

УДК 619:612.72/73

В.А. Медведский, Набиль Хабиб, А.В. Карась

Управление качеством питьевой воды

Одной из важнейших мировых проблем является обеспечение животных и человека безопасной для здоровья питьевой водой [1].

Важным мероприятием по предотвращению загрязнения природных вод является организация контроля и наблюдений за качеством воды в водоемах, за сточными водами, которые позволяют своевременно принимать необхо-

димые меры по защите водных ресурсов и предотвращать поступления недоброкачественной воды для использования. В этой связи наиболее целесообразно создание систем мониторингового или автоматического постоянного контроля и управления качеством вод [2-6].

Решение вопросов предотвращения загрязнения водной среды во многом зависит от создания чувствительных и надежных систем для выявления токсических соединений, вредных для здоровья животных и людей. Обычные физико-химические средства имеют ряд недостатков: не всегда позволяют быстро установить опасный уровень содержания в воде загрязнителей в связи с нерегулярным проведением измерений; весьма затруднительно практическое проведение анализов воды на все токсические вещества; даже при известной токсичности отдельных веществ невозможно определить их вредное влияние при разнообразных сочетаниях в меньших исходных концентрациях [7].

Проблема получения доброкачественной воды давно перестала быть делом одного государства, а стала практически общей проблемой для всех стран мира. В связи со сложностью и многообразием вопросов сохранения водных ресурсов и высокими экономическими затратами на научно-технические исследования и практическую реализацию планов охраны гидросферы ни одна страна не в состоянии охватить их на глобальном уровне. Широкую и ответственную деятельность в этом направлении, как в составе международных организаций, так и в рамках двустороннего сотрудничества проводит Республика Ливан [8].

Вся потребляемая вода проходит первичную обработку на заводе. Однако и после обработки на заводе вода по некоторым показателям не соответствует нормативам. Поэтому она должна дополнительно обрабатываться перед подачей потребителю. Сущность этой обработки заключается в пропускании воды через систему смягчения SFM – 3660.

Нами проведен химико-биологический анализ воды до и после дополнительной ее обработки, перед подачей потребителю (табл.). Анализ воды проводился ежемесячно в лаборатории Centre de Recherche et de controle des EAUX.

Результаты изучения концентрации водородных ионов указали на большие колебания этого показателя в зависимости от сезона года. Так, pH воды колебалась в пределах от 6,85 (апрель) до 7,15 (июль, октябрь). Средние показатели pH воды за год составили $7,04 \pm 0,013$.

Некоторый сдвиг концентрации водородных ионов в щелочную среду произошел после дополнительной обработки воды. Так, самый низкий показатель – 7,6 – был в январе, а самый высокий – 7,81 – в феврале. Среднее показание pH за год составило $7,72 \pm 0,009$.

Граница видимости в толще воды или способность воды пропускать солнечный свет без рассеивания называют прозрачностью.

Установлено, что вначале вода имела прозрачность – $437 \pm 4,865$ мм, а после дополнительной обработки $682 \pm 0,634$ мм ($P < 0,001$).

Рассматривая динамику прозрачности по месяцам установлено, что данный показатель колеблется в пределах 430-445 мм (норма по ISO 7888: 1995 составляет 1500 мм). Это указывает на большое загрязнение воды. После дополнительной обработки прозрачность улучшилась и составляла 630-745 мм. Наибольшая прозрачность установлена с января по июнь, в дальнейшем она снижалась, что объясняется выпадением большого количества дождей, сбегаящими по горам в водозабор водными потоками.

Мутность воды также показывает ее качество и является дополнительным показателем прозрачности.

Химико-биологический анализ воды

Показатели	Нормативный документ	Норма	До обработки	После дополнительной обработки	Степень достоверности, Р
РН	ISO 10523: 1994	6,5 < рН < 8,5	7,04 ± 0,013	7,72 ± 0,009	< 0,05
Прозрачность	ISO 7888: 1985	1500 мм	437,0 ± 4,86	682,0 ± 0,63	< 0,001
Мутность	OMS 15	4 НЕМ	4,0 ± 0,084	1,0 ± 0,029	< 0,001
Минеральный остаток	ISO 8288: 1986	500 мг/л	357,3 ± 2,53	300,6 ± 0,29	< 0,05
Общая жесткость	AOAC 973.52	250 мг/л	296,3 ± 0,09	200,0 ± 0,63	< 0,01
Общая щелочность	OSM 1993	150 мг/л	223,3 ± 0,42	183,7 ± 0,42	< 0,05
Хлориды	ISO 9297: 1989	200 мг/л	26,59 ± 0,021	18,48 ± 0,021	< 0,05
Сульфаты	ISO 9280: 1990	250 мг/л	112,63 ± 0,055	83,24 ± 0,170	< 0,01
Кальций	ISO 7980: 1990	200 мг/л	105,67 ± 0,072	46,48 ± 0,570	< 0,001
Магний	ISO 7980: 1990	50 мг/л	16,50 ± 0,025	16,33 ± 0,021	> 0,05
Натрий	ISO 7980: 1990	150 мг/л	15,68 ± 0,021	14,37 ± 0,033	> 0,05
Калий	ISO 7980: 1990	12 мг/л	2,56 ± 0,020	2,42 ± 0,017	> 0,05
Нитраты	ISO 7980-3: 1998	45 мг/л	44,50 ± 3,100	5,60 ± 0,9200	< 0,001
Нитриты	ISO 6777: 1984	0,05 мг/л	0,167 ± 0,008	0,010 ± 0,000	< 0,001
Аммиак	ISO 5684: 1984	0 мг/л	0,120 ± 0,003	0	
Железо	ISO 6332: 1988	300 мг/л	520,8 ± 21,15	0	
Марганец	ISO 633: 1996	50 мг/л	122,6 ± 1,27	0	
Медь	ISO 8288: 1986	1000 мг/л	13,83 ± 0,630	0	
Цинк	ISO 8288: 1986	5000 мг/л	22,92 ± 0,420	0	
Фосфор	AOAC 973.55	1000 мг/л	80,0 ± 2,53	0	

Так, согласно международному стандарту OMS 15, допустимая мутность воды составляет 4 НЕМ (нефелометрические единицы мутности). Следует отметить, что наиболее мутной вода была в январе, феврале (4,8) и апреле (5,0 НЕМ). Наименьшая мутность установлена в июле и ноябре (3,0 НЕМ). Среднегодовая мутность воды составила $4,0 \pm 0,084$ НЕМ.

Значительно ниже мутность стала после дополнительной обработки воды. Так, ее показания не превышали 1 НЕМ в течение года. Наименьшая мутность отмечалась в июне и августе (0,3 НЕМ).

Максимальная минерализация питьевой воды (сухой остаток) согласно ISO 8288: 1986 не должна превышать 500 мг/л. Известно, что вода с большим содержанием солей имеет солоноватый или горьковатый привкус. Основная часть сухого остатка пресных вод представлена хлоридами и сульфатами. Эти соли обладают выраженным соленым или горьким вкусом, что послужило основанием для ограничения их содержания в воде.

Минеральный остаток в воде по результатам ежемесячных исследований составил $357,33 \pm 2,538$ мг/л, а после дополнительной обработки – $300,66 \pm 0,296$ мг/л, что на 15,86 % ($P < 0,05$) ниже.

Анализируя данный показатель в динамике по месяцам видно, что наиболее минерализована вода была в марте (395 мг/л) и апреле (390 мг/л). Минимальными показателями сухого остатка были в сентябре (335 мг/л), октябре и декабре (340 мг/л).

После дополнительной обработки воды минеральный остаток был более стабильным и находился в пределах 298-305 мг/л, что значительно ниже допустимых пределов.

Нами установлено, что щелочность воды была высокой в марте и декабре (230 мг/л). Более оптимальной она стала в январе, мае, июне, августе, октябре и ноябре (220 мг/л). Следует отметить, что среднегодовая щелочность воды составляла $223,33 \pm 0,423$ мг/л.

После дополнительной обработки общая щелочность снизилась на 17,3% и составила в среднем $183,75 \pm 0,423$ мг/л ($P < 0,05$). При этом на протяжении всего года этот показатель был стабилен и находился в пределах 180-190 мг/л.

Хлор в воде содержится в виде анионов в химических соединениях. Согласно ISO 9297:1989 допустимая концентрация его в воде составляет не более 200 мг/л.

Результаты изучения концентрации хлоридов показали ее низкий уровень. Так средняя концентрация за год составила $26,59 \pm 0,021$ мг/л, а после дополнительной обработки – $18,48 \pm 0,021$ мг/л, что на 30,5% ниже ($P < 0,05$).

Анализируя концентрацию хлоридов по месяцам установлено, что она находилась примерно на одном уровне в течение года. И этот уровень соответствует гигиеническим нормам, что позволяет сделать вывод об относительной чистоте источника (как известно повышение количества хлоридов в воде показывает на связь источника с навозохранилищами и другими источниками местного загрязнения).

Наличие кальция в воде обуславливает ее жесткость. Увеличение ионов кальция приводит к повышению жесткости воды, которая вредна для потребителя. Согласно ISO 7980: 1990 допускаемая концентрация его в воде соответствует 200 мг/л.

Количество кальция в ее составе было стабильным по месяцам и составляло в среднем $105,67 \pm 0,072$ мг/л, без существенных колебаний (105,1 – 106,8 мг/л). Значительное снижение концентрации кальция установлено после дополнительной обработки воды. Так, среднегодовое количество его составило в среднем $46,48 \pm 0,570$ мг/л, что на 56,02 % ($P < 0,001$) ниже, чем до обработки.

Анализируя содержание кальция в воде после дополнительной обработки по месяцам видно, что наименьшее его количество наблюдалось в апреле (40,0 мг/л), самое высокое – в июне (53,4 мг/л).

Магний также как и кальций обуславливает жесткость воды. Содержится он в основном в виде карбонатов и сульфатов, реже хлоридов. Согласно ISO 7980: 1990 допустимая концентрация магния в воде – 50,0 мг/л. Анализируя динамику концентрации этого элемента установлено, что в воде находилось в среднем $16,50 \pm 0,025$ мг/л, а после дополнительной обработки – $16,33 \pm 0,021$ мг/л магния, что на 1,4% ниже. Максимальное значение магния отмечалось в октябре (16,8 мг/л), а минимальные – в ноябре (16,2 мг/л).

Содержание нитратов в воде является важным показателем ее загрязнения, так как они образуются при разложении попадающих в водоисточник веществ преимущественно животного происхождения и промышленных отходов.

Установлено, что среднегодовая концентрация нитратов составила $44,0 \pm 2,10$ мг/л. При этом наиболее высокие показания были с января по июнь (60-71 мг/л), а в дальнейшем снизились до 22-35 мг/л.

Более стабильное содержание нитратов наблюдалось после дополнительной обработки воды (от 4 до 9 мг/л), без видимых различий по сезонам года. Сред-

ний показатель нитратов в воде за год после дополнительной обработки составил $5,6 \pm 0,20$ мг/л, что на 87,3% ($P < 0,001$) ниже, чем до обработки.

Наличие нитритов в воде указывает на санитарное неблагополучие водоемочника. Согласно международному стандарту ISO 7890: 1984 допустимое количество нитритов в воде не должно превышать 0,05 мг/л. Проведенный анализ воды показал на превышение нитритов в каждой взятой пробе. Средние показатели за год составили $0,16 \pm 0,001$ мг/л. При этом значительное превышение допустимых норм наблюдалось с января по июнь (аналогично нитратам). В эти месяцы содержание нитритов доходило до 0,25 мг/л (май).

После обработки воды концентрация нитритов снизилась до $0,01 \pm 0,001$ мг/л ($P < 0,001$), кроме этого, исследования показали на стабильно одинаковый уровень нитритов каждый месяц.

По остальным исследуемым показателям (гидрокарбонаты, органохлоры, хлорбензол, органофосфор) превышение нормы не установлено, а многие вообще отсутствовали.

Бактериологические исследования после основной и после дополнительной обработки воды полностью исключили общие колиформы, фекальные колиформы, фекальные стрептококки и псевдомоны.

Проведенные анализы на содержание тяжелых металлов, пестицидов и летучих органических соединений показали на полное их отсутствие в воде.

Следовательно, полный анализ воды выявил значительные различия по многим показателям и несоответствие ее международным стандартам. Дополнительная обработка питьевой воды позволяет ее нормализовать и использовать для питья человеку и животным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадьина В.М. Сельскохозяйственная экология. Минск, 2000. – 164 с.
2. Банников А.Г. и др. Основы экологии и охрана окружающей среды / Банников А.Г., Вакулин А.А., Рустамов А.К., Ред. Вакулин А.А. 4-е изд., перераб. и доп. М., 1999. – 304 с.
3. Колбасов О.С. Международно-правовая охрана окружающей среды. М., 1982. С. 99-108.
4. Колбасов О.С. Экология: политика – право. М., 1976. С. 163-167.
5. Кормилицын В.И. и др. Основы экологии / Кормилицын В.И., Цицкишвили М.С., Яламов Ю.И. М., 1997. – 368 с.
6. Круковский В.П. Экология и охрана водных ресурсов. Минск, 2000. – 95 с.
7. Лаптев И.Д. Экологические проблемы. М., 1982. С. 100-101.
8. Лисицын Е.Н. Становление и развитие природоохранительного законодательства развивающихся стран. Вестник МГУ, сер. Право, 1980, № 5. С. 62-66.

S U M M A R Y

Problems of obtaining pure water in Lebanese Republic are described. It has been stated, that the primary treatment of water is not sufficient and additional processing is required. Data on sanitary-hygienic parameters are given as well as data on seasonal quality changes.

Поступила в редакцию 24.10.2002