

ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА

ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

в Республике МАРИЙ ЭЛ

В статье приводятся данные, свидетельствующие о санитарно-гигиенической оценке качества питьевой воды в Республике Марий Эл. Рассмотрена методика системного анализа экологического состояния водных ресурсов (в частности, интегральный показатель качества воды источников водоснабжения). Затронута проблема некачественной питьевой воды и влияние ее на организм человека. Информационное обеспечение такого управления ведется на основе данных, получаемых системой мониторинга водных объектов (МВО). Исходя из целей управления, формируются требования к системе МВО, которые, в свою очередь, определяют задачи и саму процедуру проектирования системы.



Введение

В 2000 г. был принят закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов». Принятие такого закона, казалось бы, должно оградить население от попадания опасных для здоровья человека веществ, но в данном направлении еще ряд нерешенных вопросов, вызывающих определенное опасение.

С точки зрения безопасности серьезной проблемой остается поступление на потребительский рынок питьевой воды. Некачественная питьевая вода по-прежнему остается одной из угроз здоровью населения Марий Эл.

В республике половина водопроводных сетей не соответствует требованиям государственных санитарных правил и нормативов. Не отвечает этим требованиям еще больший процент водоразборных колонок. В некоторых муниципальных образованиях микробное загрязнение питьевой воды превышает средне республиканское значение в 2-3 раза. А это значит, что население этих районов пьет из-под крана потенциально опасную воду [1].

Рациональный подход к формулировке про-

А.Н. Носова*,
старший
преподаватель
кафедры
«Стандартизация,
сертификация
и товароведение»
лесопромышленного
факультета,
Марийский
государственный
технический
университет (МарГТУ)

блем и задач проектирования объектов природопользования с применением системного анализа сокращает путь от постановки задачи до составления конкретных алгоритмов инженерных расчетов.

Использование природных ресурсов в настоящее время имеет серьезные препятствия, обусловленные высоким уровнем загрязнения природной среды, низкой эффективностью природоохранного законодательства, отсутствием эффективных и экологически чистых технологий освоения природных ресурсов и технических решений, что вызывает необходимость выработки идеологической концепции разработки систем мониторинга и управления технологическим освоением природных ресурсов.

Целью работы является оценка качества питьевой воды в Республике Марий Эл.

Задачи данного исследования: 1) проведение анализа и оценка факторов, влияющих на показатели качества питьевой воды; 2) контроль качества питьевой воды в Республике Марий Эл (г. Йошкар-Ола и пригороды); 3) статистическая обработка информации.

* Адрес для корреспонденции: NosovaAN@marstu.net

Материалы и методы исследования

Гигиеническая оценка качества воды источников водоснабжения и питьевой воды является важнейшей проблемой гигиены воды и водоснабжения. В свое время еще Г.В. Хлопин признавал, что санитарная оценка воды представляет довольно сложную и трудную задачу, чем, например, оценка качества пищевых продуктов. Гигиеническая оценка воды проводится специалистами – санитарными врачами.

Санитарно-гигиеническое и эпидемиологическое значение воды и, в частности, питьевой воды для человека обуславливается следующими основными четырьмя положениями:

♦ во-первых, вода для человека представляет собой жизненно необходимый пищевой продукт, которым постоянно покрывается физиологическая потребность организма, поскольку все процессы метаболизма – биохимические реакции протекают в жидкой фазе;

♦ второе положение определяется качеством питьевой воды. Качество воды зависит от присутствия в ней химических веществ в определенных концентрациях. Биологически избыточное или недостаточное содержание в питьевой воде некоторых макро- и микроэлементов может оказать вредное влияние на здоровье населения. Например, избыток фтора в питьевой воде проявляется флюорозом, при недостатке фтора – кариесом зубов. Нитраты в повышенном количестве вызывают у детей раннего возраста и ослабленных детей при искусственном вскармливании метгемоглобинемию. Увеличение онкологических заболеваний связывают с длительным действием тригалометанов питьевой воды;

♦ вода может быть источником распространения инфекционных заболеваний кишечной группы – дизентерии, брюшного тифа, паратифов, холеры и др.

♦ вода – важнейший фактор личной гигиены человека и благоустройства населенных мест. Существует прямая зависимость: чем больше водопотребление населения, тем выше его санитарная культура и ниже заболеваемость.

В целом для подземных вод Республики Марий Эл характерна высокая степень минерализации. Вода обладает повышенной щелочностью, обусловленной высоким содержанием гидрокарбонатов, а также жесткостью из-за обилия солей кальция и магния. В некоторых случаях отмечается превышение ПДК по содержанию железа и марганца, а также повышенная концентрация фторис-

Э.А. Анисимов,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Стандартизация, сертификация и товароведение» лесопромышленного факультета, Марийский государственный технический университет (МарГТУ)

С.И. Бастраков,
руководитель Федерального государственного управления здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии Республики Марий Эл»

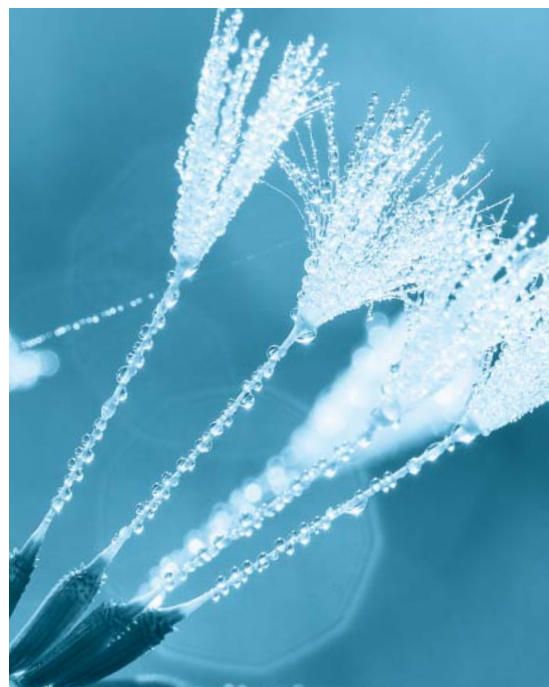
А.В. Смирнова,
студентка кафедры «Стандартизация, сертификация и товароведение» лесопромышленного факультета, Марийский государственный технический университет (МарГТУ)

тых соединений. В некоторых районах выделение ОКБ (общие колиформные бактерии) и ТБК (термотолерантные колиформные бактерии) превышают допустимого уровня. Употребление воды с сухим остатком, превышающим 1000 мг/л, может вызвать нагрузку на сердечно-сосудистую систему и тяжесть течения хронических болезней – ишемической болезни сердца, стенокардии, миокардиодистрофии, гипертонической болезни. Повышается риск их обострения, что может привести к инфаркту миокарда и т. п.

Известно, что вода с низкой минерализацией (сухой остаток до 50-100 мг/л) неприятна на вкус. Ее длительное употребление может вызвать нарушения водно-электролитного баланса и обмена минеральных веществ.

Постоянное употребление воды с повышенной жесткостью приводит к накоплению солей в организме и, в конечном итоге, к заболеваниям суставов (артриты, полиартриты), к образованию камней в почках, желчном и мочевом пузырях, расстройству кишечного-желудочного тракта. рН воды ниже 6,5-6,6 может отрицательно влиять на слизистую оболочку желудка.

Повышенное содержание железа в питьевой воде вредно для здоровья человека. При продолжительном введении в организм железа избыток его накапливается в печени в коллоидной форме оксида железа, который вредно действует на клетки печени, увеличивает риск инфарктов, негативно влияет на репродуктивную функцию организма. Приводит к неблагоприятным воздействиям на кожу, может сказаться на морфологичес-



ком составе крови, способствует возникновению аллергических реакций.

Постоянное употребление воды с повышенным содержанием железа – более 0,4–1 мг/кг массы тела в день, может привести к развитию гемохроматоза, то есть отложению соединений железа в органах и тканях.

Приведенные выше элементы могут придавать отрицательные свойства воде в случае их содержания выше нормативов. Поэтому проведем анализ интегрального показателя состояния подземных вод по содержанию трех групп химических веществ (минерализация – сухой остаток, жесткость и железо) (табл. 1).

В табл. 1 приведены исходные концентрации примесей по 10 мониторинговым контрольным точкам по г. Йошкар-Ола за январь 2010 г, определяющим сухой остаток, жесткость и концентрацию железа.

В процессе хозяйственной деятельности потребление воды может превосходить дебит одного источника. При этом случае возникает необходимость вовлечения в процессе водоснабжения группы источников, различающихся по качественным показателям. Для решения вопроса о качестве воды таких комплексных источников водоснабжения может быть введен интегральный показатель на основе мультипликативных функций. Такой подход существенно уточняет оценку показателей качества воды источников водоснабжения на основе ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения [2].

Концентрации в воде могут быть оценены в виде относительных показателей путем их сопряжения со стандартными значениями. В качестве стандартных значений для оценки экологического состояния источников водо-

Ключевые слова:

качество воды,
интегральный
показатель,
информационное
обеспечение,
мониторинг

снабжения примем величины предельно допустимых концентраций (ПДК) химических элементов [3]. Проведем анализ по содержанию трех групп химических веществ. Введем обозначения для трех групп концентраций веществ и ПДК, мг/л:

C_1 – концентрация веществ первого вида;

C_2 – концентрация веществ второго вида;

C_3 – концентрация веществ третьего вида;

ПДК₁ – предельно допустимая концентрация веществ первого вида;

ПДК₂ – предельно допустимая концентрация веществ второго вида;

ПДК₃ – предельно допустимая концентрация веществ третьего вида.

Относительные показатели концентраций химических веществ имеют вид:

$$X_1 = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} \text{ – относительная концентрация химических веществ первого вида;}$$

$$X_2 = \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} \text{ – относительная концентрация химических веществ второго вида;}$$

$$X_3 = \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} \text{ – относительная концентрация химических веществ третьего вида.}$$

В табл. 2 приведены значения относительных концентраций X_1, X_2, X_3 при значениях ПДК:

по сухому остатку ПДК₁ = 1 г/дм³;

по жесткости ПДК₂ = 7 моль/м³,

по железу ПДК₃ = 0,3 мг/дм³.

Построим данные таблицы 2 связи интегрального показателя для каждой из точек с соответствующими относительными концентрациями, в простейшем случае определяемого произведением относительных концентраций примесей по зависимости

$$Y^1 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$$

Таблица 1

Исходные концентрации (в долях ПДК)

| № контрольной точки | Сухой остаток (С1) | Жесткость (С2) | Железо (С3) |
|---------------------|--------------------|----------------|-------------|
| 1 | 0,31 | 5,0 | 0,10 |
| 2 | 0,18 | 2,7 | 0,05 |
| 3 | 0,15 | 2,3 | 0,10 |
| 4 | 0,17 | 2,7 | 0,11 |
| 5 | 0,30 | 3,9 | 0,21 |
| 6 | 0,32 | 2,6 | 0,04 |
| 7 | 0,19 | 2,6 | 0,10 |
| 8 | 0,19 | 2,5 | 0,12 |
| 9 | 0,20 | 2,6 | 0,13 |
| 10 | 0,17 | 2,3 | 0,06 |

Примечание: контрольные точки – участки в г. Йошкар-Оле Республики Марий Эл



Таблица 2

Связь интегрального показателя с относительными концентрациями

| № контрольной точки | Y ¹ | lgY ¹ | X ₁ | lgX ₁ | X ₂ | lgX ₂ | X ₃ | lgX ₃ |
|---------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
| 1 | 0,073 | -1,14 | 0,3121 | -0,51 | 0,71 | -0,15 | 0,33 | -0,48 |
| 2 | 0,012 | -1,92 | 0,18 | -0,74 | 0,39 | -0,41 | 0,17 | -0,77 |
| 3 | 0,016 | -1,796 | 0,1485 | -0,83 | 0,33 | -0,48 | 0,33 | -0,48 |
| 4 | 0,025 | -1,61 | 0,1707 | -0,77 | 0,39 | -0,41 | 0,37 | -0,43 |
| 5 | 0,116 | -0,93 | 0,2969 | -0,53 | 0,56 | -0,25 | 0,7 | -0,15 |
| 6 | 0,016 | -1,81 | 0,3228 | -0,49 | 0,37 | -0,43 | 0,13 | -0,89 |
| 7 | 0,023 | -1,64 | 0,1872 | -0,73 | 0,37 | -0,43 | 0,33 | -0,48 |
| 8 | 0,027 | -1,57 | 0,192 | -0,72 | 0,35 | -0,46 | 0,4 | -0,398 |
| 9 | 0,031 | -1,5 | 0,2023 | -0,69 | 0,36 | -0,44 | 0,43 | -0,37 |
| 10 | 0,011 | -1,95 | 0,1692 | -0,77 | 0,33 | -0,48 | 0,2 | -0,7 |
| Среднее | 0,035 | -1,46 | 0,21817 | -0,66 | 0,416 | -0,38 | 0,339 | -0,47 |

Логарифмирование показателей Y¹, X₁, X₂, X₃ производится для улучшения качества использования прикладного пакета для статистической обработки данных, например, пакета «СТАТИСТИКА».

В результате многофакторной регрессии строится линейная зависимость для уравнения вида lgY¹ = A₀ + A₁ · lgX₁ + A₂ · lgX₂ + A₃ · lgX₃, результаты обработки которого, с учетом данных, приведенных выше.

Получили следующие коэффициенты:

$$A_0 = -1.515076;$$

$$A_1 = -0.543919;$$

$$A_2 = -0.584514;$$

$$A_3 = -0.494690$$

После подстановки полученных величин коэффициентов уравнения регрессии с учетом соотношений A₁ = E₁, A₂ = E₂, A₃ = E₃, записывается логарифмическая форма уравнения

$$\lg Y^1 = A_0 + E_1 \cdot \lg X_1 + E_2 \cdot \lg X_2 + E_3 \cdot \lg X_3,$$

которое потенцируется и принимает вид:

$$Y = \frac{Y^1}{A_0} = X_1^{E_1} \cdot X_2^{E_2} \cdot X_3^{E_3}$$

$$\text{или: } Y = X_1^{0,36} \cdot X_2^{0,39} \cdot X_3^{0,33}$$

$$\text{где } E_1 = \frac{A_1}{A_0} = \frac{-0,543919}{-1,515076} = 0,36$$

$$E_2 = \frac{A_2}{A_0} = \frac{-0,584514}{-1,515076} = 0,39$$

$$E_3 = \frac{A_3}{A_0} = \frac{-0,494690}{-1,515076} = 0,33$$

Таким образом, относительная концентрация химических веществ: по сухому остатку ПДК₁ составляет 0,36 г/дм³; по жесткости ПДК₂ = 0,39 моль/м³; по железу ПДК₃ = 0,33 мг/дм³.

Величина интегрального показателя в функции содержания жесткости может быть

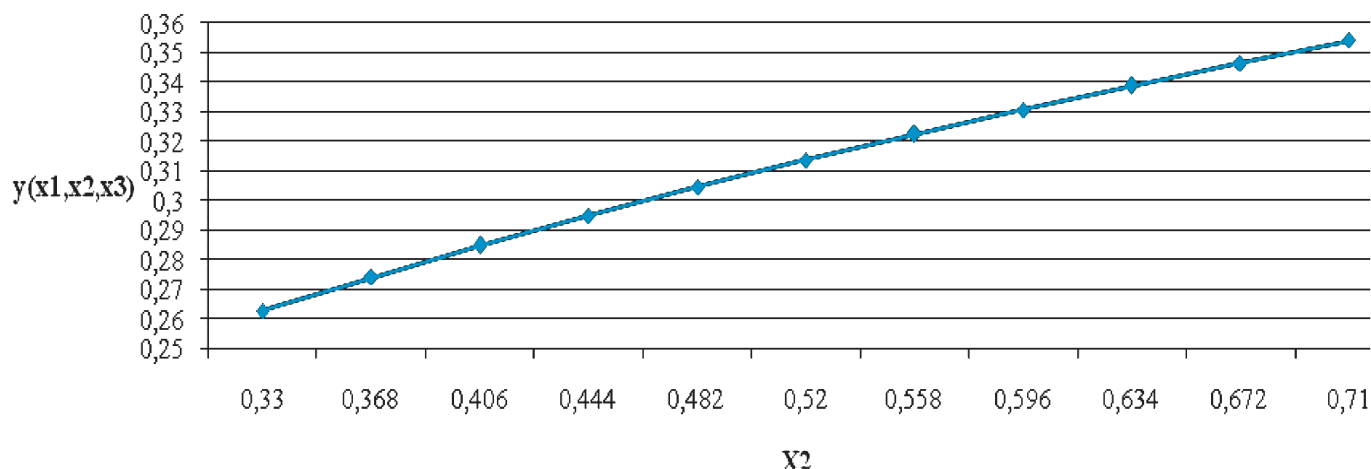


Рис. 1. График величины интегрального показателя в функции относительного содержания жесткости.

представлена графически при постоянных значениях остальных относительных концентраций загрязнений (рис. 1).

Величина уровня загрязнения водных ресурсов $POI=Y$ находится по величине интегрального показателя состояния подземных вод, который определяется по формуле:

$$POI = X_1^{0,36} \cdot X_2^{0,39} \cdot X_3^{0,33} = 0,21817^{0,36} \cdot 0,416^{0,39} \cdot 0,339^{0,33} = 0,287.$$

Заключение

Проблема улучшения качества питьевой водой имеет общегосударственное значение и требует комплексного решения. Высококачественная вода, отвечающая санитарно-гигиеническим и эпидемиологическим требованиям, является одним из непереносимых условий сохранения здоровья людей. Но чтобы она приносила пользу, ее необходимо очистить от всяких вредных примесей и доставить чистой человеку, и это является основной задачей государства.

В результате проведения анализа состояния и динамики освоения водных ресурсов региона составлена методика, при которой вычисляется интегральный показатель качества воды источников водоснабжения, включенных в процесс хозяйственной деятельности, на основе построения мультипликативной функции относительных показателей качества воды (концентраций химических веществ).



Полученные коэффициенты являются показателями эффективности влияния каждого из компонентов на интегральный показатель и при этом прослеживается взаимовлияние трех рассмотренных факторов. Так как максимальным является коэффициент E_2 (показатель эффективности, соответствующий содержанию жесткости, следовательно, он имеет наибольшее влияние на два других компонента и на интегральный показатель состояния; второй по величине показатель эффективности соответствует сухому остатку, наименьший показатель эффективности соответствует содержанию железа). Полученные результаты дают возможность корректировать действия, направленные на улучшение качества питьевой воды.

Литература

1. Государственные доклады «О санитарно-эпидемиологической обстановке в Республике Марий Эл» 2004–2009 гг.
2. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. М.: Стандартинформ, 2006 г., стр 2.
3. Поздеев А.Г. Системный эколого-экономический анализ состояния водных ресурсов/ А.Г. Поздеев, Е.Ю. Разумов, Ю.А. Поздеева., Е.В. Моспанова, А.В.Башкиров. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. 23 с.

A.N. Nosova, E.A. Anisimov, S.I. Bastrakov, A.V. Smirnova

DRINKING WATER QUALITY IN THE REPUBLIC OF MARIJ EL

Data on public health and drinking water quality in the Republic of Marij El have been represented in the article. Systematic approach in estimation of water resources ecological state has been described (particularly integral performance index of water

quality). Problems of low-quality drinking water and its influence on health have been covered. Information support is carried on the basis of water subject monitoring system (WSMS). Judging from management objectives basic requirements of WSMS are

formed, which in turn govern tasks and procedures of the system design.

Key words: water quality, integral indicator, information support, monitoring