявлений или участков распространения высококачественных питьевых вод их водосборные площади должны в первую очередь использоваться для организации добычи и розлива воды, а также ведения экологически чистого производства – лесное хозяйство, санаторно-курортное лечение, детские летние лагеря, научно обоснованное сельское хозяйство, туризм и т.д. [5]. Природные условия на большей части площади нашей страны пока позволяют организовать эксплуатацию высококачественных питьевых вод в окрестностях городов, что необходимо для удешевления продукции. Так, анализ гидрогеоэкологических материалов по Республике Татарстан, расположенной в зоне достаточного увлажнения, имеющей сульфатно-карбонатно-терригенный характер разреза верхней части платформенного осадочного чехла, и характеризующейся довольно высокой плотностью населения, крупных промышленных

предприятий и интенсивным земледелием, показал, что проявления экологически чистых подземных питьевых вод (или вод высшего питьевого качества), требования к которым являются наиболее жесткими [13], фиксируются выше уровня основных дрен, а вероятность их выявления составляет примерно 3 % [6, 7]. Некоторые проявления таких вод со значительными расходами расположены в ближайших окрестностях Казани, Набережных Челнов, Елабуги, Нижнекамска и при этом они не используются (рис. 2, табл. 4).



Рис. 2. Проявления экологически чистых подземных вод на части территории Татарстана

Таблица 4

Характеристика высокодебитных родников с водой высшего питьевого качества

№ на рис. 2	Местоположение	Индекс гидрогеол. подразд.	Дебит, л/с	Минерализация, мг/дм ³	Гидрогеохимический тип воды
4	с. Мал. Болгояры	P ₂ ur	1,00	319	HCO ₃ /Mg-Ca
9	- // -	K	1,8	248	HCO ₃ /Na-Ca
10	с. Верх.Чекурское	K	2,0	241	HCO ₃ /Ca
11	- // -	K	1,0	252	HCO ₃ /Ca
12	- // -	K	1,5	241	HCO ₃ /Ca
21	с. Керекес	P ₂ kz ₂	3,5	300	HCO ₃ /Mg-Ca
22	д. Верх. Лузы	P ₂ kz ₂	2,0	280	HCO ₃ /Na-Mg-Ca
23	д. Зычешаш	P ₂ kz ₂	7,2	334	HCO ₃ /Na-Ca
24	д. Кабан-Бастрык	P ₂ kz ₂	7,5	330	HCO ₃ /Na-Ca
25	д. Верх.Багряж	P ₂ kz ₂	2,75	275	HCO ₃ /Mg-Ca

Таким образом, наиболее рациональным путем решения проблемы качества питьевого водоснабжения жителей крупных городов является жестко контролируемое расширение

сферы децентрализованного водообеспечения в виде коммерческой реализации бутылированных и разливаемых в специальных киосках природных питьевых вод, которые должны быть физиологически полноценными и более доступными по цене. При этом целесообразным является периодическое освещение в средствах массовой информации степени состояния систем жизнеобеспечения (в т.ч. водоснабжения) населения, качества продуктов и питьевых вод, наиболее добросовестных поставщиков различных услуг и т.д. Достоверная и открытая информация приведет к тому, что более выгодно будет реализовывать качественную продукцию, в нашем случае – более качественные питьевые воды, а это вскоре проявится общим улучшением состояния медицинского благополучия населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев Г. Н. Геоэкология / Г. Н. Голубев – М.: Изд-во ГЕОС, 1999. – 338 с.
2. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2005 г. / научн. ред. Н. П. Торсуев – Казань, 2006. – 494 с.
3. Зекцер И. С. Подземные воды как компонент окружающей среды / И. С. Зекцер – М.: Научный мир, 2001. – 328 с.
4. Мироненко В. А. Проблемы гидрогеоэкологии: Монография в 3 т. / В.А. Мироненко, В.Г. Румынин – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 1998. – Т. 1. Теоретическое изучение и моделирование геомиграционных процессов. – 610 с.
5. Мусин Р. Х. Гидрогеоэкологическое районирование с целью рационального природопользования / Р.Х. Мусин, Р.З. Мусина // Водохозяйственные проблемы и рациональное природопользование: Материалы всеросс. конф. с междуна. участием. В 2 ч. (Оренбург, 13-15 марта 2008 г.) – Оренбург-Пермь, 2008. – Ч. 1. Водохозяйственные проблемы. – С. 213-217.
6. Мусин Р. Х. Экологически чистые природные питьевые воды и вопросы качественного водообеспечения населения (на примере Республики Татарстан) / Р.Х. Мусин, И.С. Нуриев // Вестник ТО РЭА, 2004, № 3. – С. 24-30.
7. Мусин Р. Х. Особенности распространения и условий формирования экологически чистых минеральных природных столовых вод в отдельных промышленных районах востока Европейской России / Р.Х. Мусин, И.С. Нуриев, Ф.А. Муравьев // Геологическое изучение земных недр Республики Татарстан. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2002. – С. 72-75.
8. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир: В 2 т. / Б. Небел – М.: Мир, 1993. Т. 1. – 424 с.
9. Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. – 12 с.
10. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1074-01. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2001. – 111 с.
11. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества: Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1116-02. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2002. – 26 с.
12. Плотников Н. И. Введение в экологическую гидрогеологию: Научно-методические основы и прикладные разделы / Н.И. Плотников – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 240 с.
13. Экологически чистые подземные питьевые воды (минеральные природные столовые). Рекомендации по обоснованию перспективных участков для добычи с целью промышленного розлива. – М.: ГИДЭК, 1998. – 31 с.
14. Экология, охрана природы, экологическая безопасность / под ред. А. Т. Никитина, С. А. Степанова – М.: Издательство МНЭПУ, 2000. – 648 с.