Оригинальное исследование

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-4-459-481

О.А. Соболева, О.С. Щетинская, Л.Н. Анищенко

**Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского,
241036 г. Брянск, Российская Федерация**

Эколого-химическая оценка городских родников Брянской области

Цель данного исследования – представить анализ эколого-химического состояния вод городских родников Брянской области. Объектами данной работы стали 35 родников, расположенных на территории городов староосвоенного региона – Брянской области. Основные определяемые показатели: органолептические характеристики (вкус, запах, цветность, мутность), химические характеристики (кислотность, содержание сульфат-, хлорид-, нитрат-, нитрит-, фосфат-ионов, общая минерализация (сухой остаток), общая жесткость, общее содержание железа, содержание цинка). На месте отбора проб регистрировали дебит источника, температуру воды и окружающей среды. Исследования проводились в осенне-зимний период 2019/2020 гг. Отмечено, что все анализируемые родники относятся к классу малодебитных и благополучны по органолептическим показателям. По температурному режиму воды исследованных родников относятся к холодным. Обнаружены несоответствия нормативным требованиям по содержанию нитрат-ионов (18 из 35 родников), общей жесткости (15), общей минерализации (2), содержанию общего железа (1). Таким образом, вода 15 родников из 35 исследованных удовлетворяет всем нормативным требованиям по гидрохимическим показателям качества, предъявляемым к питьевым водам.

Ключевые слова: родники, качество воды, химический состав вод, Брянская область, экологический мониторинг

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Соболева О.А., Щетинская О.С., Анищенко Л.Н. Эколого-химическая оценка городских родников Брянской области // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10. № 4. С. 459–481. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-4-459-481

© Соболева О.А., Щетинская О.С., Анищенко Л.Н., 2020
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-4-459-481

O.A. Soboleva, O.S. Shchetinckaya, L.N. Anishchenko

Bryansk State Academician I.G. Petrovski University, Bryansk, 241036, Russian Federation

Ecological and chemical assessment of urban springs in Bryansk region

The purpose of the study is to present an analysis of the ecological and chemical state of the waters of urban springs in Bryansk region. The objects of this work were 35 springs located in the towns of the old-developed area – Bryansk region. The main indicators to be determined are organoleptic characteristics (taste, smell, color, turbidity), chemical characteristics (acidity, content of sulfate, chloride, nitrate, nitrite, phosphate ions, total salinity (dry residue), total hardness, total content of iron, zinc content). At the sampling point, the flow rate of the source, the temperature of the water and the environment were recorded. The studies were conducted in the autumn-winter period of 2019-2020. It is noted that all the analyzed springs belong to the class of low-yield and are organoleptically safe. According to the temperature regime, the water of the studied springs is cold. Discrepancies were found to regulatory requirements for: the content of nitrate ions (18 of 35 springs), total hardness (15), total mineralization (2), total iron content (1). Thus, 15 out of 35 studiedsprings satisfy all the quality indicators for drinking water defined in this work.

Key words: springs, water quality, chemical composition of springs, environmental monitoring, Bryansk region

CITATION: Soboleva O.A., Shchetinckaya O.S., Anishchenko L.N. Ecological and chemical assessment of urban springs in Bryansk region. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2020. Vol. 10. No. 4. Pp. 459–481. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-4-459-481

Введение

Брянская область – административный центр староосвоенного региона Нечерноземья РФ – богата выходами родников, изучение которых входит в целевую программу «Формирование Атласа родников и мониторинг», реализуемую с 2010 г.

Родники как выходы подземных и грунтовых вод на земную поверхность представляют собой уникальные природные объекты, несущие значительную научную ценность. Химический состав родниковых вод разнообразен и определяется, главным образом, составом разгружающихся подземных вод и общими гидрогеологическими условиями района.

Актуальность эколого-химического мониторинга родников обусловлена тем, что любое воздействие на окружающую среду приводит к нарушениям природных объектов и, в первую очередь, водных ресурсов, которые аккумулируют все виды загрязнений, особенно химических. Загрязнения природных вод связаны с высоким уровнем техногенеза, причем наибольшие антропогенные нагрузки на экосистемы родников наблюдаются в теплое время года [Зуева, Китаев, 2010; Бобров, Бышевская, 2016; Орехова, 2019]. Воздействие на родники проявляется, прежде всего, через их использование и обустройство, что приводит к несоответствию нормам СанПиН. Систематический контроль за качеством родниковых вод позволяет своевременно устанавливать факт и причины его изменения, исключая неблагоприятное воздействие на здоровье человека.

Исследования многочисленных родников в Нечерноземье РФ посвящены гидрохимии вод во временном разрезе [Шкаликов, Анкинович, 2013; Васюков, Шленкин, 2019]. Обнародованные данные анализов повсеместно выявляют загрязненность воды родников урбоэкосистем нитратным азотом.

Исследования по определению эколого-химических показателей родниковых вод Брянской области ведутся с 2012 г. [Жмакина, Плевако, Беликова, 2012; Плевако, Леонова, Зверева, Анищенко, 2014]. Исследователями предложена программа по химико-биологическому и рекреационному мониторингу родников, создана исходная мониторинговая база, ведение и дополнение которой – приоритетное направление по реализации программы «Вода России».

Цель работы – определение эколого-химических характеристик вод родников на территориях городских поселений Брянской области для ведения мониторинговой базы по направлению «Гидрохимия». Объект исследования – городские родники Брянской области. В процессе ведения гидрохимической мониторинговой базы предполагалось выявить

приоритетные показатели наблюдений за водами, перспективность многократных исследований эколого-химических данных родников, текущее состояние органолептики и гидрохимии.

Материалы и методы исследования

Территория Брянщины расположена в центральной части Восточно-Европейской платформы, простираясь от западной окраины Среднерусской возвышенности в сторону Днепровско-Припятской низменности и Смоленско-Московской возвышенности. Она находится на северо-западной окраине Воронежского кристаллического массива докембрийского времени, возраст которого более 570 млн лет. В ее строении выделяют два структурных этажа: нижний, кристаллический фундамент, и верхний, осадочный чехол [Шевченкова, 1994]. Кристаллический фундамент сложен смятыми в складки породами архея и раннего протерозоя (AR-PR1), а осадочный чехол – относительно спокойно залегающими отложениями позднего протерозоя (PR2), палеозоя (PZ), мезозоя (MZ), кайнозоя (KZ).

Климат Брянской области умеренно континентальный с теплым летом и умеренно холодной зимой. Средняя годовая температура колеблется от +4,5 °С в северных районах (Рогнедино) до +5,9 °С в южных (Севск). Средняя температура июля (самый теплый месяц года) – плюс 17,9 °С, января (самый холодный месяц года) – минус 8,5 °С.

Сбор сведений базы Атласа родников включает работу по инвентаризации и учету: определение местонахождения родника, характера его использования населением, дебита родника, органолептических и физико-химических показателей вод. Исследования проводились маршрутным методом, отбор проб и пробоподготовка проводились в соответствии с ГОСТ 31861–2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». На месте также регистрировали температуру воды и воздуха.

В процессе работы использовались стандартные методики. Органолептические характеристики определяли на основании ГОСТ Р 57164–2016 «Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности». Анализ показателей качества проводили по аттестованным методикам: pH – потенциометрическим методом; общую минерализацию (сухой остаток), содержание сульфат-ионов SO_4^{2-} определяли гравиметрией; общую жесткость, содержание хлорид-ионов Cl^- – титриметрически; содержание нитрат-ионов NO_3^-, нитрит-ионов NO_2^- (ГОСТ 33045–2014 «Вода. Методы определения азотсодержащих веществ»), фосфат-ионов PO_4^{3-} (ГОСТ 18309–2014. «Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ»), общее содержание железа – спектрофотометрически

(ГОСТ 4011–72 «Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа»). Химический анализ проводили на базе лаборатории «Охрана окружающей среды» естественно-географического факультета Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

В статье представлена часть экомониторинговой базы по результатам анализа 35 родников, расположенных на урбанизированных территориях Брянской области: 17 из них – на территории г. Брянска, 10 – на территории, входящей в состав городского округа Брянска, 4 – на территории г. Дятьково, 2 – г. Карачева, 1 – г. Сельцо, 1 – г. Трубчевска.

Вода всех источников активно используется населением: для питьевых и культовых нужд, для полива угодий подсобных хозяйств, для бытовых целей, несмотря на повсеместное снижение утилизационного значения родниковых вод.

При обследовании родников они рассматривались как индикаторные объекты загрязнения подземных вод, т.к. родники обладают исключительной чувствительностью к воздействию антропогенных факторов. Все анализируемые родники по режиму функционирования, согласно М.Е. Альтовскому [Гидрогеология, 1984, с. 149], относятся к постоянным.

Результаты и их обсуждение

Органолептические характеристики изучаемых природных вод представлены в табл. 1.

Санитарно-технические состояния каптажей родников № 1, 8–10, 15, 16, 18, 20, 21, 27, 32–35 и подхода к ним оценены как хорошие, родников № 2–7, 17, 19, 22–26, 28–31 – удовлетворительные, родников № 11–14 – неудовлетворительные.

По дебиту все анализируемые родники, согласно классификации Н.А. Маринова и Н.И. Толстихина, относятся к классу малодебитных. Минимальное значение дебита (0,0125 л/с) зарегистрировано для родника № 30, максимальное (0,883 л/с) – для родника № 19.

По температурному режиму воды исследованных родников относятся к холодным [Справочное руководство гидрогеолога, 1979]. Температура исследуемых родников лежит в диапазоне +5,5–10,6 °С при температуре воздуха от –3 до +1 °С. Температура воды источников зависит, в первую очередь, от особенностей устройства каптажей. Вода родников, накапливающаяся в емкостях (в бетонных колодцах, специально построенных резервуарах и др.), отличается, как правило, более высокой температурой. Родники, каптированные трубой, имеют менее высокую температуру воды. Отмечено, чем больше дебит родника, тем температура воды в них ниже.

ISSN 2500-2961

Таблица 1

Результаты органолептических показателей качества воды изучаемых родников
[Results of organoleptic indicators of water quality of the studied springs]

№	Родник [Spring]	Дебит, л/с [Flowrate, l/s]	Температура в осенне-зимний период, °С [Temperature in the autumn-winter period, °C]	Вкус и привкус [Taste and aftertaste]	Запах [Odor]	Цветность [Color]	Мутность [Turbidity]	Кислотность среды [Acidity]
Родники г. Брянска [*Bryansk springs*]								
1	Памятник природы областного значения «Нижний Судок» [Natural monument of regional significance “Nizhniy Sudok”]	0,218 ± 0,011	9,6	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,62
2		Подводный [Underwater]	9,1	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,48
3		Подводный [Underwater]	9,6	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,46
4		Подводный [Underwater]	4,1	1	2	Слабо-желтая [Faint yellow]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	8,02
5	Парк «Звёздный» [“Zvezdniy” Park]	0,052 ± 0,001	7,9	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,57

6	Памятник природы областного значения «Верхний Судок» [Natural monument of regional significance “Verkhniy Sudok”]	Подводный [Underwater]	5,2	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,51
7		Подводный [Underwater]	5,4	2	2	Слабо-желтая [Faint yellow]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,45
8	Ост. Памятник Болгарским патриотам [“Pamyatnik Bolgarskim patriotam” stop]	0,806 ± 0,027	7,5	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,88
9	Ул. Сакко и Ванцетти [Sakko i Vantsetti street]	0,333 ± 0,011	7,9	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,76
10		0,254 ± 0,010	8,3	1	1	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,61
11	Ул. Подарная [Podarnaya street]	Подводный [Underwater]	10,6	1	1	Слабо-желтая [Faint yellow]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,25
12		0,139 ± 0,097	6,85	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	8,05
13		Подводный [Underwater]	7,1	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,52

ISSN 2500-2961

Продолжение табл. 1

№	Родник [Spring]	Дебит, л/с [Flowrate, l/s]	Температура в осенне-зимний период, °C [Temperature in the autumn-winter period, °C]	Вкус и привкус [Taste and aftertaste]	Запах [Odor]	Цветность [Color]	Мутность [Turbidity]	Кислотность среды [Acidity]
14	Ул. Карачижская [Karachzhskaya street]	Подводный [Underwater]	7,2	0	1	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	8,14
15	Святой источник «Тихвинский» [Holyspring “Tikhvin”]	0,069 ± 0,005	7,1	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,56
16	Святой источник, ул. Верхняя Лубянка [Holy spring, Verkhyaya Lubyanka street]	0,125 ± 0,004	8	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,50
17	Мкр-н «Камвольный» [Microdistrict “Kamvolnyi”]	0,121 ± 0,006	9,8	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,41
Родники на территории, входящей в состав г. Брянска [*Springs in the territory of the city of Bryansk*]								
18	Пос. Чайковичи [Chaikovitchi village]	0,144 ± 0,010	8,6	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,46
19		0,883 ± 0,053	7,7	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,35

20	Пос. Бежичи [Bezhitchi village]	0,167 ± 0,022	6,5	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,79
21		0,241 ± 0,031	6,0	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	8,02
22		0,0392 ± 0,0018	7,1	1	0	Слабо-желтая [Faint yellow]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,88
23	Пос. Бордовичи [Bordovitchi village]	0,0962 ± 0,0092	7,1	0	1	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,66
24		0,143 ± 0,010	7,0	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,74
25		0,0417 ± 0,0026	6,9 при +1 [6.9 at air temperature +1]	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,47
26		0,0238 ± 0,0011	6,3 при +1 [6.3 at air temperature +1]	1	0	Слабо-желтая [Faint yellow]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,73

ISSN 2500-2961

Окончание табл. 1

№	Родник [Spring]	Дебит, л/с [Flowrate, l/s]	Температура в осенне-зимний период, °C [Temperature in the autumn-winter period, °C]	Вкус и привкус [Taste and aftertaste]	Запах [Odor]	Цветность [Color]	Мутность [Turbidity]	Кислотность среды [Acidity]
27	Святой источник иконы Божией Матери «Троеручица» [Holy spring of the icon of the Mother of God “Three-handed”]	0,655 ± 0,057	8,1 при –2 [8.1 at air temperature +1]	1	3 (сульфидный) [3 (sulfide)]	Желтая [Yellow]	Слабо-мутная [Slightly turbid]	6,86
Родники г. Дятьково [*Springs in Dyatkovo*]								
28	Святой источник, ул. Герцена [Holy spring, Herzen street]	Подводный [Underwater]	6,4	0	1	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,60
29	Святой источник, ул. Приозерная [Holy street, Priozyornaya street]	0,0643 ± 0,0063	5,6	0	1	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,62
30	Пер. Жиров [Zhirov side street	0,0125 ± 0,0004	5,5	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,86
31	«Три колодца» [“Thee wells”]	Подводный [Underwater]	5,7	0	1	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,76

Родник г. Сельцо [*Spring in Seltso village*]								
32	Святой источник Пантелеймона-Целителя [Holy spring of the Healer Panteleimon]	0,118 ± 0,0123	7,1	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,70
Родник г. Трубчевска [*Spring in Trubchevsk*]								
33	Святой источник Нила Столбенского [Holy spring of Nil Stolbensky]	0,123 ± 0,011	7,8	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,50
Родники г. Карачева [*Springs in Karachev*]								
34	Святой источник Архистратига Михаила [Holy spring of Archangel Michael]	0,188 ± 0,49	8,0	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [Not noticeable (absent)]	7,34
35		0,125 ± 0,023	8,1	0	0	Бесцветна [Colorless]	Не заметна (отсутствует) [not noticeable (absent)]	7,39

Измерения концентрации ионов водорода показали, что pH родниковых вод не выходит за пределы нормативного значения и составляет, в среднем, 7,61. Величина pH имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах: показатель определяет развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон.

В зависимости от pH исследуемые родниковые воды отнесены к следующим группам: воды родников № 2, 3, 7, 11, 17–19, 25, 27, 34, 35 – нейтральные; воды родников № 1, 4–6, 8–10, 12–16, 20–24, 26, 28–33 – слабо-щелочные [Гидрохимические показатели состояния окружающей среды, 2010].

В целом, воды всех исследуемых родников удовлетворительны по органолептическим характеристикам.

В соответствии с гигиеническими требованиями к качеству питьевой воды интенсивность запаха не должна превышать двух баллов. Из всех исследуемых родников данному показателю не соответствует родник № 27 (Святой источник иконы Божьей матери «Троеручница»), характеризующийся заметным сульфидным запахом. Так как pH данной воды 6,86, то запах обусловлен содержанием H_2S и HS-форм. Главным источником сероводорода и гидросульфид-ионов в поверхностных водах являются восстановительные процессы, притекающие при бактериальном разложении и биохимическом окислении органических веществ естественного происхождения и веществ, поступающих в водоемы со сточными водами. Наличие в природной воде сероводорода служит показателем ее сильного загрязнения и анаэробных условий.

Мутность природных вод вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми и коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. По данному показателю все образцы воды соответствуют гигиеническим требованиям.

Цветность природных вод обусловлена, главным образом, присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа, наличие которых зависит от геологических условий, водоносных горизонтов, характера почв, наличия болот и торфяников в бассейне реки и т.п. Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водных растительных и животных организмов из-за резкого снижения концентрации растворенного кислорода в воде, который расходуется на окисление

соединений железа и гумусовых веществ. Цветность воды изучаемых родников соответствует установленным нормам.

Результаты химических показателей образцов воды исследованных родников представлены в табл. 2.

Наибольшие отклонения от принятых нормативов отмечены по показателю «общая жесткость»: 23 родника из 35 исследованных не соответствуют нормам ПДК. По данному показателю источники можно разделить на три группы [Всеволожский, 1991]:

1) источники с высоким суммарным содержанием солей Ca и Mg, превышающим значения ПДК (больше 10 °Ж), это родники № 5–7, 11–15, 17–18, 22, 32–35; воды этих родников классифицируются как очень жесткие;

2) вода, соответствующая нормативам по общей жесткости (7–10 °Ж), родники № 1–4, 10, 16, 20, 21, 23–26, тип жестких вод;

3) родники, в воде которых содержание солей Ca и Mg меньше нормы (меньше 7 °Ж), родники № 8, 9, 19, 27–31; по классификации [Всеволжский, 1991] воды родников № 8, 9 жесткие, воды родников № 19, 27–30 – умеренно-жесткие, вода родника № 31 – мягкая.

Таким образом, почти половина (15 из 35) изучаемой родниковой воды относится к группе очень жёстких: средняя жесткость воды – 9,6 °Ж. Постоянное применение природной воды может привести к нарушению функции почек, сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата и органов пищеварения [Степанов, 2015].

Завышенные показатели общей жесткости обусловлены особенностями геологического строения Брянской области, т.к. основная водоносная порода для родников имеет карбонатное сложение (мел, мергель, трепел).

Повышенное количество соединений азота в природных водах свидетельствует о загрязнении водоисточника. Нитраты поступают в природные воды со сточными водами и со стоком с сельскохозяйственных угодий. Азот – это один из первостепенных биогенных элементов, что обусловливает применение его соединений в качестве удобрений, но с этим же связан вклад вынесенного с сельскохозяйственных земель азота в развитие процессов эвтрофикации. По ландшафтным условиям участки расположения большинства изучаемых родников приходятся на сельскохозяйственные районы. Превышение содержания нитратов обусловлено еще и достаточно незначительной глубиной водоносного слоя (от 7–8 до 10–15 м), также родники не защищены от канализационных и иных стоков.

ISSN 2500-2961

Таблица 2

Результаты химического анализа исследованных родников
[The results of the chemical analysis of the studied springs]

Родник [Spring]	**pH**	**Нитрат-ионы NO_3^-, мг/л [Nitrate ions NO_3^-, mg/l]**	**Нитрит-ионы NO_2^-, мг/л [Nitrite ions NO_2^-, mg/l]**	**Фосфат-ионы PO_4^{3-}, мг/л [Phosphate ions PO_4^{3-}, mg/l]**	**Хлорид-ионы Cl^-, мг/л [Chloride ions Cl^-, mg/l]**	**Общая жесткость, °Ж [Total hardness]****	**Железо общее, мг/л [Total iron, mg/l]**	**Сульфат-ионы SO_4^{2-}, мг/л [Sulfate ions SO_4^{2-}, mg/l]**	**Общая минерализация (сухой остаток), мг/л [Total mineralization (dry residue), mg/l]**	**Цинк, мг/л [Zinc, mg/l]**
*ПДК [MAC]**	*6–9*	*45*	*3,3*	*3,5*	*350*	*7–10*	*0,3*	*500*	*1000*	*5*
1	7,62	**69,5**	0,014	0,35	54,2	7,9	0,067	65,6	553	1,42
2	7,48	**59,2**	$9{,}2 \cdot 10^{-3}$	0,63	54,6	8,2	0,069	79,1	600	0,97
3	7,46	**57,1**	$6{,}9 \cdot 10^{-3}$	0,38	47,0	8,1	0,079	63,1	542	1,18
4	8,02	1,98	0,052	0,90	69,7	7,7	0,16	69,6	**1131**	1,62
5	7,57	**122**	0,021	0,65	95,4	**10,8**	Следы [Traces]	60,5	956	0,61
6	7,51	**109**	Следы [Traces]	1,61	33,7	**10,3**	Следы [Traces]	81,1	512	1,06
7	7,45	3,56	0,011	1,96	33,2	**10,2**	Следы [Traces]	79,8	539	0,85

8	7,88	12,4	$5,7 \cdot 10^{-3}$	1,08	5,5	6,2	Следы [Traces]	1,0	401	0,18
9	7,76	42,6	$6,0 \cdot 10^{-3}$	0,36	9,5	6,4	Следы [Traces]	8,2	412	Следы [Traces]
10	7,61	26,0	$9,2 \cdot 10^{-3}$	0,51	21,4	7,3	Следы [Traces]	18,9	389	Следы [Traces]
11	7,25	**137**	$9,5 \cdot 10^{-3}$	0,32	111	**11,8**	0,10	77,3	924	Следы [Traces]
12	8,05	**164**	0,013	0,31	106	**10,3**	0,074	471	**1054**	Следы [Traces]
13	7,52	**168**	0,017	0,78	96,3	**12,3**	0,094	450	960	Следы [Traces]
14	8,14	**110**	0,026	0,39	103	**20,1**	0,11	38,3	771	1,12
15	7,56	**146**	0,014	1,58	87,8	**11,2**	0,074	94,7	459	1,33
16	7,50	4,37	$7,2 \cdot 10^{-3}$	0,77	72,0	8,7	0,086	62,5	566	0,19
17	7,41	**69,9**	0,019	1,09	33,1	**11,6**	0,086	129	537	0,31
18	7,46	**99,2**	0,019	0,61	60,8	**10,6**	0,077	157	642	Следы [Traces]
19	7,35	**63,5**	0,013	0,64	36,3	6,3	0,063	69,6	425	0,82
20	7,79	8,15	0,014	0,30	14,7	8,3	0,12	40,4	101	0,88
21	8,02	2,06	0,023	0,35	9,5	9,2	0,11	38,8	188	0,48

ISSN 2500-2961

Окончание табл. 2

Родник [Spring]	**pH**	**Нитрат-ионы NO_3^-, мг/л [Nitrate ions NO_3^-, mg/l]**	**Нитрит-ионы NO_2^-, мг/л [Nitrite ions NO_2^-, mg/l]**	**Фосфат-ионы PO_4^{3-}, мг/л [Phosphate ions PO_4^{3-}, mg/l]**	**Хлорид-ионы Cl^-, мг/л [Chloride ions Cl^-, mg/l]**	**Общая жесткость, °Ж [Total hardness]****	**Железо общее, мг/л [Total iron, mg/l]**	**Сульфат-ионы SO_4^{2-}, мг/л [Sulfate ions SO_4^{2-}, mg/l]**	**Общая минерализация (сухой остаток), мг/л [Total mineralization (dry residue), mg/l]**	**Цинк, мг/л [Zinc, mg/l]**
22	7,88	**47,0**	0,017	0,69	20,2	**10,2**	0,084	39,6	582	3,2
23	7,66	**75,9**	0,014	0,44	14,4	9,7	0,096	43,1	468	1,19
24	7,74	28,8	0,023	0,85	10,1	8,3	0,082	32,8	302	1,47
25	7,47	13,1	0,033	0,51	15,3	9,7	0,14	51,8	438	Следы [Traces]
26	7,73	34,3	0,032	0,26	19,0	9,2	0,068	96,7	408	0,92
27	6,86	следы	0,018	0,55	37,4	3,2	0,89	441	416	0,37
28	7,60	8,88	0,011	1,39	17,4	6,3	0,076	54,2	299	0,36
29	7,62	12,6	0,012	1,34	9,9	4,7	0,099	50,6	352	1,68
30	7,86	0,681	0,021	0,47	3,8	5,5	0,13	Следы [Traces]	259	0,19
31	7,76	3,96	0,022	1,36	6,1	1,9	0,072	2,5	246	Следы [Traces]

32	7,70	28,8	0,014	0,47	21,5	**12,6**	Следы [Traces]	38,7	379	0,22
33	7,50	**166**	0,010	2,19	57,1	**16,7**	0,075	103	783	1,28
34	7,34	**158**	0,022	0,67	93,6	**14,4**	0,10	102	697	1,46
35	7,39	**153**	0,019	0,81	93,2	**13,6**	**0,35**	42,6	645	1,62

Примечание. * Предельно допустимая концентрация принималась согласно ГН 2.1.5.1315–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (http://docs.cntd.ru/document/901862249).
** Жесткость воды определялась по ГОСТ 31865–2012 «Вода. Единица жесткости» (http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=181004).
Полужирным в таблице выделены значения, превышающие предельно допустимые концентрации химических веществ.

[*Note.* * The maximum permissible concentration was taken according to the Hygienic Standard of the Russian Federation 2.1.5.1315–03 “Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the water of water bodies of domestic drinking and cultural-domestic water use” (http://docs.cntd.ru/document/901862249).
** Water hardness was determined according to the State Standard of the Russian Federation 31865–2012 “Water. Hardness unit”.
Values exceeding the maximum permissible concentration of chemicals are highlighted in bold in the table.]

Содержания нитратов выше 45 мг/л указывает на ухудшение санитарного состояния водного объекта. Данный показатель превышен в водах родников № 1–3, 5, 6, 11–15, 17–19, 22, 23, 33–35. При воздействии на человека различают: первичную токсичность собственно нитрат иона; вторичную – связанную с образованием нитрит-иона; третичную – обусловленную образованием из нитритов и аминов канцерогенных нитрозаминов, токсическое воздействие которых проявляется тканевой гипоксией, угнетением иммунитета и повышением риска злокачественных новообразований [Орехова, 2012].

Нитриты представляют собой промежуточную ступень в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов и наоборот – восстановления нитратов до аммония и азота. Содержание нитритов – важный санитарный показатель, т.к. повышение концентрации нитрит-ионов указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления NO_2^- в NO_3^-, что указывает на загрязнение водного объекта. Воды всех исследованных родников имеют показатель значительно ниже ПДК (максимальное содержание нитритов отмечено в роднике № 4 – 0,0517).

Сухой остаток – это сумма всех примесей воды, характеризующая общую минерализацию воды. Средняя минерализация исследуемых родников составляет 543 мг/л. Природная вода родников № 20, 21 относятся к группе ультрапресных родников, № 8–10, 15, 19, 23–32 – пресных, воды родников № 1–7, 11–14, 16–18, 22 характеризуются повышенной и высокой минерализацией [Гидрохимические показатели состояния окружающей среды, 2010].

Содержание сульфат- и хлорид-ионов во всех изучаемых образцах родниковых вод соответствует принятым нормативам. Основной источник поступления сульфатов в природные воды – химическое выветривание и растворение серосодержащих минералов. Среднее содержание сульфатов в исследуемых городских родниках – 93,8 мг/л (максимальный показатель – 471,7 мг/л в воде родника № 12). Среднее содержание хлорид-иона – 45,2 мг/л (максимальный показатель – 111,0 мг/л в роднике № 11).

Определение содержания общего железа имеет наибольшее значение для характеристики воды. Высокое содержание железа в пищевом рационе может вызвать сидероз печени и селезенки и связанные с ними случаи остеопороза позвонков. Из всех исследуемых родников только родник № 35 не удовлетворяет принятым санитарным нормам. Исследуемый родник – один из серии Родника Святого Михаила Архангела в г. Карачеве, поэтому превышение этого показателя свидетельствует о неблагополучном состоянии каптажа.

Содержание активного микроэлемента цинка во всех родниковых водах удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормам. Присутствие цинка в природной воде может являться индикатором содержания других тяжелых металлов, в первую очередь – кадмия, отличающегося более высокой токсичностью.

Таким образом, в пробах родниковых вод были обнаружены несоответствие нормативным требованиям по содержанию нитрат-ионов (18), общей жесткости (15 из 35 родников), общей минерализации (2), содержанию общего железа (1) (табл. 3). Доля соответствующих установленным нормативам проб городских родников в осенне-зимний период составляет 57,1%.

Таблица 3

Пробы, превышающие установленные нормативы ПДК [Samples exceeding the established MPC standards]

Показатель [Index]	Доля проб, % [Proportion of samples, %]
Содержание нитрат-ионов NO_3^- [Nitrate ions NO_3^-]	51,4
Общая жесткость [Total hardness]	42,8
Общая минерализация (сухой остаток) [Total mineralization (dry residue)]	5,7
Железо общее [Total iron]	2,8

Выводы

В целом мониторинговая база, пополняемая сведениями по органолептике и гидрохимии родниковых вод, составляет 197 источников, из них непосредственно расположенных в черте малых, средних и крупных урбоэкосистем Брянской области – 56. Ввиду расположения родников в городских ландшафтах их воды подвержены сочетанному техногенно-химическому воздействию, а прилегающие урочища – значительной рекреационной нагрузке, что снижает дебит вод, ускоряет миграцию загрязнителей.

Проведенные исследования показали, в целом, благополучное состояние городских родников староосвоенных ландшафтов Брянской области по органолептическим показателям.

Содержание железа, нитрит-, фосфат-, хлорид-, сульфат-ионов удовлетворяет принятым санитарно-гигиеническим нормам во всех исследованных пробах родниковых вод.

По содержанию железа общего выявлено несоответствие ПДК для 1 родника из 35 изученных.

Несоответствие нормативным требованиям обнаружено по содержанию нитрат-ионов: 51,4% родников имеют превышение ПДК, 42,8% родников не удовлетворяют показателю «общая жесткость». Показатели нитрат-ионов используются в базовом мониторинге питьевых вод и позволяют проводить их ранжирование на группы: «чистые» – превышение концентрации нитратов не зарегистрировано ни в одном исследовании, «условно чистые» – выявлено превышение нитрат-ионов незначительное число раз, «загрязненные» – превышение концентрации нитратов фиксируется постоянно. К категории «чистые» рекомендовано отнести 15 родников (№ 4, 7, 8, 10, 16, 20, 21, 24, 25, 27–32), «условно чистые» – 3 (№ 9, 22, 26), «загрязненные» – 17 (№ 1–3, 5, 6, 11–15, 17–19, 23, 33–35).

Для староосвоенного региона – Брянской области – ведение постоянного мониторинга гидрохимических показателей городских родников обязательно, особенно по химически значимым индикаторным показателям: содержанию нитрат-ионов, общей жесткости, содержанию железа общего. Постоянного мониторингового контроля требуют родники Карачевского, Трубчевского районов и родники г. Брянска, испытывающие интенсивное антропогенное воздействие, обусловленное отбором вод на хозяйственно-питьевые нужды (родники № 15–18, 22, 23). Все родники этих городских поселений окружены сельскохозяйственными угодьями, поэтому за весь период наблюдений зафиксировано превышение содержание нитратов в водах, а высокая скорость миграции карбонат-ионов (магниевые и кальциевые соли) из водоносных горизонтов четвертичного периода постоянно повышает показатели общей жесткости.

Итог мониторинга за эколого-химическим состоянием вод – создание информационных бюллетеней для населения при активном использовании родников в малых городских поселениях при религиозных обрядах, в местах рекреации. Также важно решить задачу, поставленную в рамках Федерального закона «О водоснабжении и водоотведении» (2011) об обеспечении экобезопасности водоисточников – городских родников в свете сохранения здоровья населения при использовании питьевых вод.

Библиографический список / References

Бобров Е.А., Бышевская А.В. Гидроэкологическое состояние естественных выходов подземных вод на территории г. Смоленска // Смоленский медицинский альманах. 2016. № 1. С. 31–34. [Bobrov E.A., Byshevskaya A.V.

Hydroecological state of natural groundwater outcrops in the territory of Smolensk. *Smolenskiy meditsinskiy almanah*. 2016. No. 1. Pp. 31–34 (In Russ.)].

Васюков А.Е., Шленкин Н.А. К вопросу методики оценки загрязнения подземных вод нитратами и «свежими» нитритами на примере родниковых вод территории Калуги // Проблемы региональной экологии. 2019. № 5. С. 59–62. [Vasyukov A.E., Shlenkin N.A. To the question of the methodology for assessing groundwater pollution by nitrates and "fresh" nitrites by the example of spring waters of Kaluga. *Problemy regionalnoy ekologii.* 2019. No. 5. Pp. 59–62. (In Russ.)]

Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии. М., 1991. [Vsevolozhsky V.A. Osnovy gidrogeologii [Fundamentals of hydrogeology]. Moscow, 1991.]

Гидрогеология / Под ред. В.М. Шестакова, М.С. Орлова. М., 1984. [Gidrogeologiya [Hydrogeology]. V.M. Shestakov, M.S. Orlov (eds.). Moscow, 1984.]

Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. М., 2010. [Gidrohimicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchey sredy: spravochnye materialy [Hydrochemical indicators of the state of the environment: Reference materials]. T.V. Guseva (ed.). Moscow, 2010.]

Жмакина Ю.В., Плевако Л.С., Беликова М.С. Гидрохимический и биологический мониторинг поверхностных вод бассейна р. Десна // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды. Гомель, 2012. С. 221–225. [Zhmakina Yu.V., Plevako L.S., Belikova M.S. Hydrochemical and biological monitoring of surface waters of the river basin Desna. *Transgranichnoe sotrudnichestvo v oblasti ekologicheskoy bezopasnosti i ohrany okruzhayushchey sredy*. Gomel, 2012. Pp. 221–225. (In Russ.)]

Зуева Т.В., Китаев А.Б. Качество воды в родниках города Перми (по материалам 2002–2007 гг.) // Географический вестник. 2010. № 1. С. 42–45. [Zueva T.V., Kitaev A.B. Water quality in the springs of the city of Perm (based on materials from 2002–2007). *Geographical Bulletin*. 2010. No. 1. Pp. 42–45. (In Russ.)]

Никаноров А.М. Гидрохимия. СПб., 2001. [Nikanorov A.M. Gidrohimiya [Hydrochemistry]. St. Petersburg, 2001.]

Орехова Г.А. Геоэкологические особенности формирования родников верховий бассейнов рек Северский Донец и Ворскла под влиянием природных и антропогенных факторов: Дис. … канд. геогр. наук. Белгород, 2019. [Orekhova G.A. Geoekologicheskie osobennosti formirovaniya rodnikov verhovij bassejnov rek Severskij Donec i Vorskla pod vliyaniem prirodnyh i antropogennyh faktorov [Geoecological features of the formation of the springs of the upper basins of the Seversky Donets and Vorskla rivers under the influence of natural and anthropogenic factors]. PhD dis. Belgorod, 2019.]

Орехова Г.А., Новых Л.Л., Соловьев А.Б. Нитратное загрязнение родниковых вод Яковлевского района Белгородской области // Проблемы региональной экологии. 2012. № 2. С. 55–57. [Orekhova G.A., Novykh L.L., Soloviev A.B. Nitrate pollution of spring waters of the Yakovlevsky district of the Belgorod region. *Problemy regionalnoy ekologii*. 2012. No. 2. Pp. 55–57. (In Russ.)]

Экологическое состояние родников (на примере Брянской области) / Плевако Л.С., Леонова А.Е., Зверева А.Ю., Анищенко Л.Н. // Вестник БГУ. Точные и естественные науки. 2014. № 4. С. 155–160. [Plevako L.S., Leonova A.E., Svereva A.Yu., Anishchenko L.N. Ecological state of springs (on the example of the Bryansk region). *Vestnik BGU. Tochnye i estestvennye nauki*. 2014. No. 4. Pp. 155–160. (In Russ.)]

Степанов Н.А, Заводова Е.И. Характеристика влияния качественного состава питьевой воды на здоровье человека // Гигиена труда и медицинская экология. 2015. № 3. С. 207–212. [Stepanov N.A., Zavodova E.I. Description of the influence of the qualitative composition of drinking water on human health. *Gigiena truda i meditsinskaya ekologiya.* 2015. No. 3. Pp. 207–2012. (In Russ.)]

Шевченкова Т.Ф. Геология Брянской области. Брянск, 1992. [Shevchenkova T.F. Geology of the Bryansk region. Bryansk, 1992.]

Шкаликов В.А., Анкинович И.В. Химический состав основных источников подземных вод территории г. Смоленска // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 5. С. 448–454. [Shkalikov V.A., Ankinovich I.V. The chemical composition of the main sources of groundwater in the city of Smolensk. *Aktualnye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk*. 2013. No. 5. Pp. 448–454. (In Russ.)]

Статья поступила в редакцию 21.03.2020, принята к публикации 17.08.2020
The article was received on 21.03.2020, accepted for publication 17.08.2020

Сведения об авторах / About the authors

Соболева Ольга Александровна – аспирант кафедры географии, экологии землеустройства естественно-географического факультета; Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского

Olga A. Soboleva – graduate student at the Department of Geography, Ecology of Land Management of the Faculty of Natural Sciences and Geography, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University

E-mail: OAsoboleva@bk.ru

Щетинская Ольга Стефановна – кандидат химических наук; доцент кафедры химии естественно-географического факультета естественно-географического факультета, Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского

Olga S. Schchetinskaya – PhD in Chemistry; assistant professor at the Department of Chemistry of the Faculty of Natural Sciences and Geography, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University

E-mail: olga_schetinskaya@mail.ru

Анищенко Лидия Николаевна – доктор сельскохозяйственных наук; профессор кафедры географии, экологии землеустройства естественно-географического факультета; Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского

Lydia N. Anishchenko – Dr. Hab. (Agricultural Sciences); Professor at the Department of Geography, Ecology of Land Management of the Faculty of Natural Sciences and Geography, Bryansk State Academician I.G. Petrovski University

E-mail: eco_egf@mail.ru

Заявленный вклад авторов

О.А. Соболева – химический анализ родниковых вод, интерпретация результатов, подготовка текста статьи

О.С. Щетинская – общее руководство направлением исследования

Л.Н. Анищенко – общее руководство направлением исследования, интерпретация результатов, подготовка текста статьи

Contribution of the authors

O.A. Soboleva – chemical analysis of spring water, interpretation of the results, preparation of the text of the article

O.S. Shchetinskaya – general direction of research

L.N. Anishchenko – general direction of research, interpretation of the results, preparation of the text of the article

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи
All authors have read and approved the final manuscript