УДК: 543.3:613.32(571.63)

# ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ В СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЯХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

**Юрченко С.Г., Ткаченко Г.Г.**

*ФГБУ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г.Владивосток, Россия, e-mail: yurchenko@tig.dvo.ru*

Проанализирован химический состав питьевой воды с.Черниговка. Установлено, что минерализация, содержание кальция и магния в воде централизованной системы водоснабжения удовлетворяет гигиеническим требованиям. Концентрация биогенных веществ в питьевых водах значительно ниже ПДК. Раздельное определение растворенных и взвешенных форм позволило определить преобладающие формы миграции для железа и марганца.

**Ключевые слова: водоснабжение, питьевая вода, железо, марганец**

# CHEMICAL COMPOSITION OF TAP WATER IN THE RURAL SETTLEMENTS OF PRIMORSKII REGION

**Yurchenko S.G., Tkachenko G.G.**

*Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Russia, e-mail: yurchenko@tig.dvo.ru*

Chemical composition of drinking water of Chernigovka village has been investigated. It has been revealed that mineralization and content of the main ions are meeting the requirements for drinking water. Concentration of dissolved nutrients is well below the maximum permissible concentration. The separated definition of dissolved and suspended forms of iron and manganese allowed to determine predominant forms its migration.

**Keywords: water supply, drinking water, iron, manganese**

## Введение

Питьевые воды крупных городов, источником водоснабжения которых являются поверхностные воды, наиболее часто привлекают внимание исследователей, тогда как небольшие населенные пункты с водоснабжением из подземных источников остаются ими незамеченными. Преобладающая часть населения Приморского края (80,55%) охвачена централизованным водоснабжением, которое в равной степени обеспечивается водопроводами с поверхностными и подземными водоисточниками. На территории Приморского края, на примере г.Владивостока, наиболее полно рассмотрены особенности химического состава питьевых вод, поступающих из поверхностных источников [9, 6], поэтому в данном исследовании мы делаем акцент на некоторых особенностях химического состава вод, поступающих в систему водоснабжения из подземных источников.

Для своего исследования мы выбрали село Черниговка, которое находится на юге центральной части Приморского края. Водоснабжение села осуществляется из подземных источников, забор воды идет из четырех скважин глубиной от 80 до 120 м, которые оборудованы глубинными насосами. У водопроводной системы с.Черниговка есть несколько особенностей. Во-первых – водоснабжение села, с населением более 14 тысяч человек, осуществляется из 4 основных разводящих сетей (рис.1), которым соответствует свой источник водоснабжения. Однако хорошей питьевой водой, по опросам населения, могут похвастаться разве что жители одного микрорайона - «Мехзавод». В других же микрорайонах Черниговки качество водопроводной воды оставляет желать лучшего [3]. Вторая особенность - отсутствие сооружений водоочистки и наличие старых изношенных магистралей.

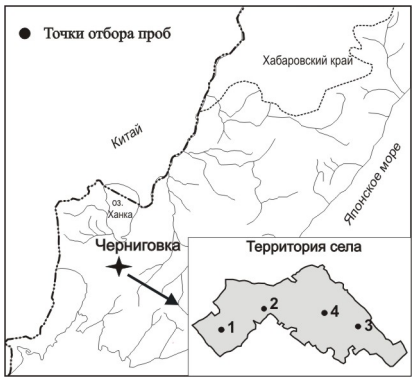


*Рисунок 1. Карта-схема точек отбора проб питьевых вод на территории с.Черниговка*

Цель исследования – выявление особенностей химического состава питьевой воды, поступающей из подземных источников.

Отбор проб был проведен в июле 2010 г., а также в марте, мае и сентябре 2011. Всего было отобрано и проанализировано 16 проб. Все отобранные пробы фильтро-

вали через мембранный фильтр (0,45 мкм). Кроме стандартных показателей химического состава: минерализации, pH, содержания основных макроионов (Ca, Mg, K, Na, $HCO_3$, $SO_4$, Cl) и биогенных соединений ($NO_2$, $NO_3$, $NH_4$, $PO_4$, Si) определяли концентрацию растворенных и взвешенных (переносимых в составе твердых частиц) форм железа и марганца.

**Результаты и обсуждения**

Анализ полученных данных показал, что водородный показатель воды в водораспределительных системах находится в пределах оптимального диапазона, установленного СанПиН для питьевых вод [5]. При этом следует отметить, что pH воды в водопроводе №4, в среднем, на 0,5 единиц ниже, чем в водопроводах №1-3.

Минерализация вод в магистральных линиях не превышает пределов, установленных гигиеническим нормативом. По этому показателю вся водопроводная вода в с.Черниговка относится к слабоминерализованной. Общая минерализация питьевой воды с.Черниговка соответствует минерализации воды г.Новодвинска, несмотря на то, что водоснабжение города осуществляется из поверхностного источника [7]. В период исследования были отмечены некоторые различия между общесолевым составом вод, поступающим к разным потребителям (рис.2), что объясняется различным составом источников поступления воды [10]. Так как источниками водоснабжения являются подземные воды глубиной залегания до 120 м, то сезонное изменение минерализации водопроводной воды, в отдельной магистрали, незначительное. Сезонное постоянство общесолевого состава питьевых вод с.Черниговка выгодно отличает их от вод, поступающих в систему питьевого водоснабжения от поверхностных источников [9].

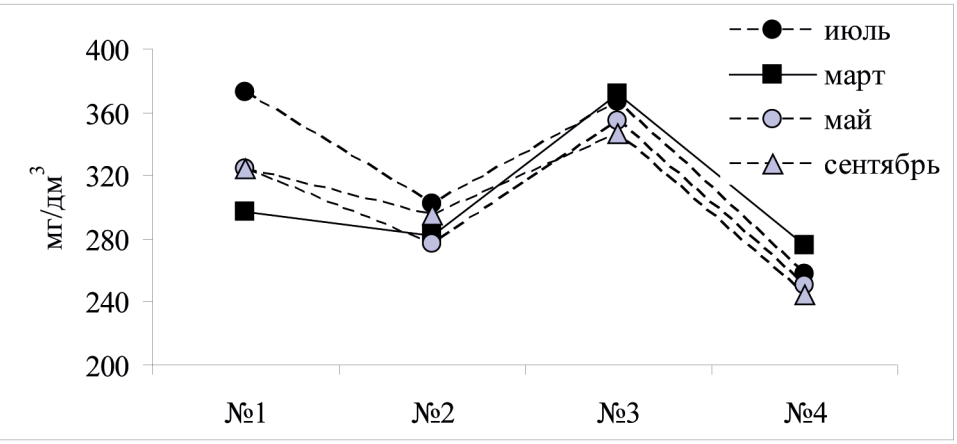


*Рис. 2. Сезонное изменение минерализации в водопроводной воде с.Черниговка*

По соотношению анионов вся питьевая вода имеет ярко выраженный гидрокарбонатный класс (ионы $HCO_3$ составляют более 85% от общего содержания анионов). Концентрация хлоридов и сульфатов остается ниже предела, рекомендованного ГОСТом в качестве допустимого.

По значению жесткости (1,3-2,6 мг-экв/дм$^3$) водопроводная вода относится к группе мягких вод. Жесткость исследуемой воды в 2-3 раза ниже, по сравнению с ее значениями в белгородской воде [1]. Как показывает проведенные нами исследования, жесткость черниговской воды в основном обусловлена наличием в ней ионов $Ca^{2+}$. Среднегодовое содержание кальция и магния в воде, отобранной в магистралях №1 и №3 находится в пределах установленных границ физиологической полноценности для питьевых вод. В водопроводе №2 и №4 их содержание чуть ниже, но приближается к нижнему пределу физиологической полноценности. В воде магистралей №3 и №4 ярко выражено преобладание кальция над натрием, тогда как в других магистралях соотношение Na:Ca составляет 1,2-1,9, что позволяет говорить об натриево-кальциевом и кальциево-натриевом классе исследуемой воды.

Количество взвешенных веществ в питьевой воде водопроводов №1 и №2 не превышает ПДК (до 1,5 мг/л) и изменяется в пределах от 0,1-0,4 мг/дм$^3$ в марте до 0,4-0,7 мг/дм$^3$ в сентябре. В водопроводе №3 содержание взвеси критически приблизилось к нормативу (1,3 мг/дм$^3$) и сезонных изменений отмечено не было.

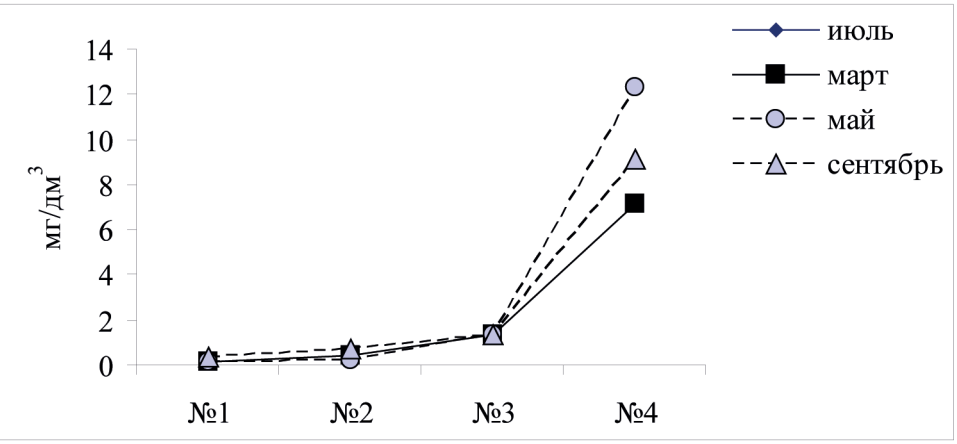


*Рис. 3. Сезонная динамика мутности в воде магистральных водопроводов*

Максимальное количество взвешенных веществ было отмечено в воде, отобранной из водопровода №4, куда поступает смешанная вода из пяти центральных скважин (рис.3). Согласно полученным результатам, содержание взвешенных веществ в данном водопроводе определяется присутствием трехвалентного железа (растворенные формы составляют не более 20% от валового количества металла). Это подтверждаются и визуальными анализами: при отборе, водопроводная вода прозрачна и чиста на вид. Однако даже при непродолжительном контакте с кислородом воздуха она приобретает желтовато-бурую окраску.

Биогенный состав водопроводной воды, представлен в таблице 1. Среди биогенных соединений наибольший интерес с точки зрения качества питьевых вод представляют соединения азота, из которых в питьевых водах наиболее характерны нитраты. Считается, что подземные водоносные горизонты, из-за отсутствия потребителя нитратов, в большей степени подвержены нитратному загрязнению, чем поверхностные водоемы. Анализ полученных данных показал, что концентрация нитратного азота в водопроводной воде с.Черниговка в марте и мае изменяется в пределах 0,03-0,95 мгN/дм$^3$, что значительно ниже ПДК и соответствует его содержанию в водопроводной воде г.Хива [4]. В сентябре концентрация нитратов в питьевой воде была на уровне чувствительности метода определения (<0,01 мгN/дм$^3$).

**Таблица 1**

Состав воды, поступающей к потребителям (усредненные данные) с.Черниговка

| Показатель | Питьевая вода | ПДК |
|---|---|---|
| pH | 6,96±0,46 | 6–9 |
| Сумма солей, мг/ дм$^3$ | 297,5±44,8 | 1000 |
| Жесткость, мг-экв/дм$^3$ | 1,9±0,6 | 7 |
| $Ca^{2+}$, мг/ дм$^3$ | 26,2±9,6 | 180 |
| $Mg^{2+}$, мг/ дм$^3$ | 9,9±3,1 | 65 |
| $Cl^-$, мг/ дм$^3$ | 2,92±1,88 | 350 |
| $SO_4^{2-}$, мг/ дм$^3$ | 10,6±7,8 | 500 |
| Мутность, мг/ дм$^3$ | 3,0±4,4 | 1,5 |
| Соединения азота, мгN/дм$^3$ $NO_3$ | 0,48±0,41 | 10 |
| $NO_2$ | 2,69±4,97 | 0,75 |
| $NH_4$ | 0,15±0,19 | 1,0 |
| $P_{общ.}$, мг P/ дм$^3$ | 0,019±0,009 | 1,1 |
| Si, мг/ дм$^3$ | 14,4±2,5 | 10 |
| F, мг/ дм$^3$ | 0,6±0,2 | 0,7-1,5 |

Примечание: среднее ± стандартное отклонение.

Нитриты - высокотоксичные соединения, более опасные для здоровья человека, чем нитраты. ПДК иона $NO_2^-$ для питьевой воды составляет 1,0 мгN/дм$^3$. В исследуемой питьевой воде нитриты содержатся в незначительных концентрациях, при этом выявляются некоторые различия между магистралями. Так, минимальное содержание нитритного азота было обнаружено в воде водопровода №4 (0-0,1 мкгN/дм$^3$), а максимальное – в магистрали №1 (0,7-12,5 мкгN/дм$^3$).

Содержания аммонийного азота в исследуемых магистралях низкие, а это свидетельствует об отсутствии ярко выраженного антропогенного воздействия на источники воды со стороны сельского поселения. Несмотря на это, полученные результаты позволяют разделить магистрали на две группы по его содержанию: в водопроводе №1 и №2 – чистые воды, а в магистрали №3 и №4 – умеренно загрязненные.

Содержание общего растворенного фосфора в исследуемых водах на несколько порядков ниже ПДК (табл. 1). Необходимо отметить, что концентрация фосфатов в воде водопровода №2 составляет 19-24 мкгР/дм$^3$, что 2-6 раз превышает их содержание в остальных магистралях.

Кремний является постоянным компонентом природных вод, что обусловлено повсеместным распространением его соединений в горных породах. Среднегодовое содержание кремния в водопроводной воде с.Черниговка показано в таблице 1. Как можно заметить, во всех отобранных пробах наблюдается превышение ПДК. Не стоит забывать, что источником исследуемой питьевой воды являются подземные воды, в которых, согласно литературным данным [8] среднее содержание кремния составляет 10-20 мг/л, что изначально превышает ПДК. Несоответствие качества подземных вод нормативным документам (по кремнию), обусловленное природными условиями формирования подземных вод отмечается на многих водозаборах Приморского края [2].

Фтор является устойчивым компонентом природных вод. Питьевая вода с концентрацией фтора более 0,2 мг/дм$^3$ является основным источником его поступления в организм. В исследуемой воде магистральных водопроводов содержание фтора колеблется, в основном от 0,4 до 0,7 мг/дм$^3$. Лишь в воде водопровода №1 его концентрация немного выше, и может достигать 1,28 мг/дм$^3$. Колебания концентрации фтора в течение года невелики. Содержание фтора в питьевой воде лимитируется. Так, повышенное содержание фтора в воде (более 1,5 мг/дм$^3$) оказывает вредное влияние на людей и животных, у населения развивается эндемический флюороз.

Железо и марганец, входящие в перечень гигиенических требований к питьевой воде и имеющих важное региональное значение, присутствуют в водах не только в виде растворенной, но и в виде взвешенной фракции. Как правило, изучение водопроводной воды сводится к анализу общего содержания этих элементов [4, 7]. В данной работе мы провели раздельное определение растворенных и взвешенных форм, что позволило определить преобладающие формы миграции для металлов (табл. 2).

Очистка воды от железа – непростая, хотя и наиболее распространённая проблема во многих населенных пунктах Приморского края. Особенно это относится к центральным районам, где в качестве источников централизованного водоснабжения используют подземные воды, которые характеризуются повышенным содержанием двухвалентного железа [2].

При сравнительной оценке полученных результатов установлено, что минимальное содержание, как растворенной, так и взвешенной формы железа обнаружено в воде, отобранной в водопроводе №2. В магистральном водопроводе №1 содержание железа также не превышает ПДК. Основная доля содержания железа в питьевой воде из этих магистралей приходится на его растворенную форму – 44-90%.

**Таблица 2**

Содержание железа и марганца в воде магистральных водопроводов с.Черниговка

| Форма элемента | Магистраль №1 | Магистраль №2 | Магистраль №3 | Магистраль №4 |
|---|---|---|---|---|
| Fe, мкг/дм$^3$ | | | | |
| Растворенная | 4,6-94,5 | 11,9-36,6 | 51,6-112,8 | 17,8-1303,7 |
| Взвешенная | 2,4-18,1 | 0,5-6,8 | 397,8-495,3 | 2471,8-4379,1 |
| Mn, мкг/дм$^3$ | | | | |
| Растворенная | 84,2-463,1 | 257,4-312,4 | 708,4-1041,7 | 145,9-287,3 |
| Взвешенная | 0,1-0,8 | 2,8-31,1 | 2,2-7,5 | 12,2-101,1 |

Другая картина наблюдается для магистральных сетей №3 и №4. Во-первых, концентрация железа в этих сетях составляет 1,6-18 ПДК. Во-вторых, доля содержания железа во взвешенной форме во всех пробах увеличивается до 77-90%. Вероятно, такие различия между магистралями связаны: 1 - с содержанием железа непосредственно в источниках поступления воды в водопровод; 2 – с особенностями водопроводной системы. Особенности водопровода №4 были отмечены выше, когда речь шла о взвешенных веществах. Отличие водопровода №3 заключается в том, что он проходит параллельно и в непосредственной близости с тепловыми сетями, тем самым вода постоянно имеет повышенную температуру.

Важная экологическая и физиологическая роль марганца, который в природных водах обычно сопутствует железу, вызывает необходимость его изучения и распределения в природных водах. В нашей стране допустимое содержание марганца в водопроводной питьевой воде - 0,1 мг/дм$^3$ [5]. Это больше, чем в Европе, но в пять раз меньше, чем в Америке.

Как показывают проведенные нами исследования, содержание марганца в водопроводной воде с.Черниговка составляет 1-4 ПДК. Во всех магистральных водоводах растворенная форма переноса марганца является основной (70-99% от общего содержания), что затрудняет процесс очистки питьевой воды от этого элемента обычными бытовыми фильтрами.

## Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что водопроводная вода с.Черниговка мягкая, пресная и соответствует нормативам физиологической полноценности питьевых вод.

Несмотря на разброс в содержаниях подвижных форм азота, уровни концентраций этих компонентов находятся в пределах допустимых содержаний для питьевых вод.

Вариабельность содержания железа в пробах воды объясняется особенностями магистральной системы.

Представленные сведения о формах миграции изученных металлов позволяют говорить, что для марганца в водопроводной воде характерно преобладание растворенной формы, в то время как роль растворенной формы в миграции железа зависит от многих факторов.

### Список литература

1. Голдовская-Перистая Л.Ф., Перистый В.А., Шапошников А.А., Денисов Е.А. Оценка качества питьевой воды Белгородской области по химическому составу и свойствам // Науч. ведомости Белгород. гос. ун-та. - 2008. - Т. 47, № 7. - С. 66-70.

2. Ковальчук В.К., Маслов Д.В. Гигиенические проблемы химического состава питьевой воды систем водоснабжения Приморского края // Тихоокеанский медицинский журнал. - 2006. - №3. - С. 60-63.

3. Конкретные шаги к решению проблемы водоснабжения районного центра [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.chernigovka.org/node/150 (дата обращения 21.05.2014).

4. Ниязметов М. Гигиеническая оценка качества воды в городе Хива // Гигиена и санитария. - 2001. - №2. - С. 30-31.

5. Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03 от 15 июня 2003 г.

6. Трунова И.Е., Зарецкая С.В. Гигиеническая оценка качества питьевой воды во Владивостоке // Тихоокеан. мед. журн. - 2006. - № 3. - С. 64-66.

7. Унгуряну Т.Н., Лыжина А.В., Дементьевский В.С. и др. Качество питьевой воды в г.Новодвинске Архангельской области по данным многолетнего мониторинга // Экология человека. - 2008. - № 4. - С. 6-10.

8. Воронов А.Н., Бохенска Т., Бродский А.К. Эколого-гидрогеологический словарь / под ред. А.Н.Воронова. – 2-ое изд., испр. и доп. – СПб.: С.-Петерб. ун-та, 2001. - 202 с.

9. Юрченко С.Г., Шулькин В.М. Особенности химического состава питьевых вод г.Владивостока // Вестник ДВО РАН. - 2010. - № 5. - С. 107-112.

10. Юрченко С.Г. Подземные источники централизованного водоснабжения села Черниговка // Дальний Восток России: география, гидрометеорология, геоэкология : материалы XI регион. науч.-практич. конф. (Владивосток, 23 апр. 2012). [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.dvfu.ru/documents/2619668/0/2013_Dalnij_Vostok_Rossii