

УДК 628.193:502.211

КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ: РЕЗУЛЬТАТЫ 10-ЛЕТНИХ РЕФОРМ

Г.Г. Бабаян, М.В. Беллуян, А.З. Акопян

ЗАО "Армводоканал"

Изучены тенденции изменения (улучшения) качества воды хозяйственно-питьевого водоснабжения за десятилетний период в результате реализации инвестиционных проектов и восстановительных мероприятий ЗАО "Армводоканал". Оценено качество питьевых вод с использованием разработанной с позиций экосистемного подхода методологии. Выделены приоритетные проблемы обеспечения качества питьевой воды по пяти компонентам оценки – водозабор, водоподготовка, хранение, распределение, потребление. Определены для каждого компонента возможные опасности и вероятности событий, а также необходимость оперативных и долгосрочных действий.

Ключевые слова: хозяйственно-питьевое водоснабжение, оценка качества питьевой воды, принципы обеспечения безопасности питьевой воды.

Введение. Оптимизация условий водопользования и обеспечение населения достаточным количеством доброкачественной питьевой воды возможны лишь в сочетании технологического совершенствования всей системы централизованного водоснабжения с переоценкой подходов к оценке качества воды. ЗАО "Армводоканал" осуществляет централизованное водоснабжение 37 городов и 280 сел республики. По данным за 2013 г., забор воды из подземных и поверхностных источников составлял 155,8, водоснабжение – 34,1, водоотведение – 17,6 млн.м³ в год. Эксплуатационный мониторинг осуществляют 23 лаборатории. В последнее десятилетие задача обеспечения населения республики доброкачественной питьевой водой решалась в свете проводимых инвестиционных проектов и восстановительных мероприятий с привлечением кредитов международных организаций [1].

Публикации третьего (2004 г.) и четвертого (2011 г.) изданий Руководства по обеспечению качества питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) существенно изменили основные принципы обеспечения безопасности питьевой воды (ПОБВ). В частности, на основании проведенных исследований показано, что усиление контроля качества питьевой воды еще не гарантирует безопасность питьевой воды и лучшую защиту потребителей от возможного загрязнения воды. Безопасность воды можно успешно и стабильно повысить,

применив профилактический подход, многобарьерный принцип защиты, оперативное реагирование на внезапные изменения местных условий, на жалобы по ухудшению органолептических свойств воды, рост заболеваемости населения. Основные принципы обеспечения безопасности: 1) оценка рисков - от водозабора из источника до конечного потребителя; 2) ранжирование рисков по степени их важности; 3) планомерное снижение рисков. Кроме этого, в руководстве пересмотрена информация по многим химическим веществам: только небольшое число основных химических веществ (фторид, мышьяк, нитрат, в некоторых случаях свинец, селен и уран), а также некоторые органические вещества вызывают серьезные последствия для здоровья человека. Повышенные концентрации железа и марганца могут влиять на восприятие питьевой воды. Большинство же химических веществ могут не иметь или иметь важное значение только в определенных условиях [2].

Для оценки качества воды хозяйственно-питьевого водоснабжения и выбора приоритетов при проведении восстановительных мероприятий еще в 2003 г. с позиций ПОБВ была разработана методология оценки качества воды, включающая три последовательных этапа: диагностика → оценка → управление. Этап оценки включал ранжирование водных объектов по степени неблагоприятия качества воды, экологической устойчивости экосистем и надежности сохранения качества воды при транспортировке, а этап управления - выделение на основании проведенной классификации экосистем, требующих особой охраны и разумной эксплуатации. С использованием полученных результатов в рамках проекта "Развитие муниципального водоснабжения и водоотведения" была разработана программа "Безопасность питьевой воды и мониторинг ее качества". В программе приводились характеристика эксплуатируемых систем водоснабжения, их слабые звенья, возможные опасные события и риски. Рассматривались краткие и долгосрочные планы развития водохозяйственной отрасли. Среди первоочередных мероприятий были предложены: переоборудование хлораторных станций, восстановление водоводов и сетей, бассейнов суточного регулирования, водозаборных сооружений, станций очистки воды, создание лабораторий контроля качества воды. Долгосрочные перспективные планы включали реконструкцию водоотводящих сетей и строительство очистных станций канализации. В результате выполнения программы ожидалось сократить число проб, не отвечающих гигиеническим нормам по микробиологическим показателям, и снизить риски возникновения и распространения инфекционных заболеваний [3,4].

Настоящее исследование проведено с целью оценки результатов реализованных программ с использованием основных принципов обеспечения

безопасности питьевой воды для определения тенденций изменения (улучшения) качества воды хозяйственно-питьевого водоснабжения за десятилетний период.

Методы исследования. В работе использованы результаты систематических наблюдений 23-х лабораторий ЗАО “Армводоканал” за период 2003-2013 гг. План-графики производственного контроля согласовывались с санитарными службами и включали места (адреса) и частоту отбора проб воды и определяемые показатели. Пробы отбирались в местах водозабора 105 источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, около 500 пунктов - перед ее поступлением в распределительную сеть и 400 - в распределительных сетях. В течение года анализировалось до 20 *тыс.* проб по показателям сокращенного периодического и полного производственного контроля – органолептическим, физико-химическим, радиологическим и микробиологическим.

Для определения физико-химических и обобщенных показателей применялись спектрофотометр HACH LANGE-DR 5000, рН-метр, кондуктометр, турбидиметр и др. Для микробиологического анализа в качестве основного использовался метод мембранной фильтрации (определение общих и термотолерантных колиформных бактерий), в качестве вспомогательного - титрационный метод.

При оценке качества воды подземных источников водоснабжения учитывались общее геологическое строение территории, характеристика гидрогеологических условий, глубина, мощность и тип водоносного горизонта (артезианский - напорный, грунтовый - безнапорный), состав водовмещающих пород (песок, гравий, трещиноватые известняки и пр.), условия питания и разгрузки водоносного горизонта и др. В случае использования поверхностных вод учитывались гидрологические и геологические данные (площадь бассейна питания водозабора, режим поверхностного стока, уровень воды в месте водозабора и пр.), почвы, растительность, наличие возделываемых земель, населенных пунктов, промышленных предприятий. Важное значение имело непосредственно прилегающее к водозабору санитарное состояние местности, наличие источников загрязнения, санитарных зон. Изучались санитарно-техническое состояние систем водоснабжения и водоотведения, а также проблемы, возникаемые вследствие их износа - вторичное загрязнение воды, перебои в водоснабжении, утечки. Обобщались результаты систематического производственного контроля безопасности и качества воды от места водозабора до места ее потребления для каждой отдельно взятой системы водоснабжения.

В целом следует отметить, что только разработанная с позиций экосистемного подхода методология позволила объективно оценить качество воды, предназначенной для потребления населением как в 2003, так и в 2013 гг. Использование методов оценки путем сравнения с нормативными величинами, а

также расчета процентного содержания проб, не соответствующих норме по микробиологическим показателям, дает только частичный результат.

Результаты исследования. Результаты оценки качества воды за 2003 г. показали, что многие элементы водохозяйственного комплекса представляли угрозу безопасности населения: вода только в 50% случаев сохраняла свои первоначальные свойства при транспортировке “водоисточник-потребитель”. Водоисточники имели допустимую степень неблагополучия качества воды в 35,9% от общего их количества, умеренную – 33,7%, высокую – 30,4%. Источники классифицировались как экологически устойчивые в 31,9% случаях, относительно устойчивые – в 29,8%, неустойчивые – 38,3%. Степень надежности качества воды при транспортировке “водоисточник-потребитель” была удовлетворительная для 14,0% водопроводов, недостаточная – 35,5%, неудовлетворительная и крайне неудовлетворительная – 50,5%. Было доказано, что ухудшение качества питьевой воды в отдельных регионах республики - это проблема управления, а не ресурсов.

Полученные результаты были использованы при планировании восстановительных мероприятий. Так, например, пригодность большинства эксплуатируемых подземных источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в основном не обсуждалась ввиду удовлетворительного качества их воды и хорошей природной защищенности от загрязнения. Проблемы сезонного характера возникали только при эксплуатации подземных вод Иджеванского, Ноемберянского, Спитакского регионов и некоторых других, имеющих небольшой дебит источников. Ухудшение качества воды наблюдалось в большей степени для поверхностных водоисточников (4 города имели поверхностно-подземный и 2 – только поверхностный водозабор - около 20% произведенной воды), когда загрязненность входящей на очистку воды была выше, чем пропускная способность станции.

За 10-летний период были проведены работы по реконструкции и восстановлению систем водоснабжения и водоотведения, в том числе водозаборных сооружений, станций очистки воды, хлораторных станций, водоводов и сетей, бассейнов суточного регулирования. На станциях обеззараживания воды установлено современное дозирующее оборудование для жидкого хлора и гипохлорита, а на станциях очистки воды - коагулянта и извести. Для очистки сточных вод Севанского региона построены 3 станции механической очистки сточных вод. Созданы 4 региональные лаборатории контроля качества питьевых и сточных вод и 17 микробиологических лабораторий. Организован производственный и лабораторно-технологический контроль за качеством питьевой и сточных вод.

Результаты оценки качества воды за 2013 г. позволили выделить приоритетные проблемы обеспечения качества питьевой воды по пяти компонентам оценки – водозабор, водоподготовка, хранение, распределение, потребление. На основании ранжирования рисков на умеренные и тяжелые определена необходимость оперативных и долгосрочных действий. Краткая схема оценки и ранжирования рисков по приоритетам приведена в таблице, а результаты оценки качества воды за 2013 г. - на рис.1. Блок 1 характеризует качество воды подземных и поверхностных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по показателям эпидемиологической, санитарно-химической, радиологической безопасности и потребительских свойств (рис. 1а). Блок 2 характеризует степень устойчивости экосистем водоисточников и их защищенность от проникновения загрязняющих веществ с учетом природных (физико-географические, геологические и гидрологические условия) и антропогенных (наличие источников загрязнения, санитарно-техническое состояние водозаборных сооружений, зон санитарной охраны и др.) факторов (рис.1б). Блок 3 оценивает качество воды в распределительных сетях с учетом эффективности очистки воды, обеззараживания, санитарно-технического состояния сетей водоснабжения и водоотведения, объема инвестиционных проектов, случаев несоответствия проб воды нормам по микробиологическим показателям, частоты вспышек инфекционных заболеваний, передающихся водным путем (рис.1в).

Результаты оценки качества воды за 2013 г. показали, что водоисточники имеют допустимую степень неблагополучия качества воды в 42,7% от общего их изученного количества, умеренную – 33,0%, высокую – 24,3%. Источники классифицируются как экологически устойчивые в 46,6% случаях, относительно устойчивые - 23,3%, неустойчивые – 30,1%. Степень надежности качества воды при транспортировке “водоисточник-потребитель” удовлетворительная для 34,0% водопроводов, недостаточная – 36,9%, неудовлетворительная и крайне неудовлетворительная – 29,1%.

Таблица

Оценка и ранжирование рисков по приоритетам для разных компонентов системы водоснабжения

Компонент	Причина опасного события	Возможная опасность	Вероятность события	Последствия события	Необходимость действий
Водоабор	Ухудшение качества воды, санитарно-технического состояния водоаборных сооружений, несоблюдение зон санитарной охраны, допуск домашних животных, наличие туалетов, септиков.	Микроорганизмы, органические азотсодержащие вещества, радиологические и специфические показатели.	Малаявероятно Изменение природных факторов, длительная эксплуатация водопоточника.	Тяжелые Крупные вспышки инфекционных заболеваний, передаваемых водным путем, долго- и кратковременное воздействие на здоровье.	Оперативные Поиск источника загрязнения, восстановление герметичности, ремонт сооружений. Долгосрочные Строительство новых водоаборных сооружений, организация санитарных зон.
Володоготовока	Несоблюдение технологии очистки и эксплуатации очистных сооружений, использование некачественных реагентов.	Микроорганизмы, мутность, цветность, остаточные количества реагентов	Вероятно Загрязнение поступающей на очистку воды в сезон дождей и паводка. Нарушение режима очистки.	Тяжелые Крупные вспышки инфекционных заболеваний.	Оперативные Очистка речных водоаборов, дезинфекция и промывка, усиление производственного контроля. Долгосрочные Изменение технологии очистки, переход на подземный водоабор.
Хранение	Несоблюдение режима хлорирования, нарушение дозы хлора. Нарушение герметичности бассейнов суточного регулирования, вторичное загрязнение воды при хранении.	Микроорганизмы, остаточный хлор, вторичные продукты хлорирования. Микроорганизмы, органические азотсодержащие вещества, органиодегитические показатели.	Малаявероятно Повышенные концентрации мутности, аммиака и органических веществ в хлорирекуемой воде. Вероятно Изменение сроков дезинфекции, несоблюдение санитарных зон, нарушение режима распределения.	Тяжелые Вспышки инфекционных заболеваний. Образование хлорорганических соединений, ухудшение вкуса. Тяжелые Вспышки инфекционных заболеваний, воздействие на здоровье химических веществ.	Оперативные Ремонт дозаторов, применение альтернативного метода обеззараживания, усиление контроля остаточного хлора. Долгосрочные Совершенствование технологий. Оперативные Обеспечение альтернативной питьевой водой, проведение аварийных работ. Долгосрочные Строительство нового резервуара, организация зон санитарной охраны.
Распределение	Аварии сетей водоснабжения и водоотведения, факальное загрязнение воды и территорий.	Микроорганизмы, органические азотсодержащие вещества, органиодегитические показатели.	Вероятно Изношенность распределительных сетей, отсутствие положительного давления, остаточного хлора, засорение или излив канализационных вод, использование запрещенных материалов.	Умеренные Инфекционные заболевания у небольшой группы потребителей, ухудшение потребительских свойств.	Оперативные Ликвидация источника загрязнения, очистка затворов, ремонт промывка и дезинфекция сетей, ликвидация протечек, усиление технического обслуживания и контроля. Долгосрочные Прокладка новых сетей, участков и узлов.
Потребление	Загрязнение воды в системе водоснабжения отдельного дома, при хранении воды.	Микроорганизмы, органические вещества, аммиак.	Возможно Аварии внутренних сетей зданий, часовая график, обратное давление. Хранение в загрязненной таре, нарушение правил гигиены.	Умеренные Инфекционные заболевания в единичном доме, подлече, квартире.	Оперативные Проведение аварийных работ, устранение незаконных подключений, утечек, кипячение и обеззараживание воды. Долгосрочные Изменение системы распределения воды, увеличение часового графика.



Рис. 1. Схема оценки безопасности качества питьевой воды: а - блок 1: безопасность качества воды источников питьевого водоснабжения; б - блок 2: устойчивость экосистем источников питьевого водоснабжения; в - блок 3: безопасность качества воды при транспортировке

Сравнительная характеристика результатов оценки безопасности качества воды за 2003 и 2013 гг. (рис. 2,3) показала, что санитарно-техническое состояние водопроводящей инфраструктуры (бассейнов суточного регулирования, водоводов, распределительных сетей) и, как следствие, качество потребляемой населением питьевой воды значительно улучшились, в том числе:

- количество хлорированной воды по отношению к общему количеству произведенной воды увеличилось с 60,9 до 85,7%;
- часовой график подачи воды в течение суток повысился с 6,0 часов до 16,5;
- число соответствующих норме проб по микробиологическим показателям поднялось с 93,8 до 98,7%.

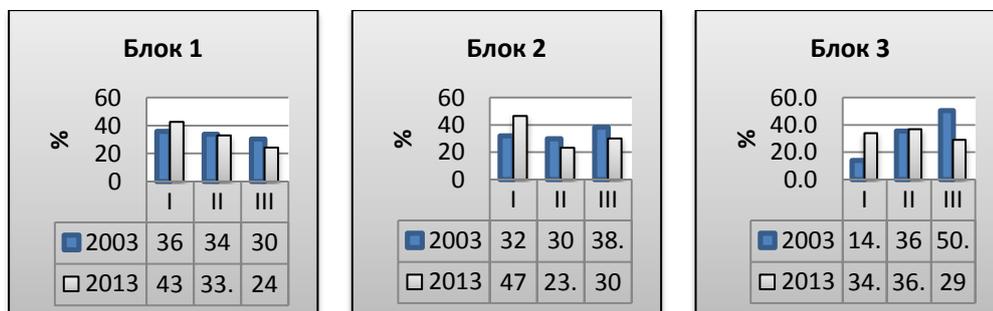


Рис. 2. Сравнительная характеристика результатов оценки безопасности качества воды за 2003 и 2013 гг.

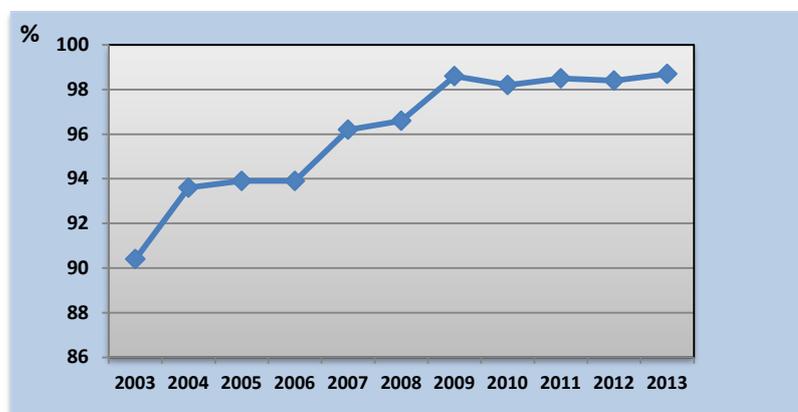


Рис. 3. Сравнительная характеристика результатов оценки безопасности качества воды за 2003-2013 гг. в распределительных сетях по микробиологическим показателям, % проб, соответствующих норме

При этом, если по данным санитарных служб за 1992-2003 гг. зарегистрировано 57 вспышек инфекционных заболеваний с числом заболевших более 13 тысяч человек, то уже начиная с 2005 г. их количество резко сократилось. Ухудшение качества воды имело преимущественно местное значение (улица, многоквартирный дом) с ограниченным числом заболевших. Причиной более крупной вспышки в с. Аргел в 2013 г. стали косвенные факторы – загрязнение питьевой воды в результате неконтролируемого поступления в распределительную сеть вод орошения.

Выбор приоритетных показателей питьевых вод проводился на основании результатов анализов и с учетом последних рекомендаций ВОЗ. В местах водозабора в качестве репрезентативных выбраны: микробиологические показатели, минерализация (ТДС), жесткость, аммиак, нитриты, нитраты, фториды, перманганатная окисляемость. При водоподготовке приоритетное

значение приобретают мутность, щелочность, а также остаточные количества реагентов, в том числе обеззараживающих. В распределительных сетях репрезентативными являются микробиологические показатели и свободный (связанный) остаточный хлор. При выявлении причин и источника загрязнения воды в аварийных ситуациях определяются показатели свежего фекального загрязнения - термотолерантные микроорганизмы, минеральные азотсодержащие вещества, водородный показатель и хлориды. В целом при выборе региональных показателей питьевых вод в настоящее время, так же как и в 2003 г., контроль качества воды по микробиологическим показателям имеет первостепенное значение для всех компонентов оценки качества воды.

Заключение. На сегодняшний день можно утверждать, что санитарно-техническое состояние водопроводящей инфраструктуры и, как следствие, качество питьевой воды, а также общая эпидемиологическая ситуация в республике в целом улучшились. Число проб воды, не соответствующих нормам по микробиологическим показателям, в распределительных сетях сократилось примерно в 5 раз. По-прежнему, как и десять лет назад, к основным причинам несоответствия проб воды санитарно-гигиеническим нормам относится неудовлетворительное санитарно-техническое состояние систем водоснабжения и водоотведения и их ненадлежащее техническое обслуживание. Совместное проведение мониторинга и корректирующего воздействия, как неотъемлемой составной части процесса эксплуатации и обслуживания систем водоснабжения, имеет непрерывный характер и в перспективе может значительно понизить риски загрязнения питьевой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Հայաստանի Հանրապետության ջրային տնտեսության համակարգի բարեփոխումների ու զարգացման մասին // ՀՀ կառավարության որոշումներ ու ծրագրեր.- Երևան, 2001. - 27 էջ:
2. Руководство по контролю качества питьевой воды. Т.1. Изд 3-е / Всемирная организация здравоохранения.- Женева, 2004.- 325 с.
3. Խմելու ջուր. Ջրամատակարարման կենտրոնացված համակարգերի ջրի որակին ներկայացվող հիգիենիկ պահանջներ. Որակի հսկողություն // Սանիտարական կանոններ և նորմեր – N2-III-Ա2 -1 / ՀՀ առողջապահության նախարարի 25 դեկտեմբերի 2002թ. N876 հրաման:
4. **Бабаян Г.Г.** Эколого-гидрохимическая оценка современного состояния некоторых водных объектов Республики Армения.- Ереван: Зангак, 2006.- 210 с.

*Поступила в редакцию 15.02.2014.
Принята к опубликованию 11.07.2014.*

ԽՄԵԼՈՒ ՋՐԻ ՈՐԱԿ. 10-ԱՄՅԱ ԲԱՐԵՓՈՒՍՈՒՄՆԵՐ

Գ.Հ. Բաբայան, Մ.Վ. Բելլույան, Ա.Զ. Հակոբյան

Ուսումնասիրվել են ջրամատակարարման կենտրոնացված համակարգերով մատակարարվող ջրի որակի փոփոխման (բարելավման) միտումները՝ «Հայջրմուղկոյուղի» ՓԲԸ-ում իրականացված 10-ամյա ներդրումային բարեփոխումների ծրագրերի և վերականգնողական միջոցառումների արդյունքներով: Խմելու ջրի որակը գնահատվել է էկոհամակարգման սկզբունքների կիրառմամբ մշակված մեթոդաբանության միջոցով: Ըստ հինգ բաղադրիչների (ջրառ, ջրի մշակում, ջրի կուտակում, ջրաբաշխում, ջրօգտագործում) որոշվել են ջրի որակի ապահովման համար առաջնահերթ լուծում պահանջող խնդիրները: Յուրաքանչյուր բաղադրիչի համար գնահատվել են հնարավոր վտանգները և դրանց կայացման հավանականությունները, ինչպես նաև օպերատիվ և երկարաժամկետ միջոցառումների անհրաժեշտությունը:

Առանցքային բաներ. Խմելու և տնտեսական ջրի մատակարարում, խմելու ջրի որակի գնահատում, խմելու ջրի անվտանգության ապահովման սկզբունքներ:

DRINKING WATER QUALITY: 10-YEAR REFORM RESULTS

G.H. Babayan, M.V. Belluyan, A.Z. Hakobyan

The trends of quality changes (improvement) of the supplied drinking –domestic water for a 10-year period are studied as a result of investment projects and rehabilitation measurements carried out by “Armenian Water and Sewerage” CJSC. The quality of drinking water is assessed by applying the developed ecosystem approach methodology. The main issues for ensuring the quality of drinking water by 5 components of assessment are stressed - water intake, water treatment, storage, distribution, consumption. Potential hazards, as well as the need for quick and long-term actions for each component are identified.

Keywords: drinking water supply, drinking water quality assessment, principles of ensuring. The safety of drinking water.