

**Изменение качества родниковых вод в городах Иваново и Кохма  
Ивановской области**

© 2008. С.А. Буймова, В.В. Костров

Ивановский государственный химико-технологический университет

Проведена оценка уровня загрязнения трёх родников, расположенных на урбанизированных территориях (в г. Иваново и г. Кохма) и используемых в питьевых целях, а также водопроводной воды г. Иваново по химическим и микробиологическим показателям. Выявлены приоритетные поллютанты, присутствующие в родниковой воде. Исследована динамика качества родниковых вод во времени, а также выявлена взаимосвязь состава родниковой воды и места расположения контролируемых источников.

The degree of chemical and microbiological contamination of three drinking water springs situated in urbanized territories (in towns Ivanovo and Kokhma) as well as of running water in Ivanovo is evaluated. The priority pollutants in spring water are found out. The dynamic change of spring water quality in course of time as well as the dependence of spring water structure on the tested spring's dislocation is investigated.

В настоящее время всё большую остроту приобретает проблема пресной воды. В связи с глобальным загрязнением поверхностных вод централизованное водоснабжение в значительной степени ориентируется на подземные воды. Так, в России более 60% городов использует для водоснабжения подземные источники, а в странах Западной Европы – более 90% [1 – 3]. В связи с этим большой популярностью у населения Земли в настоящее время пользуется родниковая вода из-за её доступности, т. е. вода из мест естественной разгрузки грунтовых вод. Однако в условиях растущей техногенной нагрузки на окружающую среду подземные воды подвергаются всё большему загрязнению и истощению, поэтому качество родниковых вод, как правило, неизвестно.

Цель настоящей работы:

- 1) оценка уровня загрязнения родников, расположенных на урбанизированных территориях и используемых в питьевых целях;
- 2) исследование динамики качества родниковых вод во времени;
- 3) выявление возможных причин загрязнения родников.

Для анализа были отобраны пробы воды из трёх родников, расположенных в районе водосбора р. Волги, на территории городов Иваново и Кохма. Источники № 1 и № 2 (гг. Иваново и Кохма, соответственно) находятся на урбанизированной территории, в зоне повышенного антропогенного влияния, а родник № 3 (парк отдыха «Харинка») – в рекреационной зоне с пониженной антропогенной нагрузкой.

Пробы воды отбирались ежемесячно в течение 3,5 лет (2003 г. – I полугодие 2006 г.), при этом регистрировались температура воды, температура окружающего воздуха и расход воды из источника [4]. Одновременно с пробами родниковых вод анализировалась вода из системы водопровода г. Иваново.

Каждый из отобранных образцов воды был проанализирован по 44 показателям качества (на соответствие гигиеническим нормативам содержания веществ в питьевой воде [5, 6]), а именно: органолептическим (запах, привкус, цветность, мутность), микробиологическим (общее микробное число), обобщённым (рН, перманганатная окисляемость, жёсткость, общая минерализация, синтетические поверхностно-активные вещества), а также на содержание органических и неорганических веществ.

Для определения вышеперечисленных показателей использовались различные стандартные методы химического и физико-химического анализа [7 – 10], в т. ч. титриметрический, фотометрический, газожидкостной хроматографический, а также атомно-абсорбционная спектроскопия.

**Результаты исследований**

Наблюдения выявили, что **органолептические показатели** качества родниковой воды из источников № 1 и № 3 оставались одинаковыми на протяжении всего времени исследования. Пробы воды были прозрачными, бесцветными, без осадка, не имели запаха и вкуса. Родниковая вода из источника № 2 тоже была прозрачной, бесцветной, не имела запа-

ха и вкуса. Однако при отстаивании в ней образовывался осадок. При этом водопроводная вода г. Иваново имела желтоватый оттенок, неприятный запах и при отстаивании в ней формировался осадок.

Необходимо отметить, что почти на протяжении всего времени исследования в родниковой воде наблюдалось повышенное значение величины перманганатной окисляемости (ХПК), которая характеризует суммарное содержание окисляющихся органических и неорганических веществ (рис. 1).

В среднем, за весь период исследований, значения перманганатной окисляемости (ХПК) составляли: для воды из родника № 1 – 1,7 N; № 2 – 1,1 N; № 3 – 1,0 N, т. е. содержание различных загрязняющих веществ было значительно выше (примерно в 1,7 раз) в воде из источника № 1, по сравнению с родниками № 2 и № 3.

**Бактериологический анализ** проб родниковой воды показал (рис. 2), что вода из исследуемых источников не соответствует санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию общего микробного числа (ОМЧ).

При этом в воде из родника № 1 были обнаружены бактерии группы кишечной палочки (*E. coli*) и термотолерантные колиформные бактерии, которые указывают на недавно попавшее в воду фекальное загрязнение.

В среднем, за весь период исследований значения ОМЧ значительно превышали норму, установленную для питьевой воды, и составляли: для воды из родника № 1 – 4,2 N; № 2 – 4,0 N и № 3 – 7,6 N. Кроме того, для источников № 1 и № 2, расположенных в г. Иваново и г. Кохма, величины ОМЧ находились примерно на одном уровне, однако зна-

чение ОМЧ для воды из родника № 3 (находящегося в парке «Харинка» г. Иваново), было значительно выше (почти в 2 раза). Это может быть связано с биохимическими процессами окисления, происходящими в результате гниения опавшей листвы и хвои, находящейся на территории лесного массива. Кроме того, в период таяния снега различные микроорганизмы могут поступать в родниковые воды вместе с талыми водами путём инфильтрации.

В родниковой воде была определена величина **общей минерализации** (сухого остатка), которая характеризует содержание нелетучих растворённых веществ (главным образом минеральных) и органических веществ, температура кипения которых превышает 105–110 °С (рис. 3).

В среднем, за весь период исследований значения общей минерализации составляли: для воды из родников № 1 и № 2 – около 1,0 N, а из родника № 3 – 0,3 N, т. е. суммарное количество растворённых в воде трудно летучих органических и неорганических веществ было значительно ниже (примерно в 3,3 раза) в воде из источника № 3, расположенного в зоне пониженной антропогенной нагрузки (парке отдыха «Харинка»), по сравнению с родниками № 1 и № 2, находящимися в г. Иваново и г. Кохма. Это может быть связано с тем, что водосбор данного родника осуществляется с территории лесного массива, который поглощает минеральные компоненты.

Нужно отметить, что в большинстве случаев для всех исследованных родников прослеживалась сезонная зависимость изменения выше перечисленных показателей (рис. 1 – 3), а именно: рост наблюдался в марте, июне – июле, сентябре – октябре.

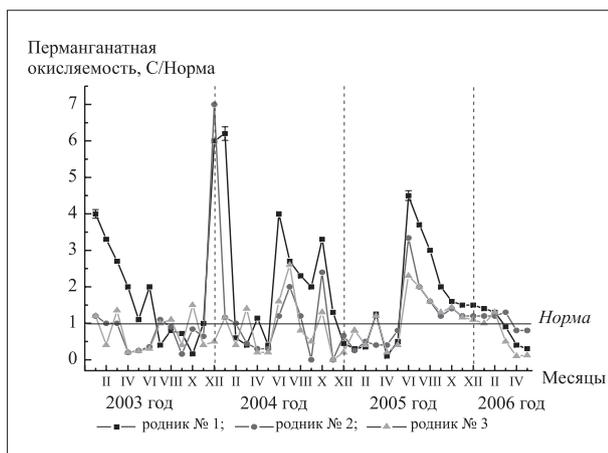


Рис. 1. Динамика ХПК для родников, расположенных на территории г. Иваново (№ 1 и № 3) и г. Кохма (№ 2), за период исследований 2003 г. – I полугодие 2006 г.

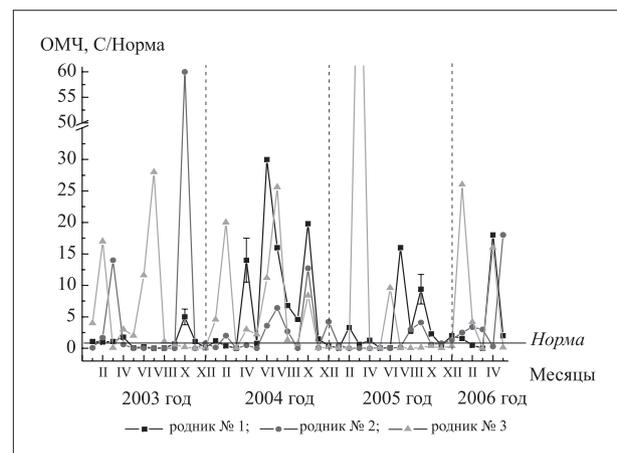
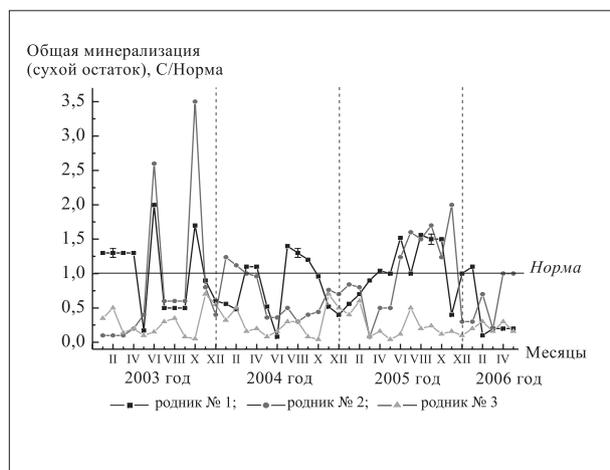


Рис. 2. Динамика общего микробного числа (ОМЧ) для родников, расположенных на территории г. Иваново (№ 1 и № 3) и г. Кохма (№ 2), за период исследований 2003 г. – I полугодие 2006 г.

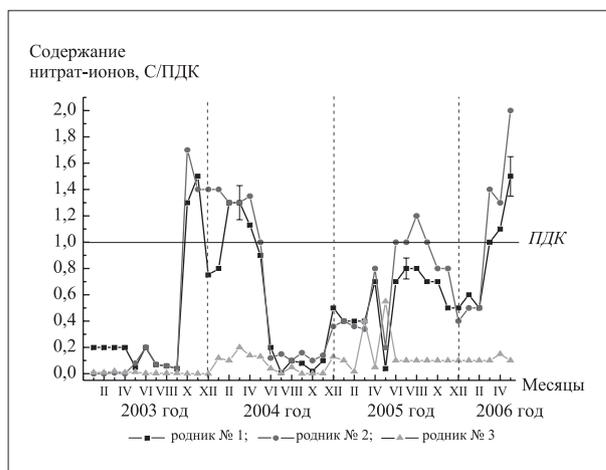


**Рис. 3.** Динамика общей минерализации для родников, расположенных на территории г. Иваново (№ 1 и № 3) и г. Кохма (№ 2), за период исследований 2003 г. – I полугодие 2006 г.

Кроме того, в родниковой воде из источника № 1 почти на протяжении всего времени исследования отмечались повышенные значения **общей жёсткости**, которая обусловлена присутствием растворимых и малорастворимых минеральных солей, главным образом Са и Mg (в основном  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$ ), при этом сезонной зависимости изменения данного показателя не прослеживалось. В свою очередь, для воды из родника № 2 (г. Кохма) величина общей жёсткости находилась на уровне нормативного значения, а суммарное содержание солей кальция и магния в воде из источника № 3 (парк «Харинка» г. Иваново), было значительно ниже (примерно в 2,0 раза) нормы. В среднем, за весь период исследований значения составляли: для родниковой воды из источника № 1 – 1,4 N; № 2 – 1,0 N, № 3 – 0,7 N.

Изменение величины общей жёсткости, в какой-то степени, аналогично изменению значения общей минерализации. Но поскольку вклад жёсткости в суммарную величину общей минерализации может быть ниже, то в воде родников, где наблюдаются превышения нормативного значения по величине жёсткости, общая минерализация не всегда превышает рекомендуемое СанПиН 2.1.4.1074-01 [6] значение.

Наблюдения показали, что в родниковой воде присутствовали и **синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)**. Источником поступления СПАВ являются хозяйственно-бытовые сточные воды, содержащие синтетические моющие средства. Нужно отметить, что для всех исследованных родников максимальные значения СПАВ были отмечены в 2005 г., причём рост наблюдался



**Рис. 4.** Динамика содержания  $\text{NO}_3^-$  для родников, расположенных на территории г. Иваново (№ 1 и № 3) и г. Кохма (№ 2), за период исследований 2003 г. – I полугодие 2006 г.

в марте, а снижение – в декабре. При этом концентрация СПАВ была значительно ниже (примерно в 2,0 раза в воде из источника, расположенного в зоне пониженной антропогенной нагрузки (парке отдыха «Харинка»), что в очередной раз доказывает очищающую способность лесного массива от различных загрязняющих веществ. В среднем, за весь период исследований содержание СПАВ было значительно ниже нормативной величины.

Кроме выше перечисленных показателей качества, в родниковой воде было определено содержание нитрат-ионов ( $\text{NO}_3^-$ ). Отметим, что в 2003–2006 гг. для воды из трёх исследованных родников не прослеживалось сезонной динамики содержания  $\text{NO}_3^-$  (рис. 4).

За весь период исследований содержание  $\text{NO}_3^-$  ионов в источниках, расположенных в зоне повышенного антропогенного влияния (гг. Иваново и Кохма) находилось примерно на одном уровне (0,6–0,7 ПДК), однако в воде из родника, находящегося в зоне пониженной нагрузки, содержание  $\text{NO}_3^-$  было значительно ниже (рис. 4).

Повышенное содержание  $\text{NO}_3^-$  в родниковой воде может быть связано как с природным, так и антропогенным фактором. Большинство минеральных удобрений содержат в своем составе нитраты, которые при избыточном или нерациональном внесении в почву могут приводить к загрязнению природных вод. Повышенное содержание  $\text{NO}_3^-$  в воде может служить индикатором загрязнения в результате распространения фекальных (бытовые сточные воды), либо химических загрязнений (сельскохозяйственных, промыш-

ленных и т. д.). Кроме того, на урбанизированных территориях источником поступления  $\text{NO}_3^-$  может быть конденсация  $\text{NO}_x$  от выхлопных газов автомобилей, а также стоки с дорог, в состав которых входят антигололёдные соединения.

Кроме выше перечисленных показателей, в родниковой воде было определено содержание таких металлов, как  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{Mn}_{\text{общ}}$  и  $\text{Pb}^{2+}$ . Отметим, что в некоторых случаях для воды из родников № 1 и № 2 наблюдалось аналогичное сезонное изменение содержания  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ . В среднем, за весь период исследований содержание  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  в родниковой воде из всех источников находилось примерно на одном уровне (0,3–0,4 ПДК) и значительно ниже ПДК.

Следует отметить, что за период исследований (2003 г. – I полугодие 2006 г.) для воды из родников, расположенных в городах, прослеживалась сезонная динамика содержания  $\text{Mn}_{\text{общ}}$  (рис. 5). Однако для воды из родника, находящегося в парке «Харинка», сезонной зависимости не выявлено, при этом для всех трёх исследованных родников в 2006 г. увеличение концентрации  $\text{Mn}_{\text{общ}}$  было отмечено в апреле и мае (рис. 5).

Повышенная концентрация  $\text{Mn}_{\text{общ}}$  в родниковой воде может быть связана с высоким природным содержанием этого металла в природных поверхностных и подземных водах Центрального региона России, включая и Ивановскую область.

Химический анализ проб родниковой воды показал, что содержание ионов  $\text{Pb}^{2+}$  во всех исследованных источниках было значительно ниже ПДК за весь период наблюдений, однако в феврале и марте 2006 г. наблюдался рост данного показателя. Максимальная концентрация ионов  $\text{Pb}^{2+}$  была обнаружена в родниковой воде г. Кохмы, а минимальная – в парке «Харинка» г. Иваново, при этом превышения ПДК составляли от 6,3 до 1,2 раза, соответственно.

Соединения  $\text{Pb}$  имеют глобальное распространение и обнаруживаются даже в самых отдалённых и неподверженных антропогенному воздействию местах земного шара. Источником загрязнения ионами  $\text{Pb}^{2+}$  по-прежнему остаются выхлопные газы автомобилей.

Таким образом, в исследованных источниках были обнаружены превышения по следующим показателям качества:

- для родниковой воды из источников, подверженных антропогенному воздействию (№ 1, 2), – по величине ХПК, общей жёсткости и минерализации, содержанию СПАВ,  $\text{NO}_3^-$ , метал-

лов ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{Mn}_{\text{общ}}$ ), а также количеству микроорганизмов, присутствующих в воде;

- для родниковой воды из источника № 3 – по величине ХПК, общей жёсткости, содержанию металлов ( $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$  и  $\text{Mn}_{\text{общ}}$ ), а также бактериологическим показателям (ОМЧ).

**Присутствие в родниковой воде выше перечисленных загрязняющих веществ, и особенно высокие значения ХПК и ОМЧ, указывает на слабую защищённость этих вод от загрязнения, связанного, в первую очередь, с антропогенной деятельностью человека.**

Нужно отметить, что употребление питьевой воды, в которой наблюдается постоянное превышение ПДК по целому ряду веществ, может стать причиной возникновения различных соматических заболеваний, либо вызывать генетические нарушения у следующих поколений.

Кроме родниковой воды из трёх источников, расположенных на урбанизированной территории в г. Иваново и г. Кохма, для сравнительной оценки качества питьевой воды были отобраны и проанализированы пробы воды из системы водопровода г. Иваново. Химический анализ показал, что водопроводная вода не соответствовала требованиям Сан-ПиН 2.1.4.1074-01 [5] по органолептическим показателям, а также величине  $\text{ХПК}_{\text{KMnO}_4}$ , которая превышала нормативное значение в 1,2 раза, в то время как в родниковой воде наблюдались превышения ПДК по целому ряду компонентов. Поэтому водопроводная вода г. Иваново является менее опасной (по основным контролируемым показателям качества) при её пероральном употреблении, по сравнению с родниковой.

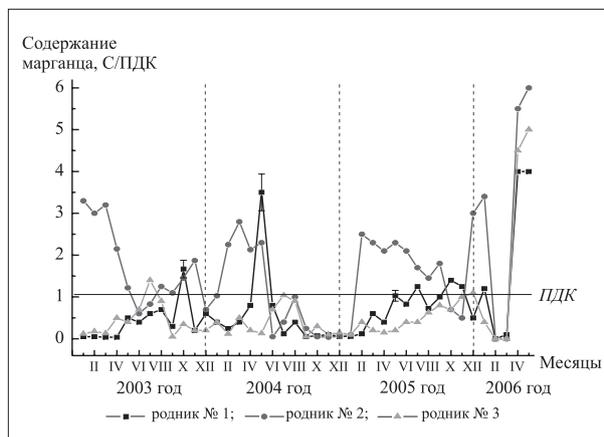


Рис. 5. Динамика содержания  $\text{Mn}_{\text{общ}}$  для родников, расположенных на территории г. Иваново (№ 1 и № 3) и г. Кохма (№ 2), за период исследований 2003 г. – I полугодие 2006 г.

Таким образом, в ходе исследовательской работы была проведена подробная оценка качества воды из родников, расположенных на урбанизированной территории (в городах Иваново и Кохма); отмечено наличие различного рода загрязняющих веществ; выявлены приоритетные поллютанты, присутствующие в родниковой воде; установлена зависимость влияния окружающей среды на содержание ряда компонентов в пробах родниковых вод; проведена сравнительная оценка качества родниковой и водопроводной воды г. Иваново.

### Выводы

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- 1) химический и микробиологический анализ проб родниковой воды показывает, что вода большинства исследованных родников не соответствуют санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию целого ряда веществ;
- 2) показано, что наиболее загрязнённой является вода из родников, расположенных на урбанизированных территориях, а именно в зонах повышенной антропогенной нагрузки (в городах – вблизи автотрасс и неорганизованных мест хранения бытовых отходов);
- 3) выявлено, что изменение содержания загрязняющих веществ в родниковых водах за исследуемый период (2003 г. – I полугодие 2006 г.) имеет тенденцию к увеличению, при этом наибольшее количество поллютантов и их максимальные концентрации отмечены в холодный (марте), тёплый (июне, июле, сентябре) и переходный (октябре) периоды года;

- 4) установлено, что родниковая вода отражает наличие даже незначительных загрязнений окружающей среды и, наряду с поверхностными водами, её можно использовать в качестве индикатора состояния окружающей среды в месте расположения источника.

### Литература

1. Шварц А.А. Экологическая гидрогеология. СПб: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1996. 60 с.
2. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справочник М.: Протектор, 1995. 624 с.
3. Скворцов Л.С. и др. Состояние и перспективы улучшения питьевого водоснабжения в РФ // Экология и промышленность России. 1996. № 9. С. 42- 43.
4. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
6. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.
7. ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости.
8. ГОСТ 18826-73. Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов.
9. ГОСТ Р 51209-98. Вода питьевая. Методы определения содержания хлорорганических пестицидов газожидкостной хроматографией.
10. ПНД Ф 14.1:2.22-95. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов железа, кадмия, свинца, цинка и хрома в пробах природных и сточных вод методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии.