

Р.Х. Мусин, Н.А. Курлянов, З.Г. Файзрахманова, Р.З. Мусина
Казанский федеральный университет, г. Казань
E-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru

О качестве вод, используемых в системах питьевого водоснабжения города Казани

Питьевое водоснабжение г. Казани осуществляется на основе разнотипных вод. Рассмотрено качество вод систем централизованного водоснабжения; родниковых и бутилированных вод; вод, реализуемых в специализированных киосках; частично замороженной и профильтрованной через популярные фильтры «Аквафор», «Барьер», «Prima» водопроводной воды. Показано, что ситуация с питьевым водоснабжением города не совсем удовлетворительная. Для решения этой проблемы предлагается контролируемое расширение сферы децентрализованного водообеспечения в виде реализации бутилированных и разливаемых в специальных киосках природных физиологически полноценных и доступных по цене питьевых вод. Также рассматривается необходимость пересмотра подходов к недропользованию в ближайшей 5-20 км окрестной зоне крупных городов. При наличии здесь проявлений высококачественных питьевых вод их водосборные площади должны использоваться для ведения экологически чистого производства, включая организацию добычи и розлива воды.

Ключевые слова: качество питьевой воды, бутилированная вода, фильтры для доочистки водопроводной воды, физиологически полноценные воды.

Введение и постановка задачи

Роль и современное состояние природных вод можно охарактеризовать следующими хорошо известными данными – около 80 % всех заболеваний связано с употреблением некачественной воды; в России к началу XXI в. было загрязнено примерно 70 % поверхностных вод и около 30 % объёма пресных подземных вод; 70 % предприятий жилищно-коммунального хозяйства подают потребителям воду, качество которой не отвечает санитарным нормам (Зекцер, 2001; Плотников, 1998; Экологически чистые, 1998). В связи с этим, в последние 20 лет в нашей стране стали бурно развиваться системы водообеспечения, дополняющие централизованное хозяйственно-питьевое водоснабжение (ХПВ), – использование родниковых и бутилированных вод, фильтровых установок и др. Реализация питьевой воды в различных формах и бытовых фильтров по доочистке водопроводной воды в крупных городах стала высокодоходным бизнесом, а ситуация с питьевым водоснабжением на первый взгляд приобрела удовлетворительный характер. Анализ состояния этого водоснабжения и качества используемых питьевых вод представляет весьма актуальную задачу. Так рассмотрение качественных характеристик различных систем водообеспечения некоторых городов и работоспособности отдельных типов фильтров выявило достаточно много негативных фактов и явлений, которые, к сожалению, не подвергаются широкому обсуждению и остаются малоизвестными (Иванов и др., 2010; 2012; Шепелев, Федорова, 2010; Хващевская, Копылова, 2012).

Цель работы – оценка качества вод, используемых в качестве питьевых в г. Казани, и обоснование наиболее эффективных мер по улучшению систем децентрализованного водообеспечения города.

Объекты и методы исследования

Водоснабжение г. Казани, как и многих других крупных российских городов (Москва, Санкт-Петербург, Н. Новгород и др.), базируется на использовании поверхностных вод. Централизованное ХПВ города осуществляет за счет 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 его выходе довольно высокое, так из более чем 50 тысяч ежегодно проводимых химических и бактериологических анализов воды, количество анализов, не соответствующих питьевому стандарту, составляет не более 3 % (Государственный доклад, 2006). Производительность подземных водозаборов обычно не превышает 30 тыс. м³/сут. Они капают воды плиоцен-четвертичного терригенного или казанского сульфатно-терригенно-карбонатного водоносных комплексов, характеризующихся приповерхностным развитием и сравнительно высокой водообильностью (Каштанов, 1979), и используются для ХПВ отдельных микрорайонов, удаленных от центральной части города, – пос. Аки, Дербышки, Кадышево, Нагорный и др. В отдельных случаях применяется смешение вод Волжского и подземных водозаборов. Качество систем централизованного ХПВ оценивалось по анализу водопроводной воды, отобранной прямо «из-под крана».

Непосредственно у потребителей водопроводная волжская вода очень часто отличается неблагоприятными органолептическими свойствами – возможность появления запаха, повышенной мутности, проявление цветности; а воды многих подземных источников, в первую очередь казанского водоносного комплекса, характеризуются повышенной жёсткостью (здесь и далее понимается общая жёсткость). Это и определило вышеотмеченную популярность питьевого использования другого типа вод и разнообразных фильтров. По недавним проведенным опросам населения доля казанцев, использующих бутилированную воду, составляет 30 %; фильтры для доочистки водопроводной воды – 25 %; воду, реализуемую в специальных киосках «Ключ здоровья», которые сейчас установлены по всему городу, – 5-10 %; остальные горожане потребляют водопроводную воду, при этом не исключается использование воды популярных родников (Иванов и др., 2010).

Окрестности Казани довольно богаты выходами родниковых вод. В аналитическом отношении был изучен

лишь широко известный Акинский родник, расположенный на северо-восточной окраине города (пос. Аки, дебит 5 л/с).

В настоящее время в Казани в разных формах распространяется не менее 50 торговых марок бутилированной воды. Особенности состава были определены для негазированных разновидностей 17 наиболее популярных марок воды, реализуемых в торговых центрах, и 6 марок, доставляемых заказчику многими коммерческими организациями в крупных ёмкостях (19 л). Также были проанализированы воды, разливаемые в специальных киосках, принадлежащих компании «Вамин».

Наиболее широко используемыми фильтрами для доочистки водопроводной воды являются фильтры кувшинного типа «Аквафор» и «Барьер». Они компактны, просты и удобны в использовании, а также наиболее экономичны (стоимость сменного модуля очистки составляет 150-180 руб.). Модули очистки (картриджи) этих фильтров заполнены активированным углем и ионно-обменной смолой. Ионно-обменный процесс очистки применяется и в других фильтрах, картриджи которых могут содержать и блоки для минерализации воды. Такие фильтры обычно имеют более крупные размеры и более высокую стоимость. Одним из них является интенсивно рекламируемый фильтр «Prima». Авторами изучена эффективность работы указанных трех типов бытовых фильтров путем анализа отдельных порций профильтрованной

воды, при этом через «Аквафор» было пропущено 86 литров однотипной водопроводной воды, через «Барьер» – 128 л, через «Prima» – 100 л. В фильтры вода заливалась последовательно: в «Аквафор» и «Барьер» по 1 литру, в «Prima» – 2 л.

В последнее время популярным становится использование в качестве питьевой талой воды – продукта частичной заморозки обычной воды. Во многом это связано с широким освещением в средствах массовой информации её лечебных свойств. Частичная заморозка воды является очень эффективным средством её очистки практически от всех минеральных и органических веществ. При этом незамёрзшую часть воды, где и происходит концентрирование растворенных компонентов, необходимо удалить, а в качестве питьевой использовать замёрзшую часть после её оттайки. Медики советуют дополнительно убирать самую первую ледяную корку, характеризующуюся кристаллизацией тяжёлой (дейтериевой) воды (Иванов и др., 2010). Особый интерес представляют качественные характеристики талой воды, полученной при различной степени заморозки определённого вида первичной воды. Они выявлены для двух типов водопроводной воды, отличающихся по минерализации и другим показателям состава. При этом анализировались как замёрзшая, так и незамёрзшая части с целью проверки сходимости солевого баланса с первичной водой.

Аналитические исследования заключались в проведении

сокращенного по (Отраслевой стандарт, 1986) химического анализа воды с определением – рН, электропроводности, концентраций кремнекислоты (SiO_2), $\text{Fe}_{\text{общ}}$ и ионов: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , а также перманганатной окисляемости, расчетной и кондуктометрической минерализации (17 параметров). При этом использовались титриметрический, потенциометрический, кондуктометрический, спектрофотометрический, атомно-абсорбционный методы анализа, которые велись по гостированным методикам (Резников и др., 1970 и др.). При изучении работоспособности фильтров на начальном этапе их использования (фильтрация первых 5 литров) в каждом литре фильтратов сразу определялись рН, кондуктометрическая минерализация, концентрации Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и K^+ . Далее эти же параметры фиксировались через каждые последующие 5 литров. Полный же перечень компонентов в фильтрах выявлялся в меньшем количестве проб (примерно через 5-30 литров). Также периодически проводилось опре-

Разновидности вод	Местоположение пункта опробования	Формула ионного состава	Категории качества	
			обычная питьевая вода	вода более высокого кач-ва
Система централизованного ХПВ	Первично волжская вода	Вахитовский р-н, ул. Кремлевская $M_{0,4} \frac{\text{SO}_4 59 \text{HCO}_3 29 \text{Cl} 11 \text{NO}_3 1}{\text{Mg} 52 \text{Ca} 44 \text{Na} 4}$	+	–
		Ново-Савин. р-н, ул. Меридианная $M_{0,36} \frac{\text{SO}_4 45 \text{HCO}_3 41 \text{Cl} 13 \text{NO}_3 2}{\text{Ca} 58 \text{Mg} 35 \text{Na} 7}$	+	–
		Московский р-н, ул. Батыршина $M_{0,36} \frac{\text{HCO}_3 58 \text{SO}_4 26 \text{Cl} 15 \text{NO}_3 1}{\text{Ca} 55 \text{Mg} 38 \text{Na} 7}$	+	–
		мкр. Горки, ул. Дубравная $M_{0,4} \frac{\text{HCO}_3 39 \text{SO}_4 37 \text{Cl} 22 \text{NO}_3 2}{\text{Ca} 54 \text{Mg} 41 \text{Na} 5}$	+	–
		мкр. Азино, ул. Сахарова $M_{0,33} \frac{\text{HCO}_3 49 \text{SO}_4 35 \text{Cl} 15 \text{NO}_3 1}{\text{Ca} 57 \text{Mg} 32 \text{Na} 10 \text{K} 1}$	+	–
Система централизованного ХПВ	Поверх. и подз. воды	Советский р-н, ул. Пионерская $M_{0,59} \frac{\text{HCO}_3 44 \text{SO}_4 43 \text{Cl} 12 \text{NO}_3 1}{\text{Ca} 59 \text{Mg} 35 \text{Na} 6}$	– (Ж –1,14; Ок –1,12)	–
		пос. Дербышки, ул. Мира $M_{1,5} \frac{\text{SO}_4 58 \text{HCO}_3 35 \text{Cl} 15 \text{NO}_3 2}{\text{Ca} 79 \text{Mg} 14 \text{Na} 7}$	– (М – до 1,5; Ж – до 3)	–
Родниковые воды	Акинский родник $M_{0,61} \frac{\text{HCO}_3 65 \text{SO}_4 28 \text{Cl} 15 \text{NO}_3 2}{\text{Ca} 74 \text{Mg} 25 \text{Na} 1}$	– (Ж.–1,1)	–	
Вода в специализированных киосках	Советский р-н, ул. Аделя Кутуя $M_{0,47} \frac{\text{HCO}_3 90 \text{Cl} 8 \text{SO}_4 1 \text{NO}_3 1}{\text{Na} 97 \text{Ca} 2 \text{Mg} 1}$	+	–	
	Ново-Савин. р-н, ул. Меридианная $M_{0,49} \frac{\text{HCO}_3 84 \text{SO}_4 8 \text{Cl} 7 \text{NO}_3 1}{\text{Na} 97 \text{Ca} 3}$	+	–	

Табл. 1. Качественная характеристика водопроводной, родниковой воды и воды специализированных киосков. В четвёртой графе в скобках отражены параметры состава воды, определяющие её питьевую некондиционность (М – минерализация, Ж – жёсткость, Ок – перманганатная окисляемость), и коэффициенты превышения ПДК.

деление состава первичной фильтруемой воды.

Качество питьевых вод определялось на основе их химического состава и оценки органолептических свойств.

При этом учитывались следующие 4 категории качества питьевых вод – обычная питьевая вода систем централизованного ХПВ (Питьевая вода, 2001), бутилированная

№ п/п	Торговая марка воды	Тип и расположение 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.	15	Бутил. высшей кат.	$M_{0,29} \frac{HCO_3 83 SO_4 13 Cl 3 NO_3 1}{Ca 55 Mg 34 Na 7 K 4}$	Бутил. высшей кат.
2	Аква-Вита	Скваж., Лаишевский район РТ	10	Бутил. первой кат.	$M_{0,22} \frac{HCO_3 74 SO_4 11 Cl 10 NO_3 5}{Mg 52 Ca 40 Na 8}$	Бутил. первой кат.
3	Аква-Минерале	Скваж., Московская обл.	19	Бутил. первой кат.	$M_{0,06} \frac{HCO_3 52 SO_4 35 Cl 10 NO_3 3}{Na 67 Ca 25 K 8}$	Бутил. первой кат.
4	Альдермышский источник	Скваж., Высококорск. район РТ	10	Бутил. первой кат.	$M_{0,4} \frac{HCO_3 77 SO_4 21 Cl 2}{Ca 56 Mg 38 Na 5 K 1}$	Бутил. первой кат.
5	Архыз	Карачаево-Черкесская Республика	10	–	$M_{0,25} \frac{HCO_3 79 SO_4 11 Cl 10}{Mg 48 Na 47 Ca 5}$	Бутил. первой кат.
6	Бахэтле	Скваж., г. Казань	12	Бутил. первой кат.	$M_{0,46} \frac{HCO_3 84 SO_4 8 Cl 8}{Na 96 Ca 3 K 1}$	Бутил. первой кат.
7	Бон-Аква	«Очищенная» в/проводная вода, г. Самара	23	Бутил. первой кат.	$M_{0,3} \frac{Cl 63 SO_4 21 HCO_3 13 NO_3 3}{Mg 50 Ca 32 Na 17 K 1}$	Обычн. питьев. вода
8	Вамин	«Очищенная» родник. вода, Арск. р-н РТ	3,5	Бутил. первой кат.	$M_{0,6} \frac{HCO_3 81 SO_4 10 Cl 7 NO_3 2}{Na 98 Ca 1 Mg 1}$	Бутил. первой кат.
9	Волжанка	Скваж., Ульянов. обл.	10	Бутил. высшей кат.	$M_{0,37} \frac{HCO_3 58 SO_4 34 Cl 8}{Ca 37 Mg 37 Na 25 K 1}$	Бутил. высшей кат.
10	Живой Ключ	Скваж., Лаишевский район РТ	8	Бутил. высшей кат.	$M_{0,29} \frac{HCO_3 80 SO_4 18 Cl 1 NO_3 1}{Ca 78 Mg 17 Na 1 K 1}$	Бутил. первой кат.
11	Казань 1000-летняя	«Очищенная» родник. вода, Арск. р-н РТ	8	–	$M_{0,56} \frac{HCO_3 83 SO_4 13 Cl 4}{Na 96 Ca 3 Mg 1}$	Бутил. первой кат.
12	Липецкий бювет	Скваж., г. Липецк	15	Бутил. высшей кат.	$M_{0,2} \frac{HCO_3 63 SO_4 22 Cl 10 NO_3 5}{Ca 80 Na 12 Mg 6 K 2}$	Бутил. первой кат.
13	Мензелинка	Скваж., Мензелинск. р-н РТ	12	–	$M_{0,42} \frac{HCO_3 87 SO_4 9 Cl 4}{Na 96 Ca 2 Mg 2}$	Бутил. первой кат.
14	Оли-Роли	Скваж., Лаишевский район РТ	10	Бутил. высшей кат.	$M_{0,13} \frac{HCO_3 53 SO_4 24 Cl 21 NO_3 2}{Ca 44 Mg 44 Na 10 K 2}$	Бутил. первой кат.
15	Раифский источник	Скваж., Зеленод. р-н РТ	8-10	Бутил. первой кат.	$M_{0,4} \frac{HCO_3 76 SO_4 20 Cl 4}{Na 45 Mg 29 Ca 25 K 1}$	Бутил. первой кат.
16	Родники России	Источник, Ставрополье	15	–	$M_{0,6} \frac{HCO_3 74 SO_4 13 Cl 12 NO_3 1}{Na 88 Ca 8 Mg 3 K 1}$	Бутил. первой кат.
17	Сестрица	Скваж., Республика Марий-Эл	8	–	$M_{0,3} \frac{SO_4 46 HCO_3 44 Cl 7 NO_3 3}{Ca 44 Mg 38 Na 18}$	Бутил. первой кат.
18	Хотнинская	Скваж., Арский р-н РТ	8-10	Бутил. первой кат.	$M_{0,6} \frac{HCO_3 72 SO_4 26 Cl 2}{Ca 68 Mg 27 Na 4 K 1}$	Бутил. первой кат.
19	Хрустальный колодец	Скваж., г. Набережные Челны	12	–	$M_{0,5} \frac{HCO_3 75 SO_4 19 Cl 15 NO_3 1}{Ca 40 Na 31 Mg 27 K 2}$	Бутил. первой кат.
20	Шифа	Скваж., Лениногорский р-н РТ	14	Бутил. первой кат.	$M_{0,7} \frac{HCO_3 51 SO_4 44 Cl 14 NO_3 1}{Na 51 Ca 31 Mg 17 K 1}$	Бутил. первой кат.
21	Шифалы-Су	Скваж., Менделеевск. р-н РТ	10	Бутил. первой кат.	$M_{0,64} \frac{HCO_3 65 SO_4 27 Cl 8}{Ca 60 Mg 35 Na 5}$	Непитьевое

Табл. 2. Качественная характеристика бутилированных негазированных вод. В 4 графе полужирным курсивом приведена стоимость воды, доставляемой заказчику в 19 ёмкостях, обычным шрифтом – стоимость воды в 1,5 л бутылках, которые приобретались в крупных торговых центрах; физиологически неполноценными являются воды торговых марок под номерами 3, 6, 8, 11, 13, 14, 16; «Шифалы Су» характеризуется высокой жёсткостью (9,2 ммоль/дм³), в связи с чем, эта вода не может быть рекомендована для ежедневного употребления.

вода первой и высшей категорий (Питьевая вода, 2002), а также требования к экологически чистым подземным водам высшего питьевого качества (Экологически чистые, 1998). Наименее строгими являются требования к качеству первого типа вод, а наиболее жесткими – к четвертому. Эти нормативные требования для обычных питьевых вод и бутилированных вод первой категории включают лишь предельно-допустимые концентрации (ПДК) отдельных компонентов и лишь в единичных случаях, например для pH, они фиксируют необходимый диапазон значений (минимум-максимум). Такой подход определяет безвредность воды, но не характеризует её физиологическую полноценность, которая должна отражаться не только предельными верхними, но и нижними концентрациями компонентов, т.к. многие из них (Ca, Mg и др.) мы должны получать именно из воды. Физиологическая полноценность воды учитывается требованиями к качеству третьего и четвертого отмеченных типов питьевых вод.

Гидрогеохимический тип воды определялся согласно (Отраслевой стандарт, 1986), по которому при наименовании воды учитываются компоненты с концентрациями 20 и более %-моль, а перечисление анионов и катионов идет в порядке возрастания их содержаний.

Результаты и их обсуждение

Вода Волжского водозабора у потребителей отличается благоприятным макрокомпонентным составом (Табл. 1). Она умеренно минерализована (0,3-0,5 г/дм³), довольно мягкая (жесткость 4,4-6 ммоль/дм³), что определяется особенностями состава воды Куйбышевского водохранилища, минерализация которой в летнюю межень обычно не превышает 0,4 г/дм³, а жесткость – 4-5 ммоль/дм³. Но органолептические свойства этой воды, как ранее отмечалось, далеко не идеальны. Некоторые флуктуации её химического состава в разных частях города определяются вариациями времени опробования, а также протяженностью и состоянием водопроводных сетей.

Подземные воды пермских отложений, используемые

для централизованного ХПВ, отличаются повышенной минерализацией и жесткостью, отчего страдают жители пос. Аки, Дербышки, Нагорный, куда вода подается с Акинского водозабора. Одноименный родник, дренирующий терригенно-карбонатные образования верхнеказанского подъяруса, характеризуется жестковатой водой (7,8 ммоль/дм³). При этом качество воды Акинского родника превышает таковое других известных родников, где лимитирующими их питьевого использования в дополнение к жесткости могут выступать и сверхпредельные содержания соединений азота, органических веществ, железа и ряда тяжелых металлов.

Следует особо остановиться на качестве воды, реализуемой в специализированных киосках «Ключ Здоровья». Она имеет гидрокарбонатный натриевый (содовый) состав и отличается крайне низкой жесткостью – 0,1-0,2 ммоль/дм³. Это обуславливает физиологическую неполноценность данной воды, т.к. минимальное суммарное содержание в воде крайне необходимых нам ионов Ca и Mg должно быть не менее 1,5 ммоль/дм³. Поэтому воду специализированных киосков нецелесообразно употреблять детям и пожилым людям, так как ультрамягкая вода неблагоприятна для развития костной системы и при проявлении сердечно-сосудистых и др. заболеваний. Отмеченные особенности состава этой воды определяются тем, что она является продуктом многоступенчатой очистки (озонирование, обезжелезивание, умягчение и др.) подземных вод пермских отложений, отбираемых в районе г. Арска Республики Татарстан. В природных же условиях РТ, характеризующихся широким развитием в верхней части геологического разреза относительно хорошо растворимых карбонатных и, реже, сульфатных соединений кальция и магния (известняки, доломиты, гипсы), формирование такого типа вод маловероятно. Здесь только жесткость атмосферных осадков составляет как минимум 0,2 ммоль/дм³, а их даже кратковременное взаимодействие с почвами и хорошо промытыми плиоцен-четвертичными глинисто-песчаными

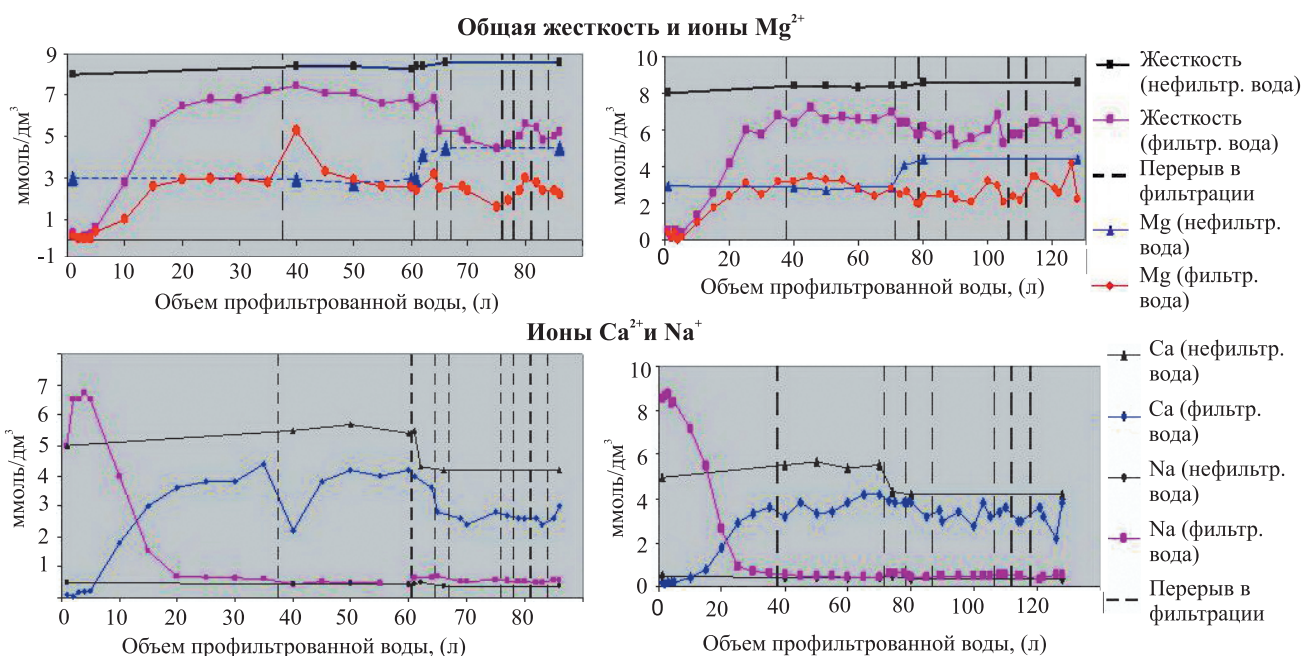


Рис. Изменение содержаний ионов магния, кальция, натрия и значений общей жесткости (в ммоль/дм³) в ходе фильтрации умеренно жесткой водопроводной воды (левые рисунки – «Аквафор», правые – «Барьер»).

породами приводит к увеличению жёсткости неглубоко залегающих подземных вод до 0,8-1 ммоль/дм³, взаимодействие же с пермскими отложениями – как минимум до 2-3 ммоль/дм³ (Мусин и др., 2013).

Особенностью бутилированных негазированных вод является то, что из 21 проанализированных наиболее популярных торговых марок лишь единичные типы отвечают водам высшей категории качества, хотя стоимость воды во многих случаях довольно значительная (Табл. 2). Также неблагоприятным фактом выступает то, что качество некоторых типов вод не отличается физиологической полно-

ценностью в связи с их крайне низкой жёсткостью и, реже, минерализацией. Реализуемые ультрамягкие воды, как и воды, разливаемые в киосках компании «Вамин», прошли довольно сложную водоподготовку с использованием ионно-обменных и мембранных фильтров. Особенностью первых является то, что на их выходе вода отличается нормальной минерализацией – 0,4-0,6 г/дм³, что лишь несколько ниже общего содержания первичной воды, и натриевым катионным составом – концентрации Na⁺ достигают 90-98 %-моль, при общей жёсткости 0,2-0,8 ммоль/дм³ (такими особенностями состава характеризуются воды торговых марок «Бахэтле», «Вамин», «Казань 1000-летняя», «Мензелинка», «Родники России»). Мембранные же фильтры (установки обратного осмоса) на выходе дают практически дистиллированную воду, которую далее необходимо искусственно насыщать солями. В зависимости от типа и количества последних воды могут обладать варьирующими в широких пределах макрокомпонентным составом и минерализацией. Мембранные технологии водоочистки могли быть применены при подготовке вышеуказанных мягких вод, и они скорее всего использовались при водоподготовке «Аква-Минерале», судя по её крайне низкой минерализации, характерной для атмосферных осадков, и «Бон-Аква» – в связи с её сульфатно-хлоридным анионным составом при содержании 0,28 г/дм³, что обычно не характерно для природных вод.

Заморозке различных степеней были подвергнуты водопроводные разности воды с ул. Пионерская и пос. Дербышки (Табл. 1, 3), жёсткости которых в момент проведения анализов составляли, соответственно, 8,0-8,6 и 18,6-21,0 ммоль/дм³. Степень очистки от минеральных примесей первого типа воды варьирует от 65-75 % при степени заморозки 0,75 до 90-98 % при заморозке 0,25; а у воды пос. Дербышки соответствующие показатели составляют – от 20-60 % при степени заморозки 0,55 до 60-84 % при заморозке 0,25.

№ п/п	Разновидности вод	Формула ионного состава	Категории качества	
			обычная питьевая вода	вода более высокого пит. качества
1	Талая вода (степень заморозки 0,25)	$M_{0,08} \frac{SO_4 58 HCO_3 37 Cl 4 NO_3 1}{Ca 65 Mg 22 Na 12 K 1}$	+	Бутилированная первой категор.
2	Талая вода (степень заморозки 0,5)	$M_{0,1} \frac{SO_4 48 HCO_3 43 Cl 7 NO_3 2}{Ca 62 Mg 32 Na 5 K 1}$	+	Бутилированная первой категор.
3	Талая вода (степень заморозки 0,75)	$M_{0,19} \frac{SO_4 63 HCO_3 29 Cl 7 NO_3 1}{Ca 55 Mg 40 Na 5}$	+	Бутилированная первой категор.
4	Талая вода (степень заморозки 0,23)	$M_{0,33} \frac{SO_4 56 HCO_3 27 Cl 16 NO_3 1}{Ca 82 Na 10 Mg 7 K 1}$	+	Бутилированная первой категор.
5	Талая вода (степень заморозки 0,55)	$M_{0,6} \frac{SO_4 77 HCO_3 20 Cl 3}{Ca 68 Mg 21 Na 10 K 1}$	+	–
6	Фильтрован. вода (5-й литр – «Аквафор»)	$M_{0,48} \frac{SO_4 62 HCO_3 26 Cl 11 NO_3 1}{Na 81 K 10 Mg 6 Ca 3}$	+	–
7	Фильтрован. вода (15-й литр – «Аквафор»)	$M_{0,63} \frac{SO_4 66 HCO_3 25 Cl 8 NO_3 1}{Na 33 Ca 33 Mg 28 K 6}$	+	–
8	Фильтрован. вода (25-й литр – «Аквафор»)	$M_{0,6} \frac{SO_4 60 HCO_3 31 Cl 8 NO_3 1}{Ca 48 Mg 38 Na 13 K 1}$	+	–
9	Фильтрован. вода (50-й литр – «Аквафор»)	$M_{0,53} \frac{SO_4 59 HCO_3 31 Cl 9 NO_3 1}{Ca 56 Mg 38 Na 6}$	+	–
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»)	$M_{0,53} \frac{SO_4 62 HCO_3 27 Cl 10 NO_3 1}{Na 66 Mg 22 Ca 10 K 2}$	– (pH 0,99)	–
13	Фильтрован. вода (25-й литр – «Барьер»)	$M_{0,55} \frac{SO_4 64 HCO_3 27 Cl 8 NO_3 1}{Mg 50 Ca 37 Na 12 K 1}$	– (pH 0,99)	–
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 (128-й литр – «Барьер»)	$M_{0,41} \frac{SO_4 43 HCO_3 43 Cl 12 NO_3 2}{Ca 58 Mg 34 Na 8}$	+	–
18	Фильтрован. вода (2-й литр – «Прима»)	$M_{1,48} \frac{SO_4 57 HCO_3 36 Cl 6 NO_3 1}{Na 64 Ca 24 Mg 8 K 4}$	–	–

Табл. 3. Особенности состава жесткой водопроводной воды, подвергнутой частичной заморозке и фильтрации через бытовые фильтры «Аквафор», «Барьер» и «Прима». Первые три разности талой воды получены при заморозке водопроводной воды с ул. Пионерская (Табл. 1), остальные две – воды пос. Дербышки.

Для получения безвредного и физиологически полноценного продукта степень заморозки воды типа дербышкинской должна составлять 0,25-0,3, а всех других типов казанской водопроводной воды – не менее 0,5-0,7.

Эффективность работы популярных и доступных фильтров «Аквафор» и «Барьер» с картриджами для умягчения воды проверялась на основе умеренно жёсткой воды с ул. Пионерская, а фильтр «Прима» был использован для очистки воды пос. Дербышки. Принцип действия всех трёх фильтров одинаковый. В них реализуются сорбционные процессы (на активированном угле) и ионно-обменные реакции, но их ход и результаты фильтрации довольно сильно различаются, что связано с особенностями состава использованной первичной воды.

Фильтры «Аквафор» и «Барьер» работают практически идентично. Они снижают жёсткость воды до приемлемого уровня, при этом на начальных этапах фильтрации (первые 20-40 литров водопроводной воды) её уменьшение происходит за счет ионно-обменных процессов, а потом – за счет сорбции ионов кальция и магния (Рис.). Также в ходе фильтрации снижаются в различной степени значения: минерализации (с 575-655 до 344-646 мг/дм³), рН (с 7,03-7,18 до 5,27-6,85), перманганатной окисляемости (с 7,84-8,0 до 0,32-4,0 мгО/дм³), концентраций гидрокарбонат-ионов (с 220-256 до 61-170 мг/дм³), а сульфаты и хлориды ведут себя индифферентно. Здесь неблагоприятным является поведение рН. За счет ионного обмена концентрации ионов водорода в фильтрах иногда увеличиваются до 10^{-3,3} моль/дм³, что определяет их питьевую некондиционность (норматив по рН для обычных питьевых вод 6-9). В целом, преобладающие значения рН в профильтрованных через оба фильтра водах составляют 6,0-6,3. Это допускается для обычных питьевых вод, но в водах более высокого качества значения этого показателя должны быть 6,5-8,5.

Фильтр «Прима» несмотря на свою высокую стоимость (2-3 тыс. руб.) и чрезвычайно эффективные паспортные характеристики не смог справиться с жёсткой и минерализованной водой, подаваемой в пос. Дербышки. Из 100 литров полученной профильтрованной воды ни один не отвечал питьевым стандартам (в связи с этим в таблице 3 приведены результаты лишь одного анализа). Из них первые 7-8 литров отличались гидрокарбонатно-сульфатным кальциево-натриевым составом с минерализацией около 1500 мг/дм³ (при ПДК – 1000 мг/дм³), жёсткостью – 8-12 ммоль/дм³ (ПДК – 7 ммоль/дм³) и концентрациями Na⁺ – 220-283 мг/дм³ (ПДК – 200 мг/дм³). Впоследствии жёсткость непрерывно увеличивалась и к 30 литру достигла 17 ммоль/дм³, что было ненамного ниже жёсткости первичной воды; концентрации Na⁺ достигли уровня первичных значений (~20 мг/дм³) к 35-40 литру, а гидрогеохимический тип воды стал гидрокарбонатно-сульфатным кальциевым и магниевым-кальциевым. Также фильтр «Прима» практически никак не влияет на сульфатность вод. Так содержания сульфат-иона в первичной воде составляли 574-665 мг/дм³ (ПДК – 500 мг/дм³), а в фильтрах – 478-645 мг/дм³.

Использование в бытовых условиях для очистки воды метода её частичной заморозки очень эффективно, также довольно эффективно применение ионно-обменных фильтров для доочистки водопроводной минерализованной до

800-900 мг/дм³ и умеренно жёсткой до 8-9 ммоль/дм³ воды с повышенной до 8-10 мгО/дм³ окисляемостью (для воды с более высокими значениями минерализации и жёсткости необходимы уже мембранные фильтры). Но есть и некоторые несколько негативные особенности такой очистки. При заморозке и использовании фильтров типа «Аквафор» и «Барьер» 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 15-20 литров фильтратов отличаются натриевым составом. Так, при заморозке и фильтрации первично гидрокарбонатных и сульфатно-гидрокарбонатных магниевых-кальциевых вод (пример с водопроводной водой с ул. Пионерская) анионный состав талой и профильтрованной воды является гидрокарбонатно-сульфатным, катионный же состав талой воды не меняется, а профильтрованной становится близким к первичному по мере увеличения её объёма (Табл. 3).

Медицинскими же исследованиями неоднократно было показано, что наиболее благоприятным является гидрокарбонатный кальциевый и магниевый-кальциевый состав питьевых вод (Иванов и др., 2010 и др.). Также при фильтрации происходит снижение рН воды, иногда ниже порогового уровня, а заморозка невысокой степени определяет крайне низкие значения минерализации и жёсткости талой воды. Кроме этого, частичное замораживание водопроводной воды или её фильтрация через указанные фильтры могут улучшить качество воды лишь до уровня бутилированных вод первой категории. Мембранные фильтры более эффективны чем ионно-обменные или сорбционные по степени обессоливания воды, но, как указывалось, фильтрованные воды далее необходимо минерализовывать, т.к. практически дистиллированная вода в физиологическом отношении является «мёртвой».

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 страны в целом, можно заключить, что без целенаправленной и жёсткой государственной политики эту проблему не решить. Единственным возможным, экологически и экономически обоснованным выходом из данной неблагоприятной ситуации является организация децентрализованного качественного питьевого водоснабжения, которое начало оформляться, большей частью стихийно, 20 лет назад. 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 бутилированной и разливаемой в специальных киосках в тару потребителя питьевой воды. Целесообразно при первом выявлении питьевой некондиционности или физиологической неполноценности бутилированных 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 5-20 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.

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 вод категории высшего питьевого качества, требования к которым являются наиболее жесткими, фиксируются выше уровня основных дрен, а вероятность их выявления составляет примерно 3 %. Некоторые проявления таких вод со значительными расходами расположены в ближайших окрестностях Казани, Набережных Челнов, Елабуги, Нижнекамска, и при этом они не используются, а их водосборные площади никак не защищены (Мусин, Нуриев, 2004).

Можно брать любую воду, очищать её и (или) кондиционировать, получать сертификаты соответствия и реализовывать. Но употреблять лучше природную физиологически полноценную воду, т.к. воды искусственного состава по биологической усвояемости макро- и микроэлементов значительно уступают водам с натуральным химическим составом. Кроме этого, при кондиционировании возникают проблемы по дозированию химических веществ, а при использовании наиболее эффективных мембранных фильтров происходит и разрушение структуры воды, играющей важнейшую роль в протекании биохимических процессов (Иванов и др., 2010). При необходимости доочистки природных вод желательнее использовать лишь наиболее простые и щадящие методы (аэрирование, механическая фильтрация), не приводящие к существенному изменению их состава и свойств, а если это не позволяет довести качество воды до высокого питьевого стандарта, то необходимо сменить сам водисточник. Не зря многие специалисты, годами проводившие исследования в области влияния разнотипных вод на здоровье населения, высказываются в следующем ключе – «Нет ничего лучше качественной природной воды того места, где живешь».

Выводы

Наиболее рациональным путем решения проблемы качества питьевого водоснабжения жителей крупных городов является жестко контролируемое расширение сферы децентрализованного водообеспечения в виде коммер-

ческой реализации бутилированных и разливаемых в специальных киосках **природных** питьевых вод, которые должны быть физиологически полноценными и 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.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Литература

- 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.
- Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. М.: Научный мир. 2001. 328 с.
- Иванов А.В., Амиров Н.Х., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х. Вода вокруг нас. Энциклопедия потребителя питьевой воды. Казань: Дом печати. 2010. 288 с.
- Иванов А.В., Тафеева Е.А., Давлетова Н.Х., Вавашкин К.В. Бутилированные питьевые воды Республики Марий Эл: гигиеническая оценка качества и технологий водоподготовки. *Сб. трудов III Межд. конг. «Чистая вода. Казань»*. Казань: «Куранты». 2012. С. 181-183.
- Мусин Р. Х., Нуриев И. С. Экологически чистые природные питьевые воды и вопросы качественного водообеспечения населения (на примере Республики Татарстан). *Вестник ТО РЭА*. № 3. 2004. С. 24-30.
- Мусин Р. Х., Файзрахманова З. Г., Загидуллина К.Р., Мусина Р. З. Вариации и условия формирования состава природных вод в отдельных регионах Татарстана. *Гидрогеология сегодня и завтра: наука, образование, практика: Мат. межд. научн. конф.* М.: МАКС Пресс. 2013. С. 334-341.
- Отраслевой стандарт. Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре. М.: ВСЕГИНГЕО. 1986. 12 с.
- Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1074-01. М.: Инф.-издат. центр Госкомсанэпиднадзора России. 2001. 111 с.
- Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества: Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.4.1116-02. М.: Инф.-издат. центр Госкомсанэпиднадзора России. 2002. 26 с.
- Плотников Н. И. Введение в экологическую гидрогеологию: Научно-методические основы и прикладные разделы. М.: Изд-во МГУ. 1998. 240 с.
- Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю. Методы анализа природных вод. М.: Недра. 1970. 488 с.
- Хвощевская А. А., Копылова Ю. Г. Качество расфасованной в емкости питьевой воды г. Томска. *Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Мат. Всерос. конф.* Томск: Изд-во НТЛ. 2012. С. 185-187.
- Шепелев В. В., Федорова С. В. Эффективный путь рационального использования ресурсов подземных вод для питьевого водоснабжения. *Ресурсы подземных вод: Современные проблемы изучения и использования: Мат. межд. научн. конф.* М.: МАКС Пресс. 2010. С. 205-210.
- Экологически чистые подземные питьевые воды (минеральные природные столовые). Рекомендации по обоснованию перспективных участков для добычи с целью промышленного розлива. М.: ГИДЭК. 1998. 31 с.

Сведения об авторах

Рустам Хадиевич Мусин – канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии Института геологии и нефтегазовых технологий

Никита Андреевич Курьянов – аспирант Института геологии и нефтегазовых технологий

Зиля Гайсовна Файзрахманова – аспирант Института геологии и нефтегазовых технологий

Резидя Загитовна Мусина – зав. отделом Геологического музея им. А.А. Штукенберга

Казанский федеральный университет. 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, д.4/5. Тел: (843)233-74-27.

The Quality of Water Used for Potable Water Supply Systems in Kazan

R.H. Musin, N.A. Kurlianov, Z.G. Fayzrahmanova, R.Z. Musina

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia, e-mail: Rustam.Musin@kpfu.ru

Abstract. Potable water supply in Kazan is based on different types of water. Quality examination is conducted on the following water types: water for centralized water supply; springs water and bottled water; water sold in special kiosks; partially frozen and tap water filtered through popular filters Aquaphor, Barrier, Prima. Situation with potable water supply in the city is not entirely satisfactory. To solve this problem, we propose a controlled expansion of decentralized water supply by implementing bottled water and water sold in special kiosks, which is completely natural and affordable potable water. We also need to review approaches to subsoil use in the immediate surrounding area of 5-20 km in large cities. If high-quality potable water is displayed, their catchment areas should be used to conduct clean production, including organization of drawing and bottling water.

Keywords: quality of drinking water, bottled water, filters for purifying tap water, physiologically complete waters.

References

Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii prirodnkh resursov i ob okhrane okruzhayushey srede Respubliki Tatarstan v 2005 g [State report on the natural resources and environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2005]. Ed. N.P. Torsuev. Kazan. 2006. 494 p.

Zekster I.S. Podzemnye vody kak komponent okruzhayushey srede [Underground water as a component of the environment]. Moscow: «Nauchnyy mir» Publ. 2001. 328 p.

Ivanov A.V., Amirov N.Kh., Tafееva E.A., Davletova N.Kh. Voda vokrug nas [Water is all around us]. Entsiklopediya potrebitelya pit'evoy vody [Encyclopedia of drinking water consumer]. Kazan: «Dom pechati» Publ. 2010. 288 p.

Ivanov A.V., Tafееva E.A., Davletova N.Kh., Vavashkin K.V. Butilirovannyye pit'evyye vody Respubliki Mariy El: gigienicheskaya otsenka kachestva i tekhnologii vodopodgotovki [Bottled drinking water of Mari El Republic: hygienic quality assessment and water treatment technologies]. *Sb. trudov III Mezhd. kongressa «Chistaya voda. Kazan'»* [Proc. III Int. Congress of «Clean Water. Kazan'»]. Kazan: «Kuranty» Publ. 2012. Pp. 181-183.

Musin R. Kh., Nuriev I. S. Ekologicheski chistyye prirodnye pit'evyye vody i voprosy kachestvennogo vodoobespecheniya naseleniya (na primere Respubliki Tatarstan) [Ecologically clean nature potable water and population quality water supply (on the example of the Republic of Tatarstan)]. *Vestnik TO REA*. N 3. 2004. Pp. 24-30.

Musin R.Kh., Fayzrahmanova Z.G., Zagidullina K.R., Musina R.Z. Variatsii i usloviya formirovaniya sostava prirodnkh vod v otdel'nykh regionakh Tatarstana [Variations and conditions of formation of natural waters in some regions of Tatarstan]. *Gidrogeologiya segodnya i zavtra: nauka, obrazovanie, praktika: Mater. mezhd. nauchn. konf.* [Hydrogeology today and tomorrow: science, education, practice: Proc. Int. Sci. Conf.]. Moscow: «MAKS Press» Publ. 2013. Pp.334-341.

Otraslevoy standart. Vody podzemnye. Klassifikatsiya po khimicheskomu sostavu i temperature [Industry standard. Underground

water. Classification by chemical composition and temperature]. Moscow: «VSEGINGEO» Publ. 1986. 12 p.

Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya [Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply]. Kontrol' kachestva: Sanitarnyye pravila i normy [Quality Control: Sanitary rules and norms]: SanPiN 2.1.4.1074-01. Moscow: «Inform.-izdat. tsentr Goskomsanepidnadzora Rossii» Publ. 2001. 111 p.

Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody, rasfasovannoy v emkosti [Hygienic requirements for water quality, packaged in a container]. Kontrol' kachestva: Sanitarnyye pravila i normy [Quality Control: Sanitary rules and norms]: SanPiN 2.1.4.1116-02. Moscow: «Inform.-izdat. tsentr Goskomsanepidnadzora Rossii» Publ. 2002. 26 p.

Plotnikov N. I. Vvedenie v ekologicheskuyu gidrogeologiyu. [Introduction to environmental hydrogeology]. Moscow: «MGU» Publ. 1998. 240 p.

Reznikov A. A., Mulikovskaya E. P., Sokolov I. Yu. Metody analiza prirodnykh vod [Methods of analysis of natural waters]. Moscow: «Nedra». 1970. 488 p.

Khaschevskaya A. A., Kopylova Yu. G. Kachestvo rasfasovannoy v emkosti pit'evoy vody g. Tomsk [Quality of bottled drinking water in the tank of Tomsk]. *Geologicheskaya evolyutsiya vzaimodeystviya vody s gornymi porodami: Materialy Vseros. konf.* [Geological evolution of the interaction of water with rocks: Proc. All-Russian Conf.]. Tomsk: «NTL» Publ. 2012. Pp.185-187.

Shepelev V. V., Fedorova S. V. Effektivnyy put' ratsional'nogo ispol'zovaniya resursov podzemnykh vod dlya pit'evogo vodosnabzheniya [Effective way of groundwater rational use for drinking water supply]. *Resursy podzemnykh vod: Sovremennyye problemy izucheniya i ispol'zovaniya: Materialy Mezhd. Nauchn. Konf.* [Groundwater resources: Modern problems of study and use: Proc. Int. Sci. Conf.]. Moscow: MAKS Press. 2010. Pp. 205-210.

Ekologicheski chistyye podzemnye pit'evyye vody (mineral'nye prirodnye stolovyye) [Ecologically clean nature underground water (natural mineral table)]. Rekomendatsii po obosnovaniyu perspektivnykh uchastkov dlya dobychi s tsel'yu promyshlennogo rozliva [Recommendations on the justification of promising areas for the purpose of industrial production bottling]. Moscow: «GIDEK» Publ. 1998. 31 p.

Information about authors

Rustam Musin – Cand. Sci. (Geol. and Min.), Associate Professor, department of General Geology and Hydrogeology, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Nikita Kurlyanov – Ph.D. student, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Zilya Fayzrahmanova – Ph.D. student, Institute of Geology and Petroleum Technologies

Rezidya Musina – Head of Division at the Alexander StuckenberG Geology Museum

Kazan (Volga region) Federal university
420008, Kazan, Russia, Kremlevskaya str., 4/5.
Tel: +7(843)233-74-27, +7(843)292-08-19.