

Эколого-химическая оценка родников Брянской области по данным паспортизации

О.А. Соболева  

 OAsoboleva@bk.ru

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Комплексные научные исследования по ведению и обновлению экологической мониторинговой базы родников городских и сельских поселений Брянской области реализуются с 2012 года. За период ведения мониторинговой базы закартировано 280 родников и исследовано их состояние. В данной работе представлены результаты эколого-химической оценки родников городских и сельских поселений Брянской области на основе многолетних исследований по мониторингу состояния подземных вод региона. **Методы.** Используются аттестованные методики ГОСТа. Отбор проб и пробоподготовка проводились в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Органолептические характеристики определяли на основании ГОСТ Р 57164-2016. **Результаты.** Мониторинговые исследования показали, что основные загрязняющие компоненты родниковых вод – нитрат-ионы, соли кальция и магния, общее содержание железа. Зарегистрировано значительное изменение химического состава родниковых вод в сторону повышения содержания загрязняющих компонентов на территории малых городов Брянской области. Рекомендовано ведение постоянного мониторинга гидрохимических показателей городских родников, особенно по химически значимым индикаторным показателям: содержанию нитрат-ионов, общей жесткости, содержанию железа общего. Результаты исследования будут использованы для дополнения мониторинговой базы, реализуемой в Атласе родников Брянской области.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: родники, качество родниковых вод, подземные воды, централизованное водоснабжение, Брянская область.

Для цитирования: Соболева О.А. Эколого-химическая оценка родников Брянской области по данным паспортизации // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 4. С. 115-126. DOI: 10.35567/19994508_2023_4_4.

Дата поступления 20.05. 2023.

ECOLOGICAL/CHEMICAL ASSESSMENT OF THE BRYANSK OBLAST SPRINGS ACCORDING THE CERTIFICATION DATA

Olga A. Soboleva  

 OAsoboleva@bk.ru

Academician I.G. Petrovsky Bryansk State University, Bryansk, Russia

ABSTRACT

Relevance. Integrated scientific research concerning maintenance and renovation of the ecological monitoring base of urban and rural springs of Bryansk Oblast are being conducted since 2012. Over this period, 280 springs were registered and their state was studied. This article presents the results of ecological/chemical assessment of urban and rural springs of

Bryansk Oblast based on many-year monitoring of the region's groundwater status. **Methods.** The certified GOST methods have been used. Sampling and preparation of samples were in accordance with GOST 31861-2012. Organoleptic characteristics were determined according to GOST P 57164-2016. **Results.** Monitoring has shown that the main pollutants of the spring waters are nitrate-ions, calcium and magnesium salts, and iron total content. We have registered considerable change of the spring waters chemical composition towards increasing of pollutants content on the territory of small towns of Bryansk Oblast. Recommendations are to monitor continuously hydro/chemical indicators of urban springs, especially in respect of chemically significant indicators; nitrate-ions content, total hardness, and total iron content. Results of this survey will be used for supplementing the monitoring base, which is realized in the Atlas of Springs of Bryansk Oblast.

Keywords: springs, spring water quality, groundwater, нецентрализованное water supply, Bryansk Oblast.

For citation: Soboleva O.A. Ecological/chemical assessment of the Bryansk Oblast springs according the certification data. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2023. No. 4. P. 115-126. DOI: 10.35567/19994508_2023_4_4.

Received 20.05. 2023.

ВВЕДЕНИЕ

Природные водные экосистемы – среда обитания многих организмов, источник питьевой воды и ресурс для хозяйственной деятельности человека – в настоящее время подвергаются мощному антропогенному воздействию. Поэтому комплексная оценка водных ресурсов, в частности родниковых вод, включающая эколого-химический анализ и определение степени токсичности воды, является важным звеном в системе мероприятий по охране и рациональному использованию водных ресурсов.

Родник – естественный сосредоточенный выход подземных вод (как правило, грунтовых) на земную поверхность на суше или под водой (подводный источник) [1]. Родники представляют собой уникальные природные объекты, являются центральным компонентом окружающих их ландшафтов, повышающим их эстетические свойства, а также выступают источниками питьевой воды для населения. Поэтому осуществление работ по паспортизации родников достаточно востребовано для разработки и реализации мониторинговых мероприятий и оптимального водопользования. Картирование, а также комплексное обследование родников и биогеоценозов прилегающей местности представляют последовательные этапы работ экологического мониторинга территорий.

Однако комплексных исследований экологического состояния, местонахождения, качества вод родников хорошо освоенного региона – Брянской области – никогда не проводилось. Подобные исследования необходимы не только в целях инвентаризации и экомониторинга, но и для сохранения национального богатства и культуры. Актуальность исследования родников также объясняется тем, что питание большинства источников осуществляется за счет вод, наиболее загрязненных из-за урбанизации территорий, что сказывается на их экологическом состоянии. В частности, по физико-химическим характеристикам воды родников можно судить о загрязнении питающих их грунтовых вод, а также о степени антропогенной нагрузки на территорию.

Поэтому в ряде работ рассматриваются вопросы разработки рекомендаций по охране, восстановлению и использованию родников [2–5].

Цель данного исследования – проведение эколого-химической оценки родников городских и сельских поселений Брянской области на основе многолетних исследований по мониторингу состояния подземных вод региона. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- изучены методики исследования качественных характеристик естественных выходов подземных вод (родников);
- проведена органолептическая и геоэкологическая оценка родников на месте забора воды;
- по аттестованным методикам проведен химический анализ проб родниковых вод для определения качественного состава и возможности использования в питьевых целях;
- изучены тенденции изменения качественного состава родниковых вод во временном разрезе и по сезонам года;
- сделаны выводы по проведенной паспортизации родников и разработаны рекомендации по их содержанию и использованию.

Полученные результаты могут представлять интерес для дальнейшего выявления корреляций между составом воды, характером почвы и подстилающих пород, а также уровнем антропогенного давления.

Научные исследования по ведению и обновлению экологического мониторинга родников городских и сельских поселений Брянской области реализуются с 2012 г. в НИЛ «Мониторинга сред обитания» Брянского государственного университета имени академика И.Г. Петровского.

Объектами исследования стали 280 родников городских и сельских поселений Брянской области, из них 54 расположены на территории города Брянска и городского округа города Брянска, 226 – на территории области. По уровню урбанизированности 75 родников действуют на территории городских поселений, 205 – на территории сельских поселений.

По каптажу 64 % родников каптированы: с каптажными трубами в склонах оврагов, каптажными кольцами, трубами и деревянными срубами с навесом или крышкой; 36 % родников, образуют некаптированные источники и значительные по объему воды и протяженности ручьи.

В процессе работы использовали аттестованные методики. Отбор проб и пробоподготовка проводились в соответствии с ГОСТ 31861-2012. Органолептические характеристики определяли на основании ГОСТ Р 57164-2016. На месте регистрировали температуру воды и окружающей среды и дебит (расход воды из источника). Местонахождение родников закартировано для ведения мониторинговой базы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эколого-химический анализ вод 280 исследуемых родников показал, в целом, их удовлетворительное состояние. По органолептическим показателям воды практически все исследованные родники соответствуют действующим нормативам. Хорошие органолептические характеристики свидетельствуют

об отсутствии гнилостных процессов, «цветении» и затухании воды. Исключение – Святой источник иконы Божией Матери «Троеручница» (пгт Белые Берега, г. Брянск, № 044), характеризующийся заметным сульфидным запахом и повышенной цветностью воды, а также родник «Святого Патрика» (Унечский район, № 184) с заметным гнилостным запахом и вяжущим привкусом воды.

По температурному режиму воды изученных родников относятся к холодным [6]. Так, температура родников, находящихся в черте г. Брянска, лежит в диапазоне $+3,0-10,2$ °С при температуре воздуха от -3 до $+4$ °С. Температура воды источников зависит, в первую очередь, от особенностей устройства каптажей. Отмечено, что вода родников, накапливающаяся в емкостях (бетонных колодцах, специально построенных резервуарах), отличается, как правило, более высокой температурой. Родники, каптированные трубой, имеют менее высокую температуру воды. Самая низкая температура воды у подводных родников, образующих каскад ручьев.

По дебиту практически все анализируемые родники, согласно классификации Н.А. Маринова и Н.И. Толстихина, относятся к классу малодобитных, т. е. значение показателя расхода воды в единицу времени составляет менее $1,0$ л/с (рис. 1). Три родника классифицируются как среднедебитные (дебит $1,0 - 10$ л/с): родник «Белая гора», г. Брянск – $1,724 \pm 0,186$ л/с; родники Брянской области № 31 – $1,471 \pm 0,224$ л/с; № 107 – $1,686 \pm 0,952$ л/с.

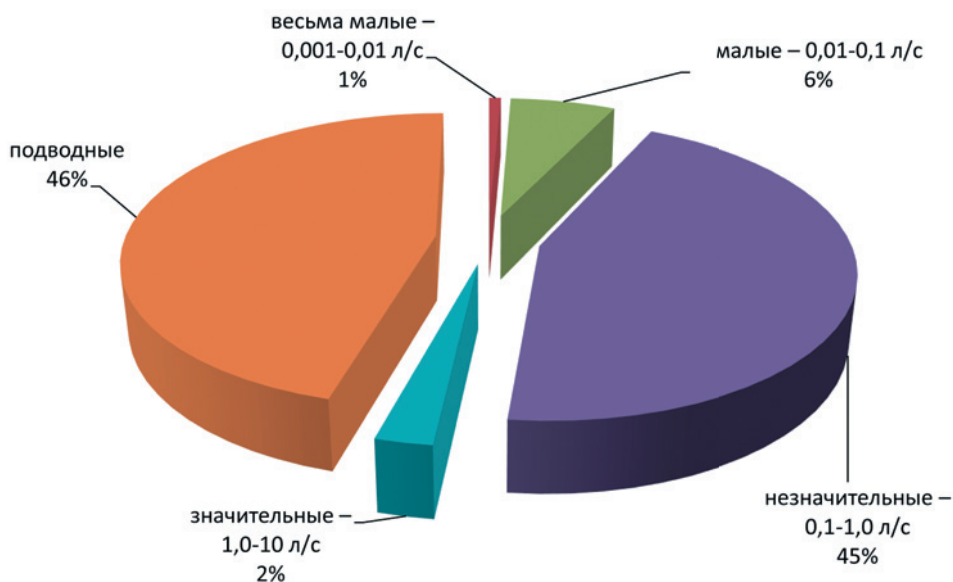


Рис. 1. Классификация 280 родников Брянской области по дебиту.

Fig. 1. Classification of 280 Bryansk Oblast springs in terms of the flow.

Проведены исследования химического состава родников с целью определения возможности их использования как источников нецентрализованного водоснабжения. Население широко использует воды природных источников, в т. ч. родников, без специальной обработки. Утилитарное значение родников

сохранилось не только в населенных пунктах Брянской области, но и в Брянске воды родников до сих пор востребованы горожанами. Проведенный нами опрос жителей Брянска показал, что 69 % респондентов предпочитает водопроводной воде родниковую. Вода источников сельских поселений активно используется для питьевых и культовых нужд, для полива угодий подсобных хозяйств, для бытовых целей, редко – для мытья техники. Если родник находится вблизи населенного пункта, то забор воды крайне интенсивен: от 80 до 180 л в час в летний период (родники № 83, № 103, № 177).

Гео- и эколого-химический анализ родников проводился ежегодно в осеннюю межень 2012–2022 гг. Установлено, что не более 35 % родников полностью удовлетворяют эколого-гигиеническим требованиям, предъявляемым к каптажам.

Химический анализ 91 родника, проведенный в 2012–2013 гг., показал несоответствие по содержанию нитрат-ионов (9 проб родниковых вод или 7,7 % не удовлетворяют установленным нормам для вод нецентрализованных источников водоснабжения), по показателю общая жесткость (24 пробы или 26,4 % имеют превышения данного компонента), по содержанию общего железа выявлены отклонения от нормы в шести пробах родниковых вод (6,6 %), в 13 (14,3 %) – содержание железа составляло 0,8–1,0 ПДК. В трех контрольных пробах вод обнаружены следы нитрит-ионов. Присутствие остальных определяемых компонентов не превышает действующие нормативы.

Исследования по обновлению мониторинговой базы родников в 2019 г. показали, что, в целом, показатели качества природных вод на территории Брянской области значительно не изменились. Из 182 родников сельских поселений 29,1 % (53 источника) не удовлетворяют принятым нормативам качества природной воды, имея превышения по содержанию нитрат-ионов, общей жесткости, общего железа. В среднем по региону воды родников соответствуют нормативам по общей жесткости (7–10°Ж – тип жестких вод), вода характеризуется как слабощелочная (среднее значение pH – 7,76), пресная (средняя минерализация – 411 мг/л).

Полученные усредненные результаты анализа химического состава исследуемых родниковых вод по районам Брянской области во временном разрезе представлены в табл. 1.

Наиболее загрязненными оказались родники Жирятинского и Красногорского районов – наблюдалось превышение установленной нормы ПДК по нитрат-ионам в 2,2 и 2,6 раза соответственно. Содержание нитратов в подземных водах принято в качестве индикатора антропогенного загрязнения, происходящего в результате попадания в воды бытовых и иных стоков или смыва минеральных удобрений с пахотных угодий. Воды пяти районов (Брянский, Трубчевский, Погарский, Жуковский, Стародубский) относятся к жестким. Значительные показатели, но ниже ПДК, отмечаются по содержанию общего железа.

Исследованы гидрохимические показатели 54 родников г. Брянска. Полученные результаты после статистической обработки самых посещаемых населением города родников представлены в табл. 2.

Таблица 1. Результаты химического анализа родниковых вод сельских поселений Брянской области
 Table 1. Results of chemical analysis of spring waters of the Bryansk Oblast villages

Район	Год исследования	PO ₄ ³⁻ , мг/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	F ⁻ , мг/л	Общ. жесткость °Ж	pH	Fe общее, мг/л
ПАК										
Карачевский	2012-2013	0,715±0,325	0,0522±0,0253	6,22± 5,84	22,0±15,7	20,6±14,6	0,209±0,119	7,65±2,45	7,15±0,44	0,121±0,082
	2019-2020	0,450±0,150	0,0330±0,0148	8,48± 3,65	35,7±13,1*	27,1±17,6	0,245±0,112	5,34±0,67	7,90±0,11	0,110±0,020
Жирятинский	2012-2013	0,0425±0,0325	0,0062±0,0015	16,3± 14,1	35,6±16,6	27,9±19,4	0,284±0,047	4,50±1,65	7,05±0,10	0,225±0,025
	2019-2020	0,631±0,187	0,0285±0,0009	27,4± 8,2	53,5±44,4*	38,6±11,0	0,213±0,011	7,68±2,62	7,64±0,08	0,0272±0,0095
Красногорский	2012-2013	0,166±0,132	0,0119±0,0120	10,6± 4,2	8,43±5,54	10,0±7,8	0,188±0,067	8,35±4,56	7,05±0,26	0,181±0,041
	2019-2020	0,239±0,137	0,0621±0,0603	32,7± 8,7	89,4±46,7	72,6±65,9	0,197±0,056	5,89±0,78	6,87±0,38	0,0900±0,0030
Брянский	2012-2013	0,239±0,143	0,0812±0,0783	23,8± 5,8	31,6±13,2	24,3±12,2	0,271±0,084	5,77±2,21	7,03±0,34	0,244±0,030
	2019-2020	0,516±0,128	0,146±0,163	21,0± 10,2	25,7±22,9	24,6±16,2	0,297±0,119	9,26±3,30	7,80±0,18	0,135±0,048
Новозыбковский	2012-2013	0,190±0,064	0,0430±0,0456	9,72± 5,87	12,1±7,8	17,0±9,1	0,208±0,036	16,4±8,2	7,34±0,15	0,214±0,042
	2019-2020	0,200±0,028	0,0238±0,0015	41,1± 17,1	19,7±1,0	36,6±12,4	0,254±0,092	9,10±0,98	7,86±0,04	0,010±0,001
Трубчевский	2012-2013	0,158±0,206	0,0052±0,0011	9,66± 5,51	9,59±5,06	6,98±5,22	0,223±0,124	8,20±3,55	6,75±0,72	0,180±0,045
	2019-2020	0,465±0,235	0,0357±0,0079	49,1± 10,4	23,7±5,1	54,5±6,0	0,198±0,051	11,6±0,9	7,56±0,08	0,0740±0,0100
Клетнянский	2012-2013	0,414±0,344	0,0078±0,0022	19,8±2,7	25,8±9,4	69,2±74,0	0,164±0,038	7,50±1,40	7,05±0,12	0,202±0,022
	2019-2020	0,706±0,352	0,0689±0,0321	21,2±6,6	7,56±5,98	71,6±6,8	0,354±0,117	2,74±0,39	7,95±0,32	0,100±0,036

Продолжение таблицы 1.

Район	Год исследования	PO ₄ ³⁻ , мг/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	NO ₃ ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	F ⁻ , мг/л	Общ. жесткость °Ж	pH	Fe общее, мг/л
ПАК		3,5	3,3	350	45	500	1,5	7-10	7-9	0,3
Выгоничский	2012-2013	0,0700±0,0600	0,0065±0,0011	9,14±4,64	17,9±8,4	27,3±22,0	0,162±0,061	7,58±3,47	7,07±0,86	0,194±0,045
	2019-2020	1,00±0,05	0,0628±0,0045	7,70±1,31	4,59±2,21	1,55±1,11	0,189±0,070	6,1±0,9	6,71±0,51	0,091±0,025
Почепский	2012-2013	0,154±0,065	0,0202±0,0243	14,4±2,8	12,2±7,2	24,0±13,4	0,253±0,0814	6,10±0,84	6,88±0,30	0,256±0,041
	2019-2020	0,785±0,392	0,0560±0,0249	37,8±21,8	74,5±31,0	56,6±33,2	0,301±0,094	7,98±3,28	7,78±0,50	0,136±0,025
Погарский	2012-2013	0,328±0,357	0,0138±0,0118	9,35±3,34	9,62±4,54	13,4±6,9	0,175±0,028	9,32±2,25	7,28±0,08	0,162±0,038
	2019-2020	0,605±0,124	0,0542±0,0341	44,7±25,7	39,0±34,9	63,4±21,8	0,192±0,041	8,90±0,91	7,83±0,22	0,207±0,045
Жуковский	2012-2013	0,105±0,032	0,0062±0,0023	28,7±13,9	18,5±4,0	31,3±7,6	0,313±0,099	8,05±0,85	7,28±0,08	0,182±0,041
	2019-2020	0,881±0,270	0,0552±0,0339	33,4±17,0	47,4±40,1	44,9±6,2	0,307±0,101	7,35±2,95	7,64±0,02	0,232±0,050
Суражский	2012-2013	0,171±0,032	0,0495±0,0138	18,5±1,8	18,9±3,2	29,4±3,6	0,154±0,031	9,05±0,12	7,15±0,05	0,210±0,032
	2019-2020	0,766±0,112	0,0797±0,0430	15,7±11,1	11,3±5,0	34,5±25,4	0,203±0,084	3,42±1,50	7,92±0,24	0,126±0,047
Унечский	2012-2013	1,03±0,53	0,0596±0,062	28,5±3,9	41,5±5,7	31,6±5,1	0,173±0,086	8,91±0,52	7,20±0,07	0,213±0,025
	2019-2020	0,781±0,646	0,0755±0,0338	40,3±37,0	32,4±30,5	37,8±26,7	0,193±0,057	4,52±2,32	7,44±0,68	0,230±0,144
В среднем по области	2012-2013	0,163±0,047	0,0577±0,0351	14,7±2,1	17,5±2,4	22,2±5,0	0,199±0,019	7,44±0,73	7,08±0,08	0,194±0,010
	2019-2020	0,488±0,198	0,0524±0,0435	22,1±12,3	32,4±24,4	38,9±24,2	0,234±0,118	8,09±3,00	7,76±0,24	0,101±0,041

Примечание: Светло-серым цветом отмечены пробы, в которых содержание определяемого компонента находится на уровне 0,8–1,0 ПАК, темно-серым – на уровне более 1,0 ПАК.

Таблица 2. Средние значения качественного состава родниковых вод г. Брянска
 Table 2. Average values of the Bryansk spring waters qualitative composition

№ п/п	Дебит л/с	t воды °С	pH	NO ₃ ⁻ , мг/л	NO ₂ ⁻ , мг/л	PO ₄ ³⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	Общ. °Ж	Fe общ., мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Общ. минерализация, мг/л	Электропроводность, мкСм/см
	ПАК		6–9	45	3,3	3,5	350	7–10	0,3	500	1000	2000
2	1,340±0,535	8,4±0,9	7,78±0,11	17,0±4,6	0,0279±0,0222	0,621±0,459	18,9±13,4	6,5±1,2	0,187±0,299	2,2±0,6	469±179	657±61
3	подв.	7,2±4,1	8,01±0,50	75,8±33,1	0,113±0,082	0,967±0,483	54,5±21,1	7,5±2,0	0,144±0,121	61,6±15,6	549±37	832±79
5	0,275±0,101	9,5±0,3	7,62±0,07	58,1±11,4	0,0323±0,0169	0,369±0,037	45,9±6,0	9,1±0,4	0,0972±0,0458	47,7±10,5	617±94	798±43
12	0,0903±0,0408	7,9±0,9	7,58±0,08	128±26	0,0324±0,0182	1,65±0,07	77,0±11,8	10,6±0,5	0,108±0,063	61,2±46,0	742±149	998±84
33	1,648±0,581	8,9±0,8	7,36±0,16	84,7±14,5	0,0375±0,0441	0,759±0,321	44,9±15,9	8,7±1,9	0,121±0,114	74,7±46,7	634±56	849±79
36	0,167±0,098	7,8±1,1	7,70±0,29	6,35±4,06	0,0432±0,0328	0,450±0,204	16,63±6,53	8,3±2,6	0,192±0,129	29,8±15,6	284±183	621±63

Примечание: № 2 – ост. памятник Болгарским Патриотам; № 3 – памятник природы регионального значения «Верхний Суаок»; № 5 – памятник природы областного значения «Нижний Суаок»; № 12 – святой источник «Тихвинский»; № 33 – пос. Чайковичи, «Цыганский родник»; № 36 – пос. Бежичи, «Нижний родник».

Санитарно-техническое состояние каптажей данных родников оценено как хорошее. Воды исследованных родников – слабощелочные, пресные: среднее значение водородного показателя всех родников – 7,66, минерализации – 553 мг/л, электропроводности – 802 мкСм/см.

Содержание нитрит-, фосфат-, хлорид-, сульфат-ионов и общее содержание железа удовлетворяет принятым нормам для вод нецентрализованных систем водоснабжения. Значительное содержание фосфат-ионов (0,5 ПДК) зафиксировано в воде Тихвинского источника (№ 12), лимитирующий токсикологический показатель вредности содержания общего железа (0,1 мг/л) превышает все изученные образцы родниковых вод. Отмечены отклонения от норм ПДК по общей жесткости. Вода родника № 12 классифицируется как очень жесткая (показатель выше 10°Ж), воды остальных родников имеют жесткость в пределах 7 – 10°Ж, т. е. данные воды по классификации [7] являются жесткими.

Основные загрязнители родниковых вод Брянска – нитрат-ионы. Средние значения нитрат-ионов варьируются от 58,1±11,4 мг/л (родник № 5 – 1,3 ПДК) до 128±26 (родник № 12 – 2,8 ПДК). Присутствие в образцах избыточного количества нитрат-ионов свидетельствует о поступлении в гидросистему зоогенных загрязнителей и бытовых стоков.

Значительно, но ниже ПДК для вод нецентрализованных систем водоснабжения, содержание общего железа (от 0,0972±0,0458 мг/л до 0,217±0,102 мг/л). Только родник на территории пос. Бежичи г. Брянска показал благополучное состояние воды по химическим показателям (нормируемые СанПиН характеристики не превышают ПДК).

В соответствии с требованиями глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды нитрит- и нитрат-ионы входят в программы обязательных наблюдений за составом питьевой воды и являются важными показателями степени загрязнения и трофического статуса природных водоемов [7]. Содержание нитрат-ионов в водах родников Брянской области, в большинстве случаев, выходит за пределы нормативов СанПиНа (45 мг/л), поэтому данная характеристика рассматривается нами как маркерный мониторинговый показатель.

Колебания концентрации нитрат-ионов, представленные на рис. 2, в водах изученных родников в рамках двухлетнего мониторинга весьма значительны: от 1,07 мг/л (родник в точке отбора № 5) до 99,19 (родник в точке отбора № 6), среднее содержание нитратов составило 34,5±18,0 мг/л.

Отмечена существенная разница между наибольшей и наименьшей концентрациями нитратов в родниковых водах, которая варьировала от 9,03 мг/л (родник в точке отбора № 5) до 97,17 мг/л (родник в точке отбора № 6). Высокое варьирование данного показателя затрудняет его интерпретацию. На рис. 3 представлена круговая диаграмма динамики содержания нитратов по сезонам года в каждом из изученных родников. Критерий нулевой гипотезы сезонности рассчитан по концентрации нитрат-ионов.

Фактически соответствуют установленным нормативам СанПиН воды родников в точках отбора № 3– № 5. Вода родника в точке отбора № 6, расположенной в районе с сельскохозяйственной нагрузкой, превышала утвержденный норматив в зимний период 2019–2020 гг. в 2,20 раза.

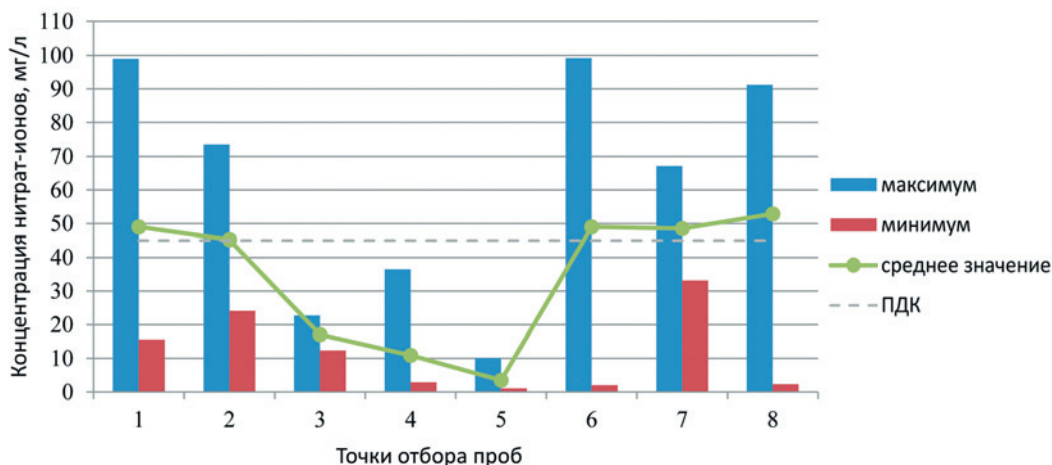


Рис. 2. Колебания содержания нитрат-ионов в водах мониторинговых родников.
 Fig. 2. Nitrate-ions content fluctuations in the monitored springs' water.

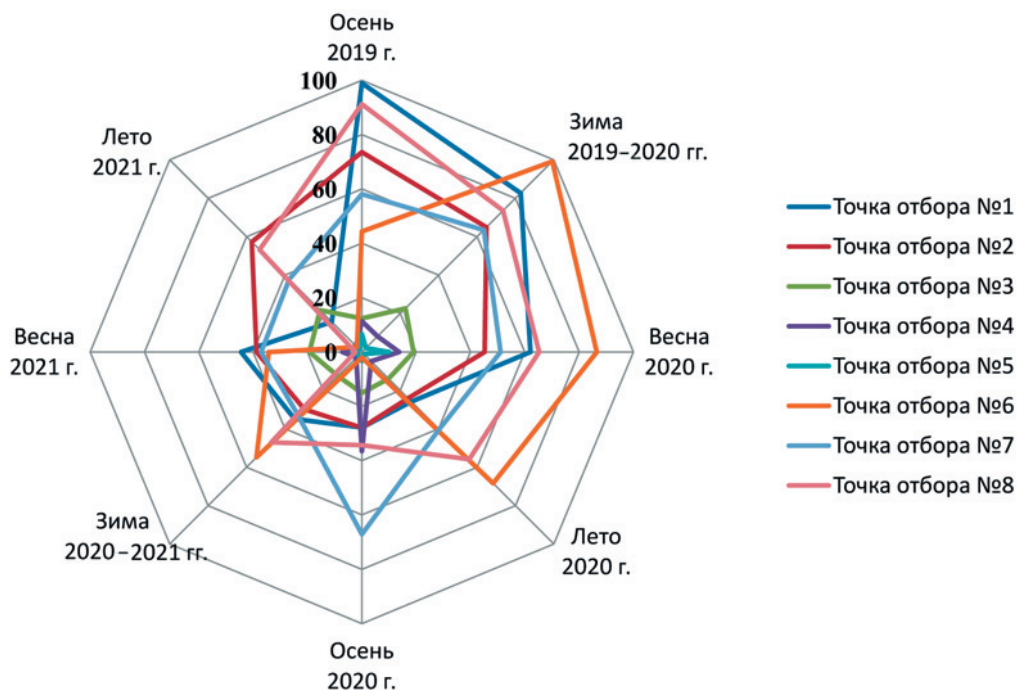


Рис. 3. Кольцевая диаграмма динамики концентрации нитрат-ионов в водах мониторинговых родников.

Fig. 3. Diagram of nitrate-ions concentration dynamics in the monitored springs' waters.

Нулевая гипотеза сезонности содержания нитрат-ионов в родниковых водах не отвергается ($HSP > d$), но высокий коэффициент вариации (60–80 %) не позволяет однозначно утверждать данную зависимость. Мы склонны полагать, что концентрация нитратов в водах родников понижается в летнюю межень до осенних паводков и повышается в зимнюю межень до весеннего

половодья, данные зависимости являются более статистически достоверными. Этот вывод согласуется с авторами [8], теоретически обосновывающими минимальную концентрацию нитрат-ионов в природных водах в вегетационный период и ее повышение зимой, когда разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные происходит при минимальном потреблении азота.

Содержание других анионов (хлориды и сульфаты) в воде исследованных источников удовлетворяет нормам СанПиНа (350 мг/л для хлорид-ионов, 500 мг/л для сульфат-ионов). Колебания концентраций обоих компонентов выражены слабо: хлорид-ионы варьируют от 5,8 мг/л (минимальное значение в воде родника в точке отбора № 5) до 71,8 мг/л (точка отбора № 1); сульфат-ионы – от следовых количеств (точка отбора № 3) до 95,6 мг/л (точка отбора № 6).

ВЫВОДЫ

Мониторинговые исследования показали, что основные загрязняющие компоненты родниковых вод поселений Брянской области – нитрат-ионы, соли кальция и магния (показатель общей жесткости воды), общее содержание железа. За период наблюдений зарегистрировано значительное изменение химического состава родниковых вод в сторону повышения содержания загрязняющих компонентов на территории малых урбанизированных экосистем Брянской области. Основные причины изменения качества вод – антропогенный фактор, падение уровня подземных вод, сброс в водные объекты загрязненных промышленных и коммунальных стоков, интенсивное использование земель в сельскохозяйственном производстве.

Анализ результатов двухлетнего мониторингового исследования родников г. Брянска и городского округа Брянска в 2019–2021 гг. доказал сезонность показателей дебита, концентрации хлорид- и нитрат-ионов, общего железа. Рекомендовано постоянное ведение мониторинговых исследований по индикаторно значимым гидрохимическим показателям (нитрат-ионы, общая жесткость, общее железо).

Результаты представленных исследований использованы для дополнения мониторинговой базы, реализуемой в Атласе родников Брянской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mikhailov V.N., Mikhailova M.V. Impact of local water management and hydraulic-engineering projects on river deltas // *Water Resources*, Maik Nauka, 2015. 42 (Suppl. 1). P. 275–284.
2. Рассказов А.А., Васильева Е.Ю. Комплексная классификация родников по геоэкологическим признакам (на примере территории Сергиево-Посадского района Московской области) // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2010. № 3. С. 71–76.
3. Al-Khashman O.A. Study of water quality of springs in Petra region, Jordan: a three-year follow-up // *Water Resources Management*, 2007. 21(7). P. 1145–1163.
4. Tshindane P., Mamba P.P., Moss L., Swana U.U., Moya W., Motsa M.M., Nkambule T.T. The occurrence of natural organic matter in South African water treatment plants // *Journal of Water Process Engineering*. 2019. No. 31. P. 1008–1009.
5. Hu Y., Foster J., Boyer T. H. Selectivity of bicarbonate-form anion exchange for drinking Water contaminants: influence of resin properties // *Separation and Purification Technology*. 2016. No. 163. P. 128–139.

6. Справочное руководство гидрогеолога / В.М. Максимов, В.Д. Бабушкин, Н.Н. Верегин. Т. 1. Л.: Недра, 1979. 512 с.
7. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т.В. Гусевой. М.: Форум : ИНФРА-М, 2010. 192 с.
8. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций. Минск: БГУ, 2011. 258 с.

REFERENCES

1. Mikhailov V.N., Mikhailova M.V. Impact of local water management and hydraulic-engineering projects on river deltas. *Water Resources*, Maik Nauka, 2015. 42 (Suppl. 1). P. 275–284.
2. Rasskazov A.A., Vasilyeva E.Y. Integrated classification of springs in accordance with geo/ecological signs (Moscow Oblast Sergievo-Posad Rayon as a study case). *Vestnik Rossyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost zhozhnedeyatelnosti* [Newsletter of Russian University of Peoples' Friendship. Series: Ecology and Life Safety]. 2010. No. 3. P. 71–76.
3. Al-Khashman O.A. Study of water quality of springs in Petra region, Jordan: a three-year follow-up. *Water Resources Management.*, 2007. 21(7). P. 1145–1163.
4. Tshindane P., Mamba P.P., Moss L., Swana U.U., Moyo W., Motsa M.M., Nkambule T.T. The occurrence of natural organic matter in South African water treatment plants. *Journal of Water Process Engineering*. 2019. No. 31. P. 1008–1009.
5. Hu Y., Foster J., Boyer T. H. Selectivity of bicarbonate-form anion exchange for drinking Water contaminants: influence of resin properties. *Separation and Purification Technology*. 2016. No. 163. P. 128–139.
6. Reference book of a hydro/geologist. V.M. Maksimov, V.D. Babushkin, N.N. Veregin. V. 1. L.: Nedra, 1979. 512 p.
7. Hydro/chemical indicators of the environment state: reference materials. Edited by T.V. Guseva. M.: Forum: INFRA-M, 2010. 192 p.
8. Loginova E.V., Lopukh P.S. Hydro/ecology: course of lectures. Minsk: BGU, 2011. 258 p.

Сведения об авторе:

Соболева Ольга Александровна, аспирант, кафедра географии, экологии, землеустройства, естественно-географический факультет, ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», Россия, 241035, Брянск, ул. Бежицкая, д. 14; ORCID: 0000-0001-7175-0763; E-mail: OAsoboleva@bk.ru.

About the author:

Olga A. Soboleva, Post-graduate Student, Chair of Geography, Ecology, and Land Arrangement, Department of Natural Geography, Academician I.G. Petrovsky Bryansk State University, ul Bezhitskaya, 14, Bryansk, 241035, Russia; ; ORCID: 0000-0001-7175-0763; E-mail: OAsoboleva@bk.ru.