
ХИМИЯ

УДК 613.31:543.3(048.8)

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО НЕКОТОРЫМ ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ¹

Л.Ф. Голдовская-Перистая, В.А. Перистый, А.А. Шапошников

Белгородский государственный университет, 308015, г.Белгород, ул. Победы, 85

В работе представлены результаты исследования химического состава питьевой воды централизованной системы водоснабжения Белгородской области. Установлено превышение гигиенического норматива жесткости воды и концентрации в ней ионов кальция и общего железа. Дана санитарно-гигиеническая оценка качества воды и ее возможного влияния на здоровье человека.

Ключевые слова: питьевая вода, жесткость, кальций, магний, железо, предельно допустимая концентрация.

В конце 20-го века со всей остротой встала проблема обеспечения всего населения планеты доброкачественной питьевой водой, которую можно отнести к первостепенной и самой приоритетной для человечества. Установлено, что 1100 млн. людей на Земле не обеспечено доброкачественной водой. Эта проблема остается актуальной и в начале 21-го века.

Вода относится к основным факторам, влияющим на здоровье людей. Отрицательное воздействие на организм человека могут оказывать не только вещества-загрязнители, но и естественные компоненты природных вод, если их концентрация значительно выше или ниже содержания необходимого для нормальной жизнедеятельности человека.

Запасы пресных вод (поверхностных и подземных), пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения, невелики. На их долю приходится около 2 % от общего объема воды Мирового океана. Более 98% всех водных ресурсов планеты представлены водами с повышенной минерализацией, которые малопригодны для хозяйственной деятельности. В связи с усиливающимся загрязнением поверхностных вод, будет возрастать роль подземных вод как источников водоснабжения. Подземные воды составляют 14% запасов пресных вод [1].

Ситуация с питьевой водой в России характеризуется как критическая – это прямая угроза здоровью населения. В связи с этим Государственной думой разработан проект Федерального закона «О питьевой воде», в котором впервые в нашей стране пред-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта БелГУ ВКГ 034-07



принята попытка правового регулирования в сфере питьевого водоснабжения. С 1 января 2007 года действует новый «Водный кодекс», который является законодательным актом по водопользованию.

Белгородская область относится к числу вододефицитных в Центральном Черноземье. Природная водообеспеченность в нашей области в 2,5 раза ниже среднероссийской и несколько ниже средне региональной [2]. Около 1% территории Белгородской области занято поверхностными водами. На территории области разведано 55 месторождений пресных подземных вод с общим эксплуатационным запасом около 1,4 млн. м³/сут. Из этих месторождений эксплуатируется только 27 [3,4,5].

Основным источником питьевых вод в Белгородской области являются подземные воды. Для централизованного питьевого водоснабжения в области используется только вода подземных источников. По данным Комитета природных ресурсов, централизованным водоснабжением обеспечено примерно 82% населения, что ниже, чем в среднем по Российской Федерации (90%). Около 80 % населения области пользуются питьевой водой, не отвечающей требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» по различным показателям. Например, к природным свойствам воды источников централизованного питьевого водоснабжения (ИЦПВ), обуславливающим ее несоответствие экологическим нормативам, следует отнести повышенную жесткость (высокое содержание катионов кальция и магния), превышение предельно-допустимой концентрации (ПДК) железа [6].

В опубликованных материалах есть только краткие сведения общего характера об избыточном или недостаточном содержании некоторых элементов в воде централизованной системы водоснабжения. Конкретные цифры, характеризующие минеральный состав водопроводной воды в различных районах области, отсутствуют.

Целью данной работы явилась гигиеническая оценка качества подземных вод Белгородской области, используемых для питьевых целей, по: общей и карбонатной жесткости, концентрации катионов кальция и магния и содержанию общего железа (II и III). Названные показатели входят в перечень гигиенических требований к качеству питьевой воды и имеют важное региональное значение.

Материал и методы исследования

Для исследования были взяты пробы воды из централизованной системы питьевого водоснабжения (водопроводной воды) в 9 районных центрах Белгородской области (Алексеевка, Белгород, Вейделевка, Ивня, Короча, Красная Яруга, Ракитное, Старый Оскол, Шебекино).

Для определения состава и свойств питьевой воды использовали стандартные методики [7]. Карбонатную жесткость определяли методом кислотно-основного титрования; общую жесткость – комплексонометрическим методом с трилоном Б в присутствии соответствующего индикатора; массовую концентрацию общего железа – фотоэлектроколориметрическими методами с сульфосалициловой кислотой и с 2,2-дипиридилем.

Мониторинг качества воды по выше указанным показателям ведется с 2002 года.

Результаты и обсуждение

В таблице представлены результаты определения карбонатной и общей жесткости, концентрации ионов кальция и магния, содержания общего железа в водопроводной воде. Сравним полученные результаты с гигиеническими требованиями и нормативами качества питьевой воды [8,9].

Значение общей жесткости варьирует от 6,7 до 11,4 ммоль·л⁻¹. По санитарным нормам общая жесткость питьевой воды не должна превышать 7 ммоль·л⁻¹ [8]. Из 9-ти исследованных нами районных центров только в Старом Осколе жесткость питьевой воды соответствует рекомендуемому нормативу, в остальных населенных пунктах она превышает указанный норматив. Особенно неблагоприятной для здоровья является во-

да в городах Алексеевка и Шебекино, ее жесткость составляет более $11 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$, что превышает даже допустимый для некоторых регионов гигиенический норматив $10 \text{ ммоль}\cdot\text{л}^{-1}$. Данная ситуация усугубляется еще и тем, что в воде этих городов (по сравнению с другими населенными пунктами) невелика доля устранимой (карбонатной) жесткости. Она составляет всего 61-65%, в то время как, например, в Ракитном, она составляет почти 93%. Анализ таблицы показывает, что в целом в исследуемых пробах водопроводной воды основную долю составляет карбонатная жесткость (примерно от 60 до 93% общей жесткости). Это объясняется природными факторами – распространением в нашей области месторождений мела (CaCO_3). Причины сравнительно высокой постоянной жесткости воды в Шебекино и Алексеевке (соответственно 35% и 39%) пока окончательно не выявлены. Однако, предположительно, это можно объяснить техногенными факторами, а именно, использованием на химических предприятиях г. Шебекино соляной, а особенно серной кислот (в производстве моющих средств). Эти кислоты со сточными водами могут попадать в водоносные горизонты и превращать карбонат кальция в соответствующие хлориды и сульфаты, которые и определяют постоянную жесткость.

Сравнение концентрации катионов кальция и магния показывает, что жесткость воды Белгородской области обусловлена преимущественно катионами кальция, концентрация же катионов магния невелика и составляет в большинстве проб 10-20% от общего содержания этих ионов в воде. Только шебекинская вода отличается сравнительно высоким содержанием ионов магния (более 30%).

Концентрация общего железа (II и III) практически во всех пробах в несколько раз превышает предельно допустимую ($0,3 \text{ мг/л}$). В Вейделевке содержание железа в воде также достигает ПДК. Только в Ивне вода удовлетворяет данному экологическому нормативу.

В подземных водах Старого Оскола, используемых для центрального водоснабжения, концентрация железа составляет 22 ПДК. Город Старый Оскол, как известно, находится в районе богатейшего месторождения магнитного железняка Fe_3O_4 .

Дадим санитарно-гигиеническую и биохимическую оценку полученным результатам. Кальций (Ca^{2+}) и магний (Mg^{2+}) стоят на первом месте среди макрокатионов, входящих в состав пресных подземных вод. Они поступают в подземные воды при растворении известняков, доломитов, гипса, при выветривании и разложении некоторых силикатов. В пресных подземных водах содержание кальция и магния измеряется десятками $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$. Присутствие этих ионов, как известно, обуславливает жесткость воды. Значение жесткости природных вод колеблется от единицы до десятков, сотен ммоль-эквивалентов на литр воды. С ростом минерализации воды количество кальция

Таблица

Химический состав и свойства водопроводной воды Белгородской области

№ п/п	Название населенного пункта	Жесткость, ммоль·л ⁻¹		Доля карбонатной жесткости, %	Концентрация, мг·л ⁻¹			Молярное отношение $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$
		Общая	Карбонатная		Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Алексеевка	11,4	6,9	60,5	174	33	6,2	3,2
2	Белгород	9,1	7,7	84,6	152	17	2,3	5,4
3	Вейделевка	9,8	7,1	72,4	128	41	0,3	1,9
4	Ивня	9,6	7,2	75,0	138	31	0,1	2,7

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Короча	9,2	6,8	73,9	128	34	0,7	2,3
6	Красная Яруга	8,2	6,1	74,4	125	24	0,5	3,1
7	Ракитное	8,4	7,8	92,9	118	27	4,3	2,6
8	Старый Оскол	6,7	5,5	82,1	117	12	6,7	5,9
9	Шебекино	11,2	7,3	65,2	127	58	0,7	1,3
	Гигиенический норматив качества питьевой воды, не более	7,0 (10) ^{a)}	–	–	–	–	0,3 (1,0) ^{a)}	
	Норматив физиологической полноценности питьевой воды, в пределах	1,5-7	–	–	25-130	5-65	0,3	

a) Величина, указанная в скобках, может быть установлена по постановлению главного государственного санитарного врача на соответствующей территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой водоподготовки.

уменьшается вследствие связывания его в малорастворимые сульфаты и карбонаты. Кроме того, кальций и магний могут переходить в поглощающий комплекс дисперсной части пород. Высокая сорбционная активность глинистых минералов и поглощающая способность растительных и животных организмов по отношению к кальцию лимитируют его содержание в воде. В водоносных горизонтах, содержащихся в осадочных породах, количество кальция обычно в 2-4 раза выше, чем магния. В водах изверженных пород это соотношение может изменяться в сторону увеличения количества магния. В большинстве природных вод магний играет подчиненную роль, несмотря на близкую к кальцию распространенность в природе, значительно более высокую растворимость в воде сульфата и карбоната и меньшую, чем у кальция, поглощаемость и биологическую активность. Объясняется это тем, что ион магния ввиду его небольших размеров, участвуя в формировании энергетически выгодных кристаллических решеток вторичных силикатов и доломитов, уходит из раствора [10,11].

В исследованных нами подземных водах, используемых для централизованной системы водоснабжения, отношение концентраций ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} (выраженных в ммоль-эквивалентах на литр) в большинстве проб также составляет 2-4 (см. таблицу). Однако в воде городов Белгород и Старый Оскол количество ионов кальция значительно больше, чем магния (соответственно в 5,4 и 5,9 раза). В шебекинской же воде относительно велика концентрация ионов магния и молярное отношение этих ионов составляет 1,3.

По содержанию в воде железо (Fe^{+2} и Fe^{+3}) занимает промежуточное положение между макро- и микрокомпонентами. В восстановительной среде железо может находиться в двухвалентном виде (Fe^{+2}) и содержание его иногда достигает 10-30 мг/л. В присутствии свободного кислорода двухвалентное железо переходит в воде в трехвалентное (Fe^{+3}), этому процессу также способствуют железобактерии. Трехвалентное железо в воде находится преимущественно в коллоидном состоянии в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$ [10,11].

Кальций играет важную роль в жизнедеятельности человека, он относится к биогенным макроэлементам, в основном откладывается в костях. Недостаток кальция является одной из причин несвертываемости крови. Одной из самых важных сторон физиологиче-

ского значения кальция является его влияние на общее физиологическое состояние протоплазмы: ее вязкость, проницаемость и другие свойства. Исключительно важна роль кальция как антагониста других катионов, в особенности катиона цинка и иона водорода. Тормозя поступление в клетку одних элементов, кальций в то же время стимулирует поступление других. Недостаток кальция в организме может отрицательно сказаться на костной системе, а также может вызвать заболевания сердечно-сосудистой системы [12]. Среднесуточное потребление кальция взрослым человеком должно составлять 1000 мг, из них усваивается только 500 мг, это потребность организма в кальции. Иными словами, употребление 3 л водопроводной воды жителями Алексеевки удовлетворит суточную потребность организма в кальции (без учета приема пищи).

Избыток кальция также вреден, как и недостаток. Систематическое употребление белгородской воды повышенной жесткости может привести к негативным воздействиям на здоровье. Сопоставление заболеваемости населения мочекаменной болезнью с жесткостью питьевых вод позволило ученым установить между ними определенную связь. Наибольшая заболеваемость этой болезнью наблюдается в регионах, где питьевая вода имеет жесткость от 16,0 до 23,0 ммоль·л⁻¹, наименьшая – в пределах 6,0-7,0 ммоль·л⁻¹. Жесткость воды от 7,0 до 16,0 ммоль·л⁻¹ характеризует средний уровень заболеваемости. При употреблении вод, жесткость которых превышает 10 ммоль·л⁻¹, происходит усиление местного кровотока, изменяется процесс фильтрации и реабсорбции в почках. Данное явление служит защитной реакцией организма, но из-за продолжительного влияния возникает истощение регулирующих систем. В конце концов, развиваются патологические изменения (мочекаменная болезнь, склероз, гипертоническая болезнь) [13]. Питьевые воды Белгородской области имеют преимущественно повышенную жесткость (от 7,0 до 11,0 ммоль·л⁻¹), особенно в Алексеевке. И в этом районе отмечается рост заболеваемости населения мочекаменной болезнью.

Считается, что присутствие в воде ионов тяжелых металлов и одновременно с этим дефицит кальция могут явиться комплексом, способствующим напряжению регуляторно-приспособительных систем организма, так как токсичность металлов в мягких водах увеличивается. Это объясняется способностью кальция конкурировать с ионами тяжелых металлов за специфический белок. В связи с этим, чем больше в воде ионов кальция, тем меньше белка остается на долю тяжелых металлов. Следовательно, дефицит кальция может быть фактором, способствующим увеличению токсичности [13].

Проблема минерального состава вод привлекает все большее число исследователей в связи с ростом числа сообщений об обратной зависимости между жесткостью воды и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний. Некоторые авторы утверждают, что благоприятное влияние на сердечно-сосудистую систему жестких вод обусловлено присутствием ионов магния [13]. У населения, употребляющего воду с низким содержанием магния, обнаружены более высокая заболеваемость коронарной болезнью, а также случаи внезапной смерти от сердечных приступов [13]. За счет жестких вод дефицит магния в пищевых продуктах может значительно снижаться, а потребление мягких вод может привести к еще большему дефициту его в организме. «Питьевой» магний может решать проблему дефицита магния в пищевом рационе [13]. Биологическая доступность магния из питьевой воды гораздо выше, чем из твердой пищи [14].

Магний относится к биогенным макроэлементам. Он находится в дентине и эмали зубов, а также в костной ткани. Магний находится в организме человека и в виде ионов, и в связанном состоянии с белками. Ионы магния более активные катализаторы, чем ионы кальция. Ионы магния входят в состав ферментов [14]. Гидролиз АТФ происходит при участии магния. Накопление магния происходит в поджелудочной железе, почках, печени и сердце. Среднесуточная потребность организма человека в магнии составляет 700 мг.

Ион кальция обычно бывает антагонистом иона магния в биохимических процессах. Так, ионы кальция подавляют активность многих ферментов, активируемых ионами

магния, например аденозинтрифосфатазу. При длительном поступлении в организм избыточных количеств солей магния наблюдается усиленное выделение кальция из костной ткани и некоторых белков [15]. Последнее возможно при употреблении шебекинской воды, которая обогащена ионами магния.

Железо относится к эссенциальным микроэлементам, необходимым для здоровья человека. Ранее железо относили к макроэлементам в связи с относительно высоким содержанием в организме. Однако если исключить гемоглобиновое железо, составляющее 75-80% от его общего количества, то концентрация этого элемента в тканях окажется равной концентрации типичных микроэлементов. Установлено, что 20-25% железа является резервным, 5-10% входит в состав миоглобина, около 1% содержится в дыхательных ферментах. Железо входит в состав более 70 различных ферментов [16].

Дефицит, избыток или дисбаланс микроэлементов в организме человека вызывает патологические процессы – микроэлементозы [16]. Недостаток железа в организме человека обычно проявляется в железодефицитных анемиях. Однако, как было отмечено выше, в воде Белгородской области отмечается значительное превышение ПДК по железу. Избыток железа в воде (1-5 мг/л) оказывает неблагоприятное влияние на кожные покровы человека, вызывая сухость и зуд. Но при длительном использовании такой воды развивается привыкание. Повышенное содержание железа ухудшает органолептические свойства воды, она неприятна на вкус, имеет бурый цвет. В водопроводных трубах происходит слизееобразование, присущее железобактериям.

Избыточное содержание железа в организме человека носит название «сидероз» или «гиперсидероз». Экзогенный сидероз нередко встречается у работающих в горно-рудной промышленности (добыча железной руды). Эндогенный сидероз чаще всего имеет гемоглобиновое происхождение и возникает в результате разрушения этого пигмента крови в организме. Гемохроматоз проявляется циррозом печени, пигментацией кожи, поражением суставов, кардиомиопатией и эндокринными нарушениями, включая сахарный диабет. Большая часть этих симптомов проявляется после отложения значительных количеств железа в органах через много лет. Иногда гемохроматоз развивается после избыточного применения лекарственных железосодержащих препаратов, содержащих, например, FeSO_4 .

Установлено, что всасывание избыточных количеств железа можно предотвратить или уменьшить пшеничными отрубями, соевым белком, чаем, кофе, приемом глины [16].

Опыты, проведенные учеными БелГУ на животных (крысах) показали, что повышенная концентрация кальция, магния и железа в питьевой воде вызывает морфофункциональные изменения в щитовидной железе подопытных животных. Изменения, обнаруженные в головном мозге, имеют признаки нарушения кровообращения. Установлено отрицательное влияние избытка кальция, магния и железа на нейроэндокринную систему [17].

Выводы

В работе установлено превышение гигиенических нормативов качества воды централизованных систем питьевого водоснабжения Белгородской области по жесткости, концентрации кальция и общего железа. Дана биохимическая и физиологическая оценка полученных результатов.

Список литературы

1. Природопользование / Под. ред. Э.А. Арустамова. – М.: Издательский Дом «Дашков и К^о», 2002. – 276с.
2. Дмитриева В.А. Антропогенная речных водосборов и экологические последствия // Материалы Международной научно-практической конференции: «Юг Рос-

сии в прошлом и настоящем: история, экономика, культура». – Белгород: Изд-во БГУ, 1998. – С. 195-196.

3. Хрисамов В.А., Петин А.Н., Яковчук М.М. Геологическое строение и полезные ископаемые Белгородской области. – Белгород: Изд-во БГУ, 2000. – 245с.

4. Экология Белгородской области / А.Н. Петин, Л.Л. Новых, В.И. Петина, Е.Г. Глазунов. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 288с.

5. Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области». Учебно-справочное картографическое пособие / Под. ред. Ф.Н. Лисецкого. – Белгород, 2005. – 179с.

6. Состояние окружающей природной среды Белгородской области в 1999 году (Ежегодный доклад Государственного комитета по охране окружающей среды Белгородской области) / Сост. и ред. Е.Г. Глазунов. – Белгород, 2000. – 132с.

7. Государственный контроль качества воды. – М. ИПК. Изд-во стандартов, 2001. – 698с.

8. СанПиН 2.1.4. 1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

9. СанПиН 2.1.4. 1116-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества».

10. Киссин И.Г. Вода под землей. – М.:Наука, 1976. – 230с.

11. Плотников Н.И. Подземные воды – наше богатство. – М.:Недра, 1990. – 205с.

12. Лутой Г.Ф. Химический состав питьевой воды и здоровье населения // Гигиена и санитария. – 1992. – №1. – С. 13-15.

13. Мудрый И.В. О влиянии минерального состава питьевой воды на здоровье населения (обзор) // Гигиена и санитария.- 1999.- №1. – С. 15-18.

14. Андрианова М.Ю., Дементьева И.И., Мальцева А.Ю. Магний и его баланс // Анестезиология и реаниматология.- 1995.- №6. – С. 73-76.

15. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. – М.: Медицина, 1985. – 288с.

16. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.:Медицина, 1991. – 496 с.

17. Надеждин С.В., Павлова Т.В., Павлова Л.А. Морфофункциональные особенности нейроэндокринных сдвигов в организме под влиянием микроэлементного состава питьевой воды на примере Белгородской области // Научные ведомости БелГУ. – 2002. – №1 (16), Серия Медицина. – С. 141-146.

HYGIENIC ESTIMATION OF QUALITY OF DRINKING WATER FROM WATER SUPPLY CENTRALIZED SYSTEM OF BELGOROD REGION ON BASE OF SOME CHEMICAL VALUES

L.F.Goldovskaya-Peristaya, V.A. Peristy, A.A. Shaposhnikov

Belgorod State University, 85 Pobeda Str., Belgorod, 308015

The results of the investigation of chemical composition of drinking water from water supply centralized system in Belgorod region are given. The excess of water hardness and calcium and sum iron ions content over sanitary limits is found. The sanitary evaluation of water quality and of its possible influence on human health is given.

Key words: drinking water, hardness, calcium, magnesium, iron, maximum concentration limit.