

УДК 658.6

## МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

**Федорович Н.Н., Федорович А.Н., Нагерняк М.Г., Сухачева А.И.**  
 ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»,  
 Краснодар, e-mail: fedorovichn@mail.ru

Для выявления и предупреждения проблем качества питьевой воды предложена схема мониторинга, в соответствии с которой проведен мониторинг качества воды на водозаборах г. Краснодара. Контролируемый показатель качества – массовая доля общего железа в воде. Испытания образцов воды проводили по методикам действующих стандартов. Результаты испытаний обрабатывали статистическими методами. По данным мониторинга источника водоснабжения определили, что питьевая вода двух артезианских скважин из девяти контролируемых, содержит железа больше нормы, что увеличивает этот показатель в смешанной воде до 0,45 мг/дм<sup>3</sup>. Для снижения этого показателя предложили изменить производительность скважин, обеспечивающую режим работы водозабора, который позволит снизить содержание железа в смешанной воде до 0,29 мг/дм<sup>3</sup>, что улучшит потребительские свойства воды без дополнительных производственных затрат. Мониторинг качества питьевой воды десяти городских водозаборных сооружений позволил выявить три водозабора, на которых целесообразно уменьшать массовую долю железа химическими и биологическими способами. По результатам мониторинга, проведенного для этих водозаборов, рекомендована очередность установки и введения в действие на них станций обезжелезивания.

**Ключевые слова:** питьевая вода, мониторинг, артезианская скважина, водозабор, показатели качества

## DRINKING WATER QUALITY MONITORING

**Fedorovich N.N., Fedorovich A.N., Nagernyak M.G., Sukhacheva A.I.**  
 Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: fedorovichn@mail.ru

For revealing and prevention of drinking water quality issues a monitoring plan is proposed. In accordance with it, a drinking water quality monitoring at well fields in Krasnodar was conducted. The monitored figure of merit is mass fraction of total iron in the water. Water sample tests were conducted according to procedures of the operating standards. The results of the tests were processed with statistical methods. According to the water supply source monitoring it was determined that drinking water from two artesian wells out of nine monitored, contains iron above normal, and in mixed water this indicator grows up to 0.45 mg per cubic decimeter. In order to decrease the indicator value it is proposed to change the efficiency of the wells providing the working pattern of the well field. It will allow decreasing of iron content in mixed water to 0.29 mg per cubic decimeter. This, in turn, will improve the application properties of water without additional production expenditures. The drinking water quality monitoring conducted at ten water extraction installations allowed to reveal three well fields, where it is rational to decrease mass fraction of iron by chemical and biological means. According to the results of the monitoring conducted for these well fields, suggestions were made on the order of priorities of installation and activation of deironing stations.

**Keywords:** drinking water, monitoring, artesian well, well field, figures of merit

Качество питьевой воды в городе зависит от состава природных вод и действующей системы водоснабжения.

Природные воды представляют собой собственно воду (химическое соединение кислорода и водорода) и содержащиеся в ней вещества, появившиеся в ее составе в результате динамического равновесия в естественной системе: вода – порода – органическое вещество – газ. Эти вещества обуславливают состав и свойства природных вод.

Химический состав вод зависит от гидрогеологической провинции и ландшафтной зоны. Состав подземных вод каждой провинции индивидуален и стабилен. Подземные воды в сравнении с разными водами содержат в более высоких концентрациях все макроэлементы и подавляющее большинство микроэлементов. Антропогенным фактором, оказывающим непосредственное влияние на химический и микробиологический состав природных вод, являются и сточные воды [3].

Один из важнейших вопросов, который интересует потребителя воды – какое качество потребляемой воды? Качество вод – это характеристика состава и свойств, определяющих пригодность воды для конкретного вида использования. Объектами водопользования могут являться поверхностные и подземные воды. Для каждого конкретного случая необходима вода разного качества. Следовательно, водный объект характеризуется определенным природным составом и свойствами воды, а потребитель формирует свои требования к составу и свойствам потребляемой воды.

В зависимости от целей использования формируются критерии качества воды (показатели качества): гигиенический, экологический, экономический, рыбохозяйственный, – и устанавливаются соответствующие им значения критериев. Для сравнения норм качества воды для конкретного вида водопользования со значениями показателей качества имеющийся воды проводится контроль качества потребляемой воды.

Сочетание и величины показателей качества, в том числе состава и свойств вод, определяют качество воды для различного ее назначения [1].

**Целью исследования** было выявление возможности оперативного управления контролем качества питьевой воды путем мониторинга ее основных показателей качества.

Централизованное бесперебойное водоснабжение потребителей качественной питьевой воды в г. Краснодаре обеспечивает одно из старейших предприятий столицы Кубани – ООО «Краснодар Водоканал». В настоящее время ООО «Краснодар Водоканал» – это индустриальный комплекс по производству питьевой воды и отведению сточных вод с развитой инфраструктурой и испытательным центром питьевой воды.

Основными требованиями, предъявляемыми к питьевой воде, являются безопасность в эпидемиологическом отношении, безвредность по токсическим показателям, хорошие органолептические показатели и пригодность для хозяйственных нужд. Оптимальная температура воды для питьевых целей находится в пределах 7–11 °С. Наиболее близки к этим условиям воды подземных источников, которые отличаются постоянством температуры. Их в первую очередь рекомендуется использовать для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Использование в системе водоснабжения г. Краснодара только артезианских скважин глубиной от 80 до 800 метров делает источники водоснабжения надежно защищенными от бактериологического и химического загрязнения. Однако проблемы по качеству подаваемой воды разных глубин остаются. Частично эти проблемы решают при смешивании воды в резервуарах водозаборных сооружений. Среди основных показателей качества «сборной» воды наибольшие колебания наблюдаются по жесткости, мутности, содержанию железа и марганца.

Жесткость в артезианских водах г. Краснодара гидрокарбонатная, поэтому может быть удалена при нагревании в виде накипи. Мутность артезианской воды в г. Краснодаре связана с содержанием растворенного природного закисного железа. При поднятии воды из скважин на поверхность, попадании и смешивании в резервуарах содержание железа усредняется. Контакт воды с кислородом воздуха приводит к окислению растворенного железа и превращению его в нерастворимое окисное железо. При этом нулевая мутность воды увеличивается за счет взвешенных оксидов железа, а вода приобретает желтизну. Резервуары на водозаборных сооружениях частично снимают эту проблему, так как окисленное железо

и марганец оседают в резервуарах, а затем удаляются при их чистке. Однако полностью стабилизировать состав поступающей в распределительную сеть города питьевой воды не всегда удается.

В деятельности предприятия задача обеспечения качества является одной из основных, которая достигается в том числе и путем совершенствования контроля качества питьевой воды. Эффективность контроля показателей качества различных объектов возрастает в сочетании с мониторингом и статистическими методами управления качеством [5, 6].

Для выявления и предупреждения проблем качества питьевой воды в городе мы рекомендуем вести мониторинг качества питьевой воды централизованного водоснабжения по схеме, представленной на рис. 1.

Мониторинг качества питьевой воды рекомендуем проводить поэтапно. Сначала формируют цель, затем выбирают направление мониторинга. На этом этапе должен быть сформирован перечень направлений для мониторинга. Мы предлагаем проводить мониторинг качества воды по следующим направлениям: источники водоснабжения; перед поступлением в распределительную сеть города; в водопроводной сети города.

На следующем этапе осуществляют планирование мониторинга, которое включает определение периодичности испытаний, выбор показателей качества питьевой воды, источников информации, определение необходимых ресурсов и ответственных за выполнение мониторинга. Составляют план-программу и карту мониторинга.

Достоверность результатов измерений в испытательном центре предприятия обеспечивается выполнением процедур внутрилабораторного и межлабораторного контроля. Результаты испытаний показателей качества питьевой воды собирают и регистрируют в установленном порядке в актах, протоколах, журналах. Полученную информацию обрабатывают с помощью математических приемов, а также методами сопоставления и сравнения. Порядок расчетов фиксируют в протоколах обработки данных. Результаты мониторинга могут представляться в различных формах. Для большей наглядности мы рекомендуем выполнять построение схем, графиков и диаграмм.

На основе интерпретации и анализа результатов мониторинга составляют отчет по мониторингу. Учитывают представленные в отчете данные и принимают решения по результатам мониторинга, на основании которых разрабатывают рекомендации по корректирующим и предупреждающим действиям.



Рис. 1. Этапы проведения мониторинга качества питьевой воды

Мы применили предложенную схему мониторинга для выявления проблем качества питьевой воды. Контролируемый показатель качества – массовая концентрация общего железа в воде «Железо (Fe, суммарно), мг/дм<sup>3</sup>». Согласно СанПин 2.1.4.1074 [4], предельно допустимое содержание железа в питьевой воде составляет 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. В отдельных случаях по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения допускается содержание железа в питьевой воде до 1,0 мг/дм<sup>3</sup>. Однако для обеспечения безвредности питьевой воды в течение длительного водопользования критерием в исследованиях мы выбрали нормируемый показатель.

Определение массовой концентрации общего железа в воде осуществляли колориметрическим методом с сульфосалициловой кислотой в соответствии с ГОСТ 4011[2]. Провели статистическую обработку результатов измерений. Суммарная по-

грешность измерений с вероятностью 0,95 составила 0,01–0,03 мг/дм<sup>3</sup>.

На первом этапе исследований оценивали качество питьевой воды на одном из водозаборов подземных вод г. Краснодара. Испытания воды в течение месяца проводили в пробах, получаемых ежедневно из 9 артезианских скважин Четвертичного, Апшеронского, Акчагыльского и Киммерийского водоносных горизонтов.

Известно, что скважины разных горизонтов имеют воду, отличающуюся по составу. Нами установлено, что в пробах воды семи скважин содержание железа находится в пределах допустимого и составляет от 0,11 до 0,26 мг/дм<sup>3</sup> (таблица). В оставшихся двух скважинах Четвертичного горизонта массовая доля железа составила 1,16 и 1,64 мг/дм<sup>3</sup>, что в 10–15 раз больше значений этого показателя в пробах воды остальных семи скважин и выше предельно допустимой концентрации в питьевой воде в несколько раз.

## Мониторинг качества питьевой воды по скважинам водозабора

Контролируемый показатель	Номер скважины								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
при действующей производительности скважин									
Железо (Fe, суммарно), мг/дм <sup>3</sup>	1,16	1,64	0,26	0,15	0,23	0,11	0,13	0,19	0,16
при рекомендуемом изменении производительности скважин									
Массовая доля железа, вносимого в смешанную воду, %	22,1	31,2	9,9	5,7	8,7	4,2	4,9	7,2	6,1

При поднятии воды из скважин и смешивании ее в резервуарах водозаборного сооружения содержание железа изменяется и усредняется. При одинаковой производительности скважин процент количества железа, вносимый каждой скважиной в суммарное содержание железа в смешанной воде разный. В сборной воде из 9 скважин массовая концентрация железа составила 0,45 мг/дм<sup>3</sup>, что не соответствует нормам и значительно ухудшает органолептические свойства воды по показателю «мутность». Установили, что в состав смешанной воды почти 70% железа вносят две скважины.

Для уменьшения содержания железа в смешанной воде мы предлагаем уменьшить производительность этих двух скважин в 2 раза, общая производительность водозабора должна оставаться неизменной за счет увеличения мощностей оставшихся семи скважин. Тогда количество железа, вносимого каждой скважиной в смешанную

воду, изменится, как показано в таблице, а показатель содержания железа снизится до 0,29 мг/дм<sup>3</sup>, что в целом улучшит потребительские свойства питьевой воды без изменения производственных затрат.

Однако не на всех водозаборах возможно решение нормирования содержания железа в питьевой воде предложенным способом.

Следующим этапом наших исследований было выявление наиболее проблемных из 10 городских водозаборов по контролируемому показателю. Проведенный в ходе мониторинга анализ образцов питьевой воды перед поступлением в распределительную сеть, как видно из рис. 2, показал, что содержание железа в воде колеблется в широких пределах от 0,12 до 0,71 мг/дм<sup>3</sup>. Установили, что на трех водозаборах содержание железа значительно превышает 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Это 7, 6, 10 водозаборы, среднемесячные показатели массовой доли железа на которых составили соответственно 0,71; 0,64; 0,50 мг/дм<sup>3</sup>.



Рис. 2. Мониторинг качества питьевой воды на водозаборах

Перспективным способом обеспечения жителей питьевой водой требуемого качества с нормативным содержанием железа и минимальной мутностью является введение в эксплуатацию станций обезжелезивания [6].

На водозаборе 7 эти проблемы уже решены действующей станцией биологического обезжелезивания. Работа станции в стабильном технологическом режиме обе-

спечивает снижение содержания железа до нормативных требований, а также удаление некоторого количества соединений марганца, что в целом значительно повышает качество питьевой воды 7-го водозабора.

Для выбора водозабора, на котором целесообразнее ввести в действие следующую станцию обезжелезивания, мы провели мониторинг изменения данного

показателя по месяцам. При сравнении полученных результатов испытаний питьевой воды в 2012 г., представленных на рис. 3, установили, что на водозаборе 6 повышение показателя значительней, чем на водозаборе 10. Это указывает на то, что в первую очередь необходимо проводить

обезжелезивание именно на 6 водозаборе. На этом этапе исследований в результате мониторинга выбраны участки с повышенным содержанием железа в питьевой воде и обоснована необходимость проведения дополнительного обезжелезивания не только на водозаборе 7.

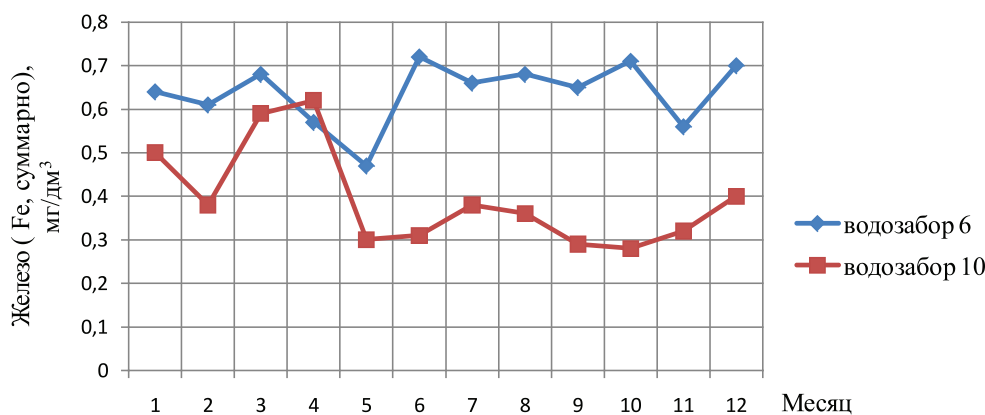


Рис. 3. Результаты мониторинга содержания железа на водозаборах 6 и 10

Таким образом, информация, полученная в результате мониторинга, в целом позволяет оперативно выявлять проблемы качества воды в системах водозаборов, рекомендовать предупредительные действия по стабилизации нормативных показателей качества, что в конкретном населенном пункте приводит к грамотному управлению процессом водоснабжения и гарантирует качество поставляемой потребителю питьевой воды.

#### Список литературы

1. Алексеев Л.С. Контроль качества воды. – М.: ИНФРА-М, 2013. – 159 с.
2. ГОСТ 4011-72 Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
3. Зарубина Р.Ф., Копылова Ю.Г., Зарубин А.Г. Анализ и улучшение качества природных вод. Часть 2. Методы оценки качества природных вод: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 151 с.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
5. Федорович Н.Н., Федорович А.Н. Применение карт кумулятивных сумм для контроля показателей качества природного газа // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6; URL: [www.science-education.ru/106-7773](http://www.science-education.ru/106-7773) (дата обращения: 20.11.2013).
6. Чернов В.Б., Кинебас А.К., Юрлова Н.А. Совершенствование системы мониторинга качества воды в условиях современного мегаполиса // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 8–2. – С. 18–20.

#### References

1. Alekseev L.S. *Kontrol kachestva vody* [Water quality monitoring]. Moscow, 2013. 159 p.
2. GOST 4011-72 *Voda pitevaya. Metody izmereniya massovoy kontsentratsii obshchego zheleza* [Drinking water. Measurement techniques of mass concentration of total iron].
3. Zarubina R.F., Kopylova YU., G., Zarubin A.G. *Analiz i uluchshenie kachestva prirodnykh vod. Chast 2. Metody otsenki kachestva prirodnykh vod: ucheb. posobie* [Analysis and enhancement of environmental water quality. Part 2. Methods of environmental water quality assessment. A textbook.]. Tomsk: Tomsk Polytechnic Univ., 2011. 151 p.
4. SanPiN 2.1.4.1074-01 *Pitevaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem vodosnabzheniya. Kontrol kachestva*. [Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centrally directed systems of drinking water supply. Quality control].
5. Fedorovich N.N., Fedorovich A.N. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2012, no. 6, available at: [www.science-education.ru/106-7773](http://www.science-education.ru/106-7773) (accessed 20.11.2013).
6. Chernov V. B., Kinebas A. K., Yurlova N. A. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, 2004, no. 8–2, pp. 18–20.

#### Рецензенты:

Ксандопуло С.Ю., д.т.н., профессор, директор института техносферной безопасности, зав. кафедрой безопасности жизнедеятельности, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар;  
 Стрижов Н.К., д.х.н., профессор кафедры химии, метрологии и стандартизации, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар.  
 Работа поступила в редакцию 05.12.2013.