

1.6.21
УДК 504.064.36
DOI:

ГЕОЭКОЛОГИЯ
МОНИТОРИНГ И МОНИТОРИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ
10.37493/2308-4758.2023.1.5

**Бегдай И. В.,
Бондарь Е. В.,
Харина Е. И.,
Еремеева Я. В.,
Гасюкова М. В.**

Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь,
Россия

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РОДНИКОВ Г. СТАВРОПОЛЯ КАК ОБЪЕКТА РЕЗЕРВНОГО ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ

Введение.

В данной работе представлены результаты мониторинга природных родниковых вод г. Ставрополя. Комплексный анализ включал проведение гидрохимического и микробиологического анализов. Собственные исследования проб родниковой воды проводили в течение осени – весны 2021–2022 гг., всего проанализировано 45 проб из пяти родников г. Ставрополя – Корыта, Чаша, Михайловский, Холодный и Серафима Саровского.

Материалы и методы

исследований.

Отбор проб осуществлялся согласно ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Гидрохимический и микробиологический анализ проводился в соответствии требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников», предъявляемых к качеству воды нецентрализованного водоснабжения.

Результаты исследований

и их обсуждение.

По результатам гидрохимического анализа качества воды обнаружено загрязнение Cd, Pb, Ni, Fe во все периоды исследования. Также отмечено превышение нормы по показателям хлоридов весной 2022 г. во всех родниках. Выяснили, что ИЗВ и ОМЧ значительно меняются как по датам отбора проб, так и по родникам. Наибольший показатель ИЗВ отмечен для Михайловского родника весной 2022 г., а ОМЧ для всех родников не превышает допустимой величины.

Выводы.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что использование родниковой воды г. Ставрополе в случае чрезвычайной ситуации без рисков для здоровья населения возможно только из родников – Корыта, Чаша и Холодный, но с предварительной дополнительной очисткой и в течение непродолжительного времени.

Ключевые слова:

источник питьевого водоснабжения, качество родниковой воды, тяжелые металлы, мониторинг.

**Begdai I. V.,
Bondar E. V.,
Harina E. V.,
Yeremeeva Y. V.,
Gasuykova M. V.**

North Caucasus Federal University,
Stavropol,
Russia

Springs of Stavropol as a Reserve Water Supply Facility and Ecological Monitoring of Springs of Stavropol

- Introduction.** This paper presents the results of monitoring the natural spring waters of Stavropol. The complex analysis includes hydrochemical and microbiological analyses. The research of spring water samples was carried out in a period from autumn to spring, 2021–2022, a total of 45 samples from five springs in Stavropol were analyzed – Koryta, Chasha, Mikhaylovskiy, Kholodnyy and Serafima Sarovskogo.
- Materials and research methods.** Sampling was carried out in accordance with GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling. Hydrochemical and microbiological analysis was carried out in accordance with SanPiN 2.1.4.1175-02. Hygienic requirements for the quality of water of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources.
- Research results and their discussion.** According to the results of hydrochemical analysis of water quality, contamination of Cd, Pb, Ni, Fe was detected during all periods of the study. There was also an excess of the norm in terms of chlorides in all springs in spring, 2022. It was determined that the WPI and quantitative estimation of microorganisms vary significantly both by sampling dates and by springs. The highest rate of WPI was noted for the Mikhaylovskiy spring in the spring of 2022, and quantitative estimation of microorganisms does not exceed acceptable limits.
- Conclusions.** As a result of the conducted research, it can be concluded that the use of spring water in Stavropol in case of an emergency without risks to public health is possible only from springs – Koryta, Chasha and Kholodnyy, but with preliminary additional cleaning and for a short time.
- Key words:** source of drinking water supply, spring water quality, heavy metals, monitoring

Введение

Жители Ставрополя с начала его основания использовали воду из многочисленных городских родников. Только к концу 60-х годов XX века были закрыты все родниковые водопроводы. На данный момент функции слежения за качеством воды отдельных родников и мониторингом их состояния возложены в первую очередь на Управление Роспотребнадзора по Ставропольскому краю в

рамках государственного санитарно-эпидемиологического надзора, но последние опубликованные данные за 2016 год охватывают лишь четыре родника. Более ранние сведения о химическом составе родниковых вод содержатся в Экологическом паспорте г. Ставрополя (1995) [16] и в работах И.В. Бегдай, Н.Е. Перекопской, Е.В. Бондарь (2015, 2016) [1, 7].

Химический состав родниковой воды — результат сложных гидрогеохимических и биологических процессов, происходящих в системе «грунт – подземные воды – порода» [17, 18, 20]. В связи с возрастающим техногенным воздействием, возникает необходимость поиска альтернативных источников водоснабжения в случае чрезвычайной ситуации. Ими и могут стать родники, питавшие город на протяжении почти двухсот лет [5, 10, 15, 19].

Роснедра и Росводресурсы приступили к осуществлению федерального проекта, одной из задач которого является создание единого реестра питьевого водоснабжения. Ставропольский край включен в данный проект в качестве «пилотного» региона.

Целью исследования является комплексный мониторинг качества родниковых вод г. Ставрополя для выявления степени пригодности для питьевого водоснабжения в случае ЧС.

Материалы и методы исследований

Для исследования были выбраны пять родников, расположенных в разных административных районах и условиях города Ставрополя. Так, родники Корята, Михайловский и Холодный расположены в Промышленном районе, Серафима Саровского — в Октябрьском. Они находятся в непосредственной близости к жилой застройке, что делает их доступными и часто посещаемыми туристами и местными жителями. Родник Чаша (Круглый) размещен в Мамайском лесу в Ленинском районе города (рис. 1).

В основу комплексного мониторинга экологического состояния родниковых вод г. Ставрополя были взяты результаты средних значений качественных и количественных характеристик, полученных Н.Е. Перекопской, И.В. Бегдай, Е.В. Бондарь в 2015 и 2016 гг. [1, 7].

Собственные исследования качества воды по гидрохимическим показателям воды из родников проводились осенью 2021 г., зимой и весной 2022 г. Исследования проводились на базе научно-

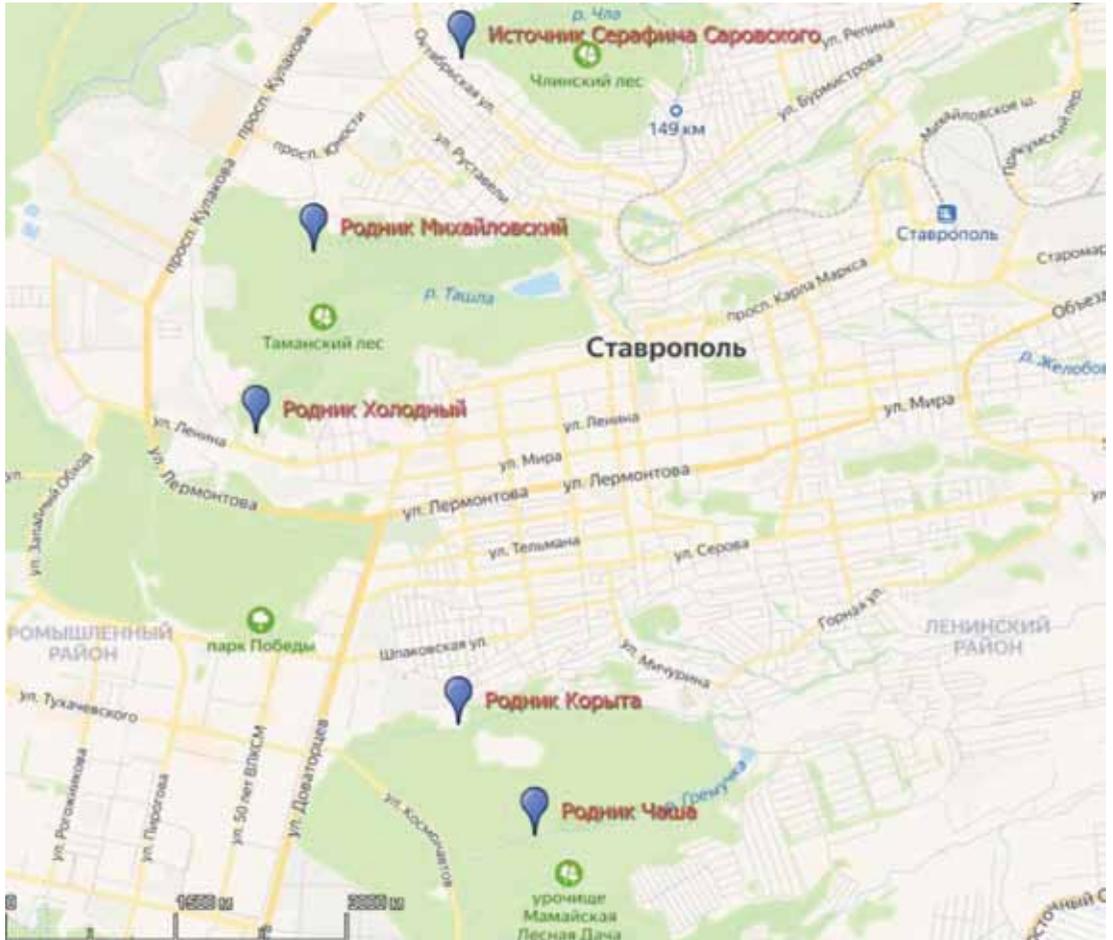


Рис. 1.

Схема расположения точек отбора проб родниковой воды (Yandex-Карта).

Fig. 2. Layout of spring water sampling points (Yandex-Maps).

учебной экоаналитической лаборатории Северо-Кавказского федерального университета как в 2015 г., так и в 2021–2022 гг. Отбор проб осуществлялся согласно ГОСТ 31861–2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [2]. Экспериментальным методом определены запах, вкус и прозрачность согласно ГОСТ Р 57164–2016 «Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности» [4].

В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» [2], предъявляемыми к качеству воды нецентрализованного водоснабжения, были определены химические показатели. СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [13] для химических показателей, так как их нормативы соответствуют тем, что приняты для источников нецентрализованного водоснабжения.

Определение общей жесткости отобранной воды осуществлялось в соответствии с ГОСТ 31954–2012 «Вода питьевая. Методы определения жесткости» [3]. Определение содержания хлоридов в воде производилось по методу Мора согласно РД 52.24.407–2017 «Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика измерений argentометрическим методом» [12]. Определение нитритного азота и сульфат-ионов — в соответствии с РД 52.24.381–2006 «Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса» [11] и ПНД Ф 14.1:2.159–2000 «Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом» соответственно [8]. Концентрацию нитритов и сульфатов рассчитывают по калибровочному графику, построенному спектрофотометром Genesys 10S UV-Vis.

Установление наличия загрязнения родников тяжелыми металлами (Co, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe, Cd, Pb) проводили с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с атомизацией в пламени iCE 3300 (Thermo Scientific) согласно ПНД Ф 14.1:2.4.139–98 «Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрометрии» [9].

Все исследования проведены в трехкратной повторности, среднеквадратичное отклонение не выше 0,5, коэффициент корреляции градуировочного графика каждого из анализов составил $r = 0,999$. Для каждого из полученных значений проведен контроль точности полученных результатов по показателю стандартной относительной неопределенности в соответствии с требованиями внутрилабораторного контроля, действующего на территории Российской Федерации.

Статистическая обработка полученных результатов осуществлена с использованием прикладных программных пакетов «Statistica for Windows v.6» и программного продукта «Microsoft Excel 2016». Оценки качества и пригодности использования воды из природных источников проведены на основании интегральных комплексных показателей – ранжирование воды из родников по количеству загрязняющих веществ, индекс загрязнения воды (ИЗВ). Следует учитывать, что в настоящее время в Российской Федерации нет общепринятой комплексной системы оценки качества родниковой воды, используемой для питьевого водоснабжения, а только для поверхностных водных объектов. В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации родники относятся к группе поверхностных, хотя большинство ученых причисляют их к подземным водам.

Для анализа образцов использовали предельно допустимые концентрации содержания веществ в воде (ПДК) в соответствии с СанПиН 2.1.4.1175–02 для органолептических показателей [14] и СанПиН 2.1.4.1074–01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» для химических показателей [13], так как их нормативы соответствуют тем, что приняты для источников нецентрализованного водоснабжения.

Микробиологическая оценка вод природных источников включала определение общего числа мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (ОМЧ). Исследования проводились на базе учебной лаборатории микробиологии базовой кафедры микробиологии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. При выполнении микробиологических исследований руководствовались МУК 4.2.1018–01 «Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды» [6].

Результаты исследований и их обсуждение

Собственные исследования проб родниковой воды проходили в течение срока — с осени 2021 г. по зиму–весну 2022 г. Всего проанализировано 45 проб из пяти родников г. Ставрополя — Корыта, Чаша, Михайловский, Холодный и Серафима Саровского. Бактериологический анализ показал, что ОМЧ в источниках Травертиновый, Корыта, Михайловский и Чаша составил менее 1 КОЕ/мл, в Холодном роднике 8 КОЕ/мл, в источнике Серафима Саровского 10 КОЕ/мл. Все эти показатели являются нормой по СанПиН [14].

Результаты исследования гидрохимического анализа родниковой воды за 2021–2022 гг. представлены в таблице 1.

В ходе проведения лабораторных исследований установлено, что по температурному режиму воды всех исследованных родников — холодные, колебания по сезонам выражены слабо, по значению рН источники относятся к слабощелочным и не превышают ПДК.

Вода из родников Корыта, Холодный и Серафима Саровского остается в пределах значения, соответствующего категории нормально пресных вод. За тот же период в роднике Чаша наблюдается уменьшение степени минерализации от пресноватых до нормально-пресных. В Михайловском роднике наоборот, отмечено увеличение от нормально-пресных до пресноватых. Такое колебание показателей связано с интенсивным выпадением осадков в период отбора проб, а также увеличением в источниках концентрации хлоридов.

Во всех родниках на протяжении периода наблюдения сохранялась общая закономерность повышения содержания хлоридов. При исследовании проб, отобранных весной, зафиксировано превышение содержания хлоридов во всех родниках практически в 2 раза выше нормы ПДК. Увеличение концентрации связано с очень сильной миграционной способностью этого элемента, связанной со слабой сорбцией, легкой растворимостью и малым потреблением живыми организмами. Поэтому концентрация ионов хлорида в воде подвержено сильным колебаниям как сезонным, так и суточным. Содержание нитритов во всех пробах соответствует норме.

Ярко выражено изменение содержания растворенного кислорода в воде родников по сезонам. Самые высокие показатели зафиксированы осенью, самые низкие зимой 2022 г., что укладывается в нормы СанПиН. Растворенный кислород поступает в родниковые

Таблица 1. РЕЗУЛЬТАТЫ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОБ РОДНИКОВОЙ ВОДЫ
Г. СТАВРОПОЛЯ 2021–2022 ГГ.Table 1. Results of hydrochemical analysis of spring water samples in Stavropol
2021–2022

Показатели, ед. изм.	Корыта			Чаша			Холодный
	осень	зима	весна	осень	зима	весна	осень
ОБЩИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ							
рН, ед. рН	8,15±0,05	8,22±0,05	8,47±0,05	8,32±0,05	8,45±0,05	8,47±0,05	7,62±0,05
Жесткость, мг-экв/л	2,48±0,04	10,35±0,04	6,19±0,03	4,52±0,04	5,36±0,04	6,12±0,03	4,25±0,02
Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	774,1±0,05	787,3±0,05	891,3±0,05	777,4±0,05	524±0,05	588,5±0,05	362,3±0,05
Минерализация, мг/л	492,6±0,02	501,3±0,03	570,4±0,06	497,5±0,03	335,4±0,04	376,6±0,02	231,8±0,04
Растворенный кислород, мг/л	10,08±0,5	6,97±0,5	5,37±0,5	14,24±0,5	8,5±0,5	7,92±0,5	12,78±0,5
Прозрачность, см	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30
Запах, баллы	1	1	1	0	0	1	2
Вкус и привкус, баллы	2	1	3	2	1	3	3
Температура, °С	11,7 ±0,5	11,5±0,5	12,5±0,5	10,1±0,5	10,1±0,5	10,2±0,5	9,1±0,5
КАТИОНЫ							
Fe, мг/л	0,9845	0,0261	0,1457	0,4852	0,0653	0,0047	0,5343
Mn, мг/л	0,0139	0,0174	0,0175	0,0100	0,0107	0,017	0,0191
АНИОНЫ							
NO ₂ , мг/л	0,32±0,01	0,0163±0,03	0,0181±0,05	0,32±0,01	0,0124±0,02	0,0162±0,01	0,52±0,1
SO ₄ , мг/л	123,5±0,01	69,5±0,02	48,0±0,01	43,75±0,01	8,0±0,01	18,5±0,01	128,2±0,002
Cl, мг/л	110,05±0,004	99,04±0,003	598,5±0,002	78,1±0,003	60,1±0,004	603,5±0,005	106,5±0,04
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ							
Cu, мг/л	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Cd, мг/л	0,0047	0,0083	0,0091	0,0062	0,0077	0,0072	0,0132
Co, мг/л	0,0028	0,0124	0,0081	0,0128	0,0109	0,0019	0,0071
Ni, мг/л	0,0754	0,0038	0,3102	0,4541	0,0166	0,0104	0,1135
Pb, мг/л	0,0699	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Zn, мг/л	н/о	0,0066	0,0036	н/о	0,0011	н/о	н/о

		Михайловский			Серафима Саровского			ПДК
зима	весна	осень	зима	весна	осень	зима	весна	
8,14±0,05	8,24±0,05	7,54±0,05	7,95±0,05	8,23±0,5	7,73±0,05	7,81±0,05	8,19±0,05	6,0–9,0
5,11±0,03	8,05±0,05	5,64±0,03	8,25±0,02	8,23±0,01	3,44±0,05	4,92±0,04	9,95±0,02	7,0–10,0
731,8±0,05	795,9±0,05	516,1±0,05	1013±0,05	1172±0,05	370,6±0,05	395,5±0,05	841,2±0,05	не норм.
468,3±0,05	498,5±0,03	330,6±0,002	648,3±0,004	750,1±0,003	237,2±0,03	197,7±0,04	538,4±0,05	1000
7,62±0,5	8,68±0,5	12,26±0,5	8,2±0,5	8,7±0,5	7,77±0,5	4,47±0,5	6,55±0,5	> 4
> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30	> 30
1	1	0	0	1	1	1	1	2–3
1	3	1	1	3	1	1	2	2–3
8,2±0,5	12,9±0,5	10,1±0,5	8,2±0,5	9,1±0,5	11,9±0,5	11,8±0,5	12,9±0,5	не норм.
0,0261	0,0794	0,3531	0,3268	1,2843	2,2135	0,1135	0,032	0,3
0,0174	0,0087	0,0066	0,0011	0,01	0,0327	0,0068	0,034	0,1
0,0182±0,2	0,013±0,1	0,39±0,03	0,0132±0,04	0,0119±0,03	0,36±0,1	0,0123±0,2	0,014±0,1	3,0
107,5±0,005	93,5±0,001	165,5±0,01	65,2±0,02	24,5±0,01	113,2±0,01	78,5±0,02	74,2±0,01	500,0
85,2±0,05	614,51±0,01	177,5±0,05	159,1±0,01	614,15±0,04	92,3±0,01	102,1±0,03	610,4±0,05	350,0
н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	1,0
0,0038	0,0169	0,0113	0,0068	0,0075	0,0138	0,0151	0,006	0,001
0,0005	0,0119	0,0086	0,0115	0,0134	0,0039	0,0071	0,0088	0,1
н/о	0,0135	0,9101	0,0438	7,6667	0,6503	0,0241	0,028	0,1
н/о	0,0151	0,0136	н/о	н/о	0,0151	0,0211	н/о	0,03
0,0994	0,2545	н/о	н/о	н/о	н/о	0,0503	0,048	5,0

воды благодаря адсорбции из атмосферы, а также поступления в источник с дождевыми и снеговыми водами, поэтому наибольшая ее концентрация отмечена в переходный период (осенью). Общая жесткость во всех пробах не превышает ПДК. Вода родников в течение периода исследований изменяется от умеренно-жестких до очень жестких. Большие колебания жесткости воды в источниках объясняется погодными условиями во время отбора и спецификой геохимического состава водовмещающих пород.

По органолептическим показателям вода всех исследуемых источников соответствует санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам. Но осенью и весной из-за высокого содержания железа и хлоридов в пробах воды отмечен вяжущий и соленый вкус, ухудшающий органолептические свойства. Наиболее проблемными и критическими показателями загрязненности воды родников являются тяжелые металлы: Cd, Ni, Fe и Pb, эти показатели имеют устойчивый характер. Мониторинговые исследования гидрохимического состава воды родника Корята показали плавный рост концентрации Cd с превышением ПДК. Pb был обнаружен только осенью с превышением нормы. Колебания Fe связано с высоким содержанием растворенного кислорода осенью, его значение в этот период превысило в 3 раза ПДК. Концентрация Ni в осенне-зимний период оставалась в пределах нормы, весной значение увеличилось до 3 ПДК.

Родник Чаша отличается меньшим количеством случаев превышения ПДК по химическим веществам по сравнению с остальными. Наибольшие концентрации Fe и Ni выше ПДК зафиксированы осенью, наименьшие – весной. Содержание Cd во всех пробах оставалось выше нормы ПДК в 5–7 раз. В воде Михайловского родника зафиксировано превышение по Cd (до 11 ПДК осенью) и Ni (до 76 ПДК весной). Также наблюдается тенденция увеличения содержания Fe от 1,2 до 7,5 ПДК. Такое резкое повышение за короткий период времени может свидетельствовать, о появлении источника загрязнения.

Наибольшие концентрации Fe и Ni зафиксированы в осенних пробах родника Холодный с превышением нормы в 1,7 и 1,1 раза соответственно. Во всех пробах обнаружен Cd превышающий ПДК, высокие показатели отмечены весной (17 ПДК), низкие – зимой (3,8 ПДК). По содержанию Fe источник Серафима Саровского отлича-

ется от других наибольшими показателями. Превышение Cd наблюдается во всех пробах и достигает наибольшего значения зимой (15 ПДК). Высокое содержание Ni в 6,5 ПДК обнаружено осенью, далее его концентрация уменьшается, но все еще превышает норму. Уровень концентрации Pb оставался стабильно высоким для источника до весеннего периода, на тот момент он не был обнаружен вообще.

Таким образом, во всех пяти исследуемых родниках наблюдаются колебания содержания тяжелых металлов, что обуславливается благоприятными слабощелочными условиями для их осаждения в форме нерастворимых гидроксидов, карбонатов и других солей, а также химическим составом водовмещающих пород, эрозийными процессами, ливневыми стоками. По результатам исследования проведено ранжирование родниковых вод г. Ставрополя, на основе присвоения баллов каждому загрязняющему веществу. Для каждого родника были рассчитаны баллы по сезонам и выведены средние значения и индекс загрязнения воды (ИЗВ) (табл. 2).

Согласно общепринятой классификации, к токсичным и трудно выводимым элементам относятся Pb и Cd, которые были обнаружены во всех пробах родниковой воды и они значительно превышают нормы ПДК. Из токсичных легко выводимых в родниках содержатся — Ni, Mn, NO₂. Эти вещества также были обнаружены во всех пяти источниках. Наибольшие концентрации никеля отмечены в Михайловском роднике. Из биогенных зафиксированы Fe, Co, Zn. Концентрация Co и Zn не превышает нормы. Осенью 2021 г. во всех пробах отмечены колебания содержания Fe с превышением ПДК. К биогенным веществам также относится Cu, которая не была обнаружена в образцах родниковой воды.

Ранжирование качества родниковых вод г. Ставрополя показало, что наибольшее количество загрязняющих веществ содержится в роднике Михайловском, а наименьшее – в Чаше. Для оценки качества и пригодности использования воды из природных источников был взят на вооружение индекс загрязнения воды (ИЗВ), рассчитанный для каждого родника в период исследований 2021–2022 гг. и проведено сравнение с ранее полученными данными 2015 г. (рис. 2).

Расчет интегральных показателей качества воды помог понять, что ухудшение качества воды родников в городе наблюдается осенью 2021 г. и весной 2022 г. Минимальные значения ИЗВ

Таблица 2. РАНЖИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА РОДНИКОВЫХ ВОД Г. СТАВРОПОЛЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ В НИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
Table 2. Ranking of the quality of spring waters of Stavropol by the content of pollutants in them

№	Название родника	Место расположения родника	Содержание ЗВ, балл
1	Чаша	Урочище Мамайская лесная дача	16,0
2	Корыта	Урочище родника Корыта	18,7
3	Холодный	Урочище Таманская лесная дача	21,6
4	Серафима Саровского	Храм Преподобного Серафима Саровского Чудотворца	14,2
5	Михайловский	Урочище Таманская лесная дача	25,0

отмечены в 2015 г. и зимой 2022 г. для родников – Корыта, Чаша и Холодного, воды можно отнести к умеренно-загрязненным и загрязненным с минимальным экологическим риском. Высокие показатели ИЗВ Михайловского родника объяснимы значительным увеличением концентрации никеля (76 ПДК) весной 2022 г. Источник Серафима Саровского наиболее загрязнен осенью 2021 г. и зимой 2022 г. в связи с увеличением содержания в воде таких металлов как Cd, Pb, Fe.

Наименьшие значения ИЗВ принадлежат роднику Чаша, он является относительно чистым по сравнению с остальными, так как менее подвержен антропогенному воздействию из-за своего расположения в глубине лесного массива, вдали от селитебной зоны, автодорог и промышленных предприятий. Кроме загрязнения вод тяжелыми металлами и хлоридами, зафиксировано несоответствие обустройства каптажных камер по СанПиН 2.1.4.1175–02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водо-

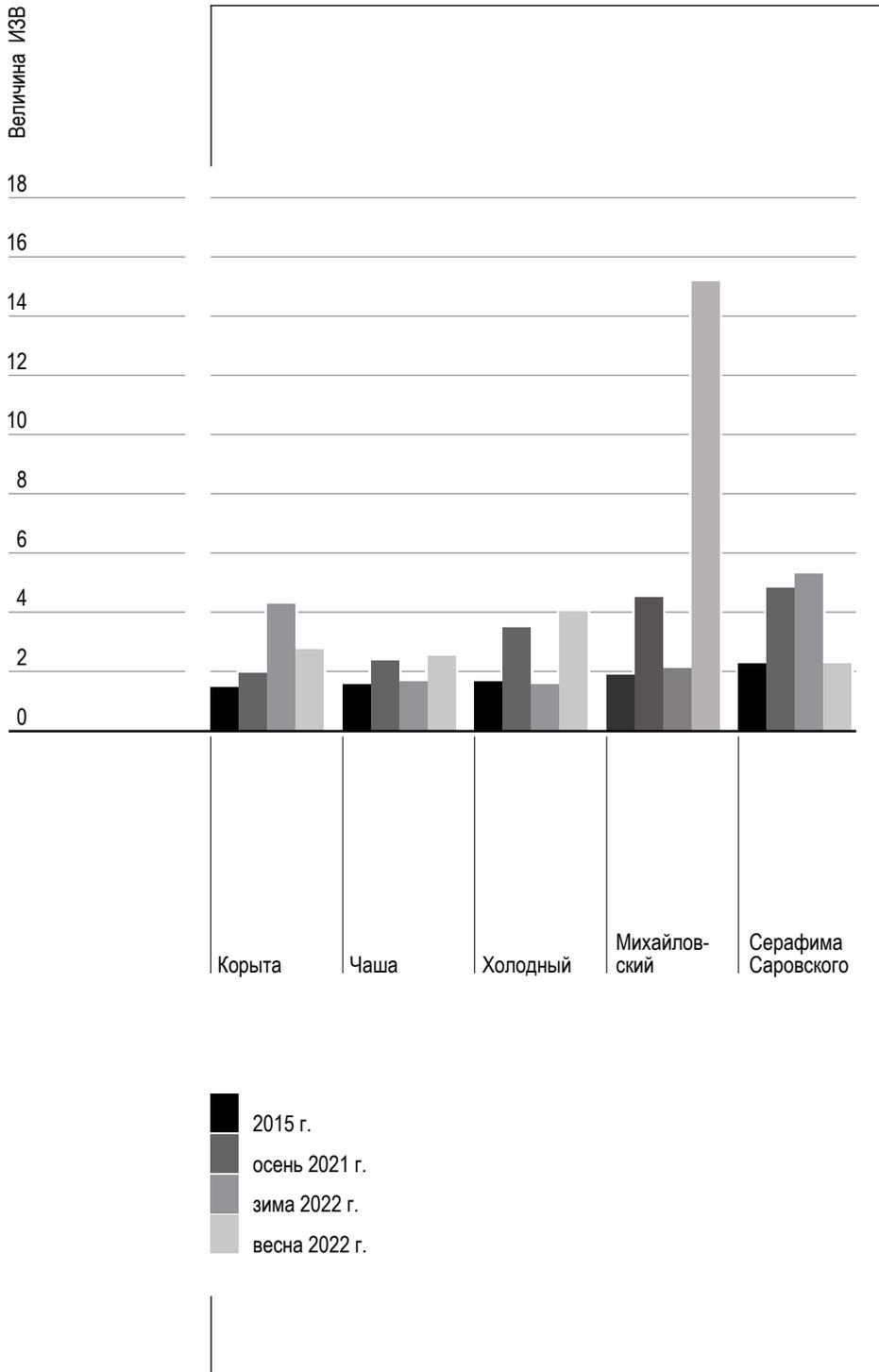


Рис. 2.

Индекс загрязнения воды родников г. Ставрополя.

Fig. 2. Water Pollution Index of water springs in Stavropol.

снабжения. Санитарная охрана» [14] для родников Чаша, Михайловский, Серафима Саровского и Холодного.

Таким образом, во всех пяти родниках на протяжении периода мониторинга с осени 2021 г. по зиму – весну 2022 г. отмечено загрязнение тяжелыми металлами, их концентрации значительно превышают предельно-допустимые концентрации. Индекс загрязнения воды не является постоянной величиной и значительно меняется как по датам отбора проб, так и по родникам. Их большинство относится к умеренно-загрязненным и загрязненным. Михайловский родник – чрезвычайно грязный. Использование воды из источников Серафима Саровского и Михайловский даже в случае чрезвычайной ситуации опасно для здоровья. Употребление воды с предварительной очисткой возможно в течение непродолжительного времени из родников – Корята, Чаша, Холодный.

Выводы

На территории г. Ставрополя находятся несколько десятков родников. Некоторые из них являются памятниками природы краевого значения, другие – местом отдыха и паломничества, как источник Серафима Саровского. По результатам гидрохимического анализа качества воды обнаружено загрязнение тяжелыми металлами (Cd, Pb, Ni, Fe) во все периоды исследования с 2015 г. по 2022 г. Также отмечено превышение нормы по хлоридам весной 2022 г. во всех родниках. Выяснили, что ИЗВ не является постоянной величиной и значительно меняется как по датам отбора проб, так и по родникам. Наибольший показатель ИЗВ отмечен для Михайловского родника весной 2022 г., наименьший для Корята и Чаши по сравнению с данными полученными ранее в 2015 г., что свидетельствует об ухудшении качества воды родников.

Требованиям СанПиНа 2.1.4.1175–02 соответствует только родник Корята. По сравнению с 2015 г. значительно улучшилось его благоустройство. Для остальных источников необходимо провести работы по обустройству в соответствии с нормативом СанПин [14]. По результатам бактериологического анализа качества воды отмечены значительные колебания показателя ОМЧ. Изменения отмечены как посезонно, так и по родникам. Сезонные колебания связаны с физиологической активностью микроорганизмов в раз-

ное время года, однако эти показатели не превышают допустимых значений.

Таким образом, использование родниковой воды г. Ставрополе в случае чрезвычайной ситуации без рисков для здоровья населения возможно только из родников – Корята, Чаша и Холодный, но с предварительной дополнительной очисткой и в течение непродолжительного времени.

Библиографический список

1. Бегдай И.В. Бондарь Е.В., Перекопская Н.Е. Исследование загрязнения родников города Ставрополя методом факторного анализа // Наука. Инновации. Технологии. 2016. № 2. С. 77–88.
2. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М., Стандартинформ, 2019. 31 с.
3. ГОСТ 31954-2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости воды. – Введ. 2014.01.01. М.: Стандартинформ, 2018. 18 с.
4. ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. методы определения запаха, вкуса и мутности. – Введ. 2018.01.01. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с.
5. Еремина А.В. Университетские родники г. Томска: состав и особенности обустройства // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета, Томск, 4–8 апреля 2016 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР); Общество инженеров-нефтяников, международная некоммерческая организация, Студенческий чаптер; Под редакцией А. Ю. Дмитриева. Т. 1. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. С. 648–650.
6. МУК 4.2.1018-01. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды. – Введ. 2001.07.01. М., 2001. 32 с.
7. Перекопская Н.Е., Бондарь Е.В. Гидрохимическая характеристика родниковых вод города Ставрополя // Научно-исследовательские публикации. 2015. № 2(22). С. 53–58.

8. ПНД Ф 14.1:2.159-2000. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом. М., 2000. 14 с.
9. ПНД Ф 14.1:2:4.139-98. Методика измерений массовых концентраций кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектрометрии. М., 1998. 24 с.
10. Попова З.И., Круглова А.П., Якунин А.А. Оценка качества воды родников г. Рязань // Биозкологическое краеведение: мировые, российские и региональные проблемы: Материалы 6-й Международной научно-практической конференции, посвящённой 105-летию со дня рождения д-ра биол. наук, профессора В.Е. Тимофеева и 95-летию со дня рождения канд. биол. наук, доцента А.И. Борисовой, Самара, 15 ноября 2017 года / отв. редактор С.И. Павлов. Самара: Самарский государственный социально-педагогический университет, 2017. С. 230–234.
11. РД 52.24.381-2006. Массовая концентрация нитритов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса. Ростов-на-Дону, 2006. 27 с.
12. РД 52.24.407-2017 «Массовая концентрация хлоридов в водах. Методика измерений аргентометрическим методом». Ростов-на-Дону, 2017. 28 с.
13. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 2002. 62 с.
14. СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. М., 2002. 17 с.
15. Соболева О.А., Анищенко Л.Н. Оценка родниковых вод Брянской области по данным эколого-химического и фитотоксикологического анализов // Экологическая химия. 2022. Т. 31. № 1. С. 40–45.
16. Экологический паспорт г. Ставрополя. Ландшафт. Ставрополь: Орфей, 1995. 78 с.
17. Abdesselam S., Halitim A., Jan A. et al. Anthropogenic contamination of groundwater with nitrate in arid region: case study of southern Hodna (Algeria). *Environ Earth Sci* 70, 2013, 2129–2141. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1834-5>.
18. Ashbolt N.J., Grabow W., Snozzi M. Indicators of microbial

- water quality. In *Water Quality: Guidelines, standards and health – assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*, (eds. L. Fewtrell and J. Bartram), 2001. P. 289–315, IWA, London.
19. Soulsby C., Chen M., Malcolm R. Towards groundwater protection in the UK: problems of integrating science and policy. In *Water Quality: Processes and policy*, (eds. S.T. Trudgill, D.E. Walling and B.W. Webb), 1999. P. 151–179, John Wiley & Sons, Chichester.
 20. Szczucińska A. Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environ Earth Sci* 75, 2016, 712. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5548-y>.

References

1. Begdai I.V., Bondar E.V., Perekopskaya N.E. Investigation of pollution of springs of Stavropol by factor analysis method // *Science. Innovations. Technologies*. 2016. No. 2. P. 77–88. (In Russ.).
2. GOST 31861-2012. Water. General requirements for sampling. M., Standartinform, 2019. 31 p. (In Russ.).
3. GOST 31954-2012. Drinking water. Methods for determining water hardness. – introduction. 2014.01.01. M.: Standartinform, 2018. 18 p. (In Russ.).
4. GOST R 57164-2016. Drinking water. methods for determining odor, taste and turbidity. – introduction. 2018.01.01. M.: Standartinform, 2019. 23 p. (In Russ.).
1. Yeremina A.V. University springs of Tomsk: composition and improvement features // *Problems of geology and subsoil development : proceedings of the XX International Symposium named after Academician M.A. Usov of students and young scientists dedicated to the 120th anniversary of the founding of Tomsk Polytechnic University, Tomsk, 4–8 April 2016 / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU), Institute of Natural Resources (IPR); Society of Petroleum Engineers, international non-profit organization, Student Chapter; Editor A. U. Dmitriev. Part 1. Tomsk: National Research Tomsk Polytechnic University, 2016. P. 648–650. (In Russ.).*
2. MUC 4.2.1018-01 Methodical instructions. Control methods. Biological and microbiological factors. Sanitary and microbiological analysis of drinking water. 2001.07.01. Moscow, 2001. 32 p. (In Russ.).

7. Perekopskaya N.E., Bondar E.V. Hydrochemical characteristics of spring waters of the city of Stavropol // Scientific research publications. 2015. № 2(22). P. 53–58. (In Russ.).
8. Federal environmental regulations. 14.1:2.159-2000. The method of measuring the mass concentration of sulfate ions in samples of natural and wastewater turbidimetric method. Moscow, 2000. 14 p. (In Russ.).
9. Federal environmental regulations. 14.1:2:4.139-98. The method of measuring the mass concentrations of cobalt, nickel, copper, zinc, chromium, manganese, iron, silver, cadmium and lead in samples of drinking, natural and wastewater by atomic absorption spectrometry. Moscow, 1998. 24 p. (In Russ.).
10. Popova Z.I., Kruglova A.P., Yakunin A.A. Assessment of the water quality of springs in Ryazan // Bioecological local lore: world, Russian and regional problems : Materials of the 6th International Scientific and Practical conference dedicated to the 105th anniversary of the birth of Doctor of Biological Sciences, Professor V.E. Timofeev and the 95th anniversary of the Birthday of Candidate of Biological Sciences, Associate Professor A.I. Borisova, Samara, November 15, 2017 / Responsible editor S.I. Pavlov. Samara: Samara State Socio-Pedagogical University, 2017. P. 230–234. (In Russ.).
11. Guidance document 52.24.381-2006. The mass concentration of nitrites in the waters. The method of performing measurements by photometric method with Griss reagent. Rostov-on-Don, 2006. 27 p. (In Russ.).
12. Guidance document 52.24.407–2017 “Mass concentration of chlorides in waters. Measurement methodology by the argentometric method” Rostov-on-Don, 2017. 28 p. (In Russ.).
13. SanPiN 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for the water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. M., 2002. 62 p. (In Russ.).
14. SanPiN 2.1.4.1175-02. Hygienic requirements for the quality of water of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources. M., 2002. 17 p. (In Russ.).
15. Soboleva O.A., Anishchenko L.N. Assessment of spring waters of the Bryansk region according to ecological, chemical and toxicological analyses // Environmental chemistry. 2022. Part. 31. No. 1. P. 40–45. (In Russ.).
16. Environmental passport of Stavropol. Landscape. Stavropol, Orpheus, 1995. 78 p. (In Russ.).

17. Abdesselam S., Halitim A., Jan A. et al. Anthropogenic contamination of groundwater with nitrate in arid region: case study of southern Hodna (Algeria). *Environ Earth Sci* 70, 2013, 2129–2141. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1834-5>.
17. Ashbolt N.J., Grabow W., Snozzi M. Indicators of microbial water quality. In *Water Quality: Guidelines, standards and health – assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*, (eds. L. Fewtrell and J. Bartram), 2001. P. 289–315, IWA, London.
19. Soulsby C., Chen M., Malcolm R. Towards groundwater protection in the UK: problems of integrating science and policy. In *Water Quality: Processes and policy*, (eds. S.T. Trudgill, D.E. Walling and B.W. Webb), 1999. P. 151–179, John Wiley & Sons, Chichester.
20. Szczucińska A. Spring water chemistry in a formerly glaciated area of western Poland: the contribution of natural and anthropogenic factors. *Environ Earth Sci* 75, 712, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5548-y>.

**Поступило в редакцию 18.12.2022,
принята к публикации 13.02.2023.**

Об авторах

- Бегдай** Инна Владимировна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета, заведующая НУЛ биогеохимии окружающей среды Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: algae@mail.ru.
- Бондарь** Елена Васильевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: stalker-vin@yandex.ru.
- Харина** Елена Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, доцент базовой кафедры микробиологии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: euphorbia@mail.ru.
- Еремеева** Яна Витальевна, магистрант кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета Северо-Кавказского федерального университета. E-mail: eremeeva14012001@gmail.com.

Гасюкова Марина Витальевна, магистрант кафедры экологии и биогеографии медико-биологического факультета, Северо-Кавказского федерального университета; г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, корп. 2, ауд. 334.
E-mail: gasyu17kova@gmail.com.

About the authors

- Begday** Inna Vladimirovna, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology and Biogeography, Faculty of Medicine and Biology, Head of the Scientific and Educational Laboratory of Environmental Biogeochemistry, North Caucasus Federal University. E-mail: algae@mail.ru.
- Bondar** Elena Vasilyevna, PhD, Associate Professor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Biogeography, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University; Stavropol, Pushkin str., 1, building 2, room 334. E-mail: stalker-vin@yandex.ru.
- Kharina** Elena Ivanovna, Associate Professor of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Basic Department of Microbiology, Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University. E-mail: euphorbia@mail.ru.
- Yermeeva** Yana Vitalievna, Master's degree student of the Department of Ecology and Biogeography of the Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University.
E-mail: eremeeva14012001@gmail.com.
- Gasuykova** Marina Vitalievna, Master's degree student of the Department of Ecology and Biogeography of the Faculty of Medicine and Biology, North Caucasus Federal University.
E-mail: gasyu17kova@gmail.com.