

Особенности эколого-гидрогеохимических исследований качества родниковых вод

В. А. Бударина¹, Г. А. Сигора², Т. Ю. Смоленская²✉, Л. А. Ничкова², И. М. Игнатенко³

¹Воронежский государственный университет, Российская Федерация
(394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1)

²Севастопольский государственный университет, Российская Федерация
(299053, г. Севастополь, ул. Университетская, 33)

³Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Российская Федерация
(308015, г. Белгород, ул. Победы, 85)

Аннотация. Цель – оценка экологического состояния воды подземных источников, находящихся в городской и сельской местности, по результатам анализа химического состава воды на примере Севастопольского региона.

Материалы и методы. В период с марта по июнь 2023 года обследовано 30 источников подземных вод (15 источников, находящихся в черте города, и 15 источников, находящихся в сельской местности) Севастопольского региона. Гидрохимическая оценка качества проб воды проводилась по основным показателям качества с применением физико-химических методов анализа.

Результаты и обсуждение. По разработанному ряду критериев ранжирования качества родниковых вод все исследуемые источники разделены на три группы: «загрязненные», «условно чистые», «чистые». Результаты химического анализа показали, что большая часть исследуемых родников (77%) относятся к группе «загрязненные» – концентрация некоторых определяемых компонентов в пробах превышает установленные предельно допустимые концентрации (ПДК) более чем в 2 раза. Проведена сравнительная оценка качества воды подземных источников, находящихся в черте города и в сельской местности.

Выводы. Информирование населения о качестве родниковых вод популярных подземных источников позволит минимизировать риск возникновения заболеваний, связанных с употреблением некачественной воды в питьевых целях, поможет привлечь внимание общественности к проблеме загрязнения воды и сохранению родников.

Ключевые слова: особенности, эколого-гидрохимические, загрязнение, подземные источники, родниковые воды, физико-химические методы, оценка качества воды, информирование населения.

Для цитирования: Бударина В. А., Сигора Г. А., Смоленская Т. Ю., Ничкова Л. А., Игнатенко И. М. Особенности эколого-гидрогеохимических исследований качества родниковых вод // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, № 2, с. 136-142. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/120-126>

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения населения России доброкачественной питьевой водой в последние годы приобрела особую актуальность в связи с почти повсеместно наблюдающимся загрязнением водных объектов и источников водоснабжения. Экстенсивное развитие хозяйства привело к тому, что качество воды большинства природных источников в настоящее время уже не соответствует нормативным требованиям [1].

К числу основных недостатков организации обеспечения населения качественной питьевой водой следует отнести [2]: отсутствие научно-обоснованных геоэкологических, технологических и экономических принципов создания и внедрения новых ресурсосберегающих систем обеспечения населения доброкачественной питьевой водой; несовершенство законодательной и нормативно-правовой базы, устанавливающей органи-

зационно-экономические, административные, нормативно-правовые основы деятельности в сфере коммунального хозяйства; неудовлетворительное санитарное и экологическое состояние поверхностных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, недостаточное использование более защищенных от загрязнения подземных водоисточников; применение устаревших технологий водоподготовки; ухудшающееся состояние водопроводных сетей и, как следствие, учащающиеся случаи нарушения режимов их эксплуатации, приводящие к неоправданным потерям питьевой воды; неудовлетворительное информационное обеспечение населения о качестве подаваемой водопроводной воды и рекомендуемых методах и средствах ее доочистки.

Во многих регионах России жители городов, сел и других населенных пунктов в качестве альтернативного источника централизованного водоснабжения



используют подземные воды – родники, скважины, колодцы [4]. Севастопольский регион не является исключением. Город Севастополь в целом богат подземными источниками [4]. Они широко используются для хозяйственно-питьевых и технических целей, для полива и в качестве лечебных.

Подземный сток формируется под влиянием различных природных факторов, определяющих условия и процессы питания, движения и разгрузки подземных вод. Влияние одних факторов очевидно (осадков, испарения, мощности и состава зоны аэрации, определяющих в совокупности условия питания подземных вод), влияние других (эндогенных и космогенных факторов, форм атмосферной циркуляции) не столь значительно и труднее поддается анализу [5]. Сложность изучения влияния различных факторов на подземный сток обусловлена тем, что они воздействуют комплексно и разнообразно в зависимости от изменяющихся природных условий.

Целью данного исследования является определение особенностей эколого-гидрогеохимических исследований качества родниковых вод Севастопольского региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с санитарными требованиями к питьевому водоснабжению из нецентрализованных источников водоснабжения (колодцев и родников) [1], контроль качества воды, в том числе за эффективностью обеззараживания воды из общественных колодцев, каптажей, их санитарным состоянием производится органами местного самоуправления. Исследования воды проводятся любой аккредитованной в установленном порядке лабораторией на договорной основе [6].

В исключительно научных целях масштабные исследования качества родниковых вод Севастопольского региона с 2019 года ведутся учеными «Техногенная безопасность и метрология» Севастопольского государственного университета. За период с января 2019 по ноябрь 2022 года исследовано порядка 85 источников под-

земных вод (включая родники, скважины, колодцы) по 28 показателям качества: органолептические свойства воды, обобщённые показатели (рН, минерализация (сухой остаток), щёлочность свободная и общая, жёсткость общая, окисляемость перманганатная), анионный и катионный состав. По разработанному ряду критериев ранжирования качества родниковых вод Севастопольского региона, все исследуемые источники разделены на три группы: «загрязнённые», «условно чистые», «чистые» [7]. Полученные в ходе химического анализа данные о качестве подземных вод исследуемых источников отображаются на разработанной интерактивной карте родников Севастопольского региона [8]. Жители города и его окрестностей имеют возможность ознакомиться с результатами анализа, задать интересующие их вопросы или оставить свой запрос через каналы связи [9].

Современные эколого-гидрохимические исследования качества родниковых вод на территории Севастопольского региона проводились в период с марта по июнь 2023 года с использованием физико-химических методов анализа. Объектом исследования стали 15 источников, находящихся в черте города и 15 источников, находящихся в сельской местности и близлежащих районах Севастопольского региона.

Основные задачи исследования были следующие: поиск новых и повторное исследование уже изученных источников; отбор проб и регистрация места расположения источников; изучение принципов физико-химических методов анализа, применяемых для оценки качества воды; проведение лабораторных исследований проб природной воды; регистрация наблюдаемых показателей и обработка полученной информации; занесение полученных результатов в базу данных; ранжирование исследуемых источников по степени загрязнённости; регулярные наблюдения за подземными водами загрязнённых источников; обновление интерактивной экологической карты на сайте; оценка качества воды подземных источников, находящихся в черте города и в сельской местности.



Рис. 1. Ранжирование изученных источников по группам загрязнённости
 а) источники, находящиеся в сельской местности; б) источники, находящиеся в черте города
 [Fig. 1. Ranking of the studied underground sources by pollution groups
 а) sources located in rural areas; б) sources located within the city]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований получены следующие основные результаты.

На рисунке 1 представлено количественное разделение исследуемых источников по группам загрязненности. Анализ результатов показывает, что вода всех исследуемых источников, находящихся в черте города, не соответствует нормам качества. В сельской местности только 15 родников, из общего числа исследуемых, соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям [1] и относятся к группе «чистые».

Результаты исследования показали, что в 27 отобранных пробах обнаружены превышения ПДК по нитрат-ионам, хлоридам, магнию, натрию, минерализации общей. Также зарегистрированы превышения по железу общему в некоторых источниках, которые находятся в черте города, и щелочности общей в родниках, которые находятся в сельской местности Севастопольского региона. Процентное соотношение количества «загрязненных» источников, находящихся в черте города и сельской местности, представлено на рисунке 2.

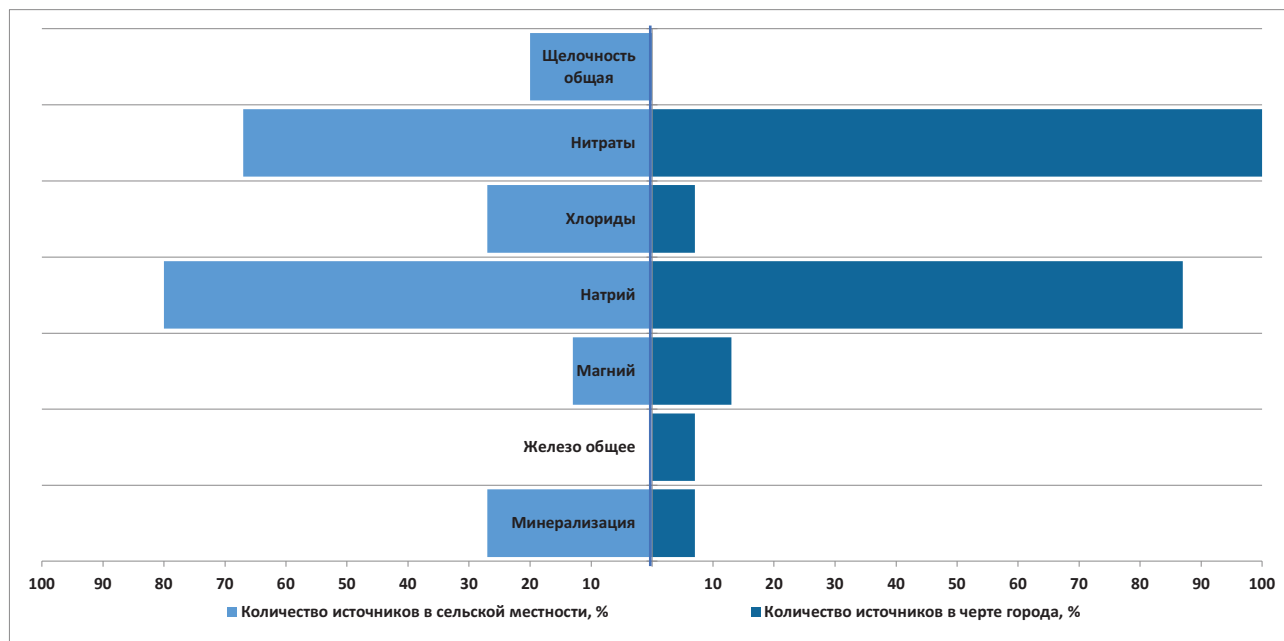


Рис. 2. Процентное соотношение количества загрязненных источников, находящихся в сельской местности и в черте города [Fig. 2. Percentage of the number of polluted sources located in rural areas and within the city]

Во всех 15-ти исследуемых источниках, находящихся в черте города (100%), зарегистрировано превышенные концентрации нитрат-ионов. В сельской местности превышение нитрат-ионам зафиксировано в 10-ти источниках, что составляет 67% от общего числа исследуемых. Нитратное загрязнение подземных вод может быть вызвано неправильно организованными канализационными стоками, промышленными отходами, атмосферными осадками, техногенной и сельскохозяйственной деятельностью вблизи источников [10].

Превышенные концентрации хлоридов наблюдаются в родниках, в большей части находящихся за чертой города – 27% (4 источника). Это объясняется близостью к береговой линии и интрузией морских вод – проникновением морской воды в подземные горизонты в месте разгрузки пресных подземных вод.

Превышения концентраций нитрат-ионов и хлоридов приводят к высоким показателям минерализации общей, которая характеризуется суммарным количеством содержащихся в воде растворенных веществ.

Также, почти в равном количестве зафиксированы превышения концентраций ионов натрия в родниках, находящихся в черте города (13 единиц, что состав-

ляет 87%), и за пределами города в сельской местности (12 единиц – 80%). Натрий содержится в воде в виде положительно заряженных ионов. Это результат электролитической диссоциации солей или оснований. Натриевое загрязнение подземных вод может зависеть от природных (состав магматических и осадочных горных пород, интрузия морских вод) и техногенных факторов (внесение удобрений, антигололедные реагенты и стоки промышленных предприятий) [1].

Превышения по магнию зафиксировано в двух источниках (13%), находящихся и в черте города, и в сельской местности. Подробный химический состав подземных вод с указанием даты отбора проб, месторасположение исследуемых источников, их фотографии опубликованы на сайте «Родники Севастопольского региона» (<https://sevrodnik.ru>).

Предполагаемые причины загрязнения подземных вод Севастопольского региона и основные способы их очистки представлены в таблице 1.

По результатам многолетних исследований можно сделать вывод, что основным маркером загрязненности подземных вод Севастопольского региона являются нитрат-ионы.

Основные причины загрязнения и способы очистки подземных вод [2]
 [Table 1. The main causes of pollution and methods of groundwater treatment [2]]

Загрязняющее вещество / Polluting substance	Нитрат-ионы (соли азотной кислоты) / Nitrate ions (salts of nitric acid)	Хлорид-ионы (соли хлоро-водородной кислоты) / Chloride ions (salts of hydrochloric acid)	Минерализация общая (показатель количества содержащихся в воде растворённых веществ) / Total mineralization (an indicator of the amount of dissolved substances contained in water)	Жесткость общая (содержание магния и кальция в воде) / Total hardness (magnesium and calcium content in water)	Ионы натрия (простое вещество, представляющее собой мягкий щелочной металл серебристо-белого цвета) / Sodium ions (a simple substance that is a soft alkali metal of silvery-white color)
Причины загрязнения / Causes of pollution	- сельское хозяйство; - горные породы; - сточные воды; - промышленные предприятия; - неправильно организованные канализационные стоки	- сточные воды; - интрузия морских вод; - осадки; - обработка проезжей части солью в зимний период; - промышленные предприятия	- разрушение горной породы; - бурильные работы с нарушением технологий; - сельское хозяйство	- подземные залежи известняков, гипса и доломитов	- сельское хозяйство; - горные породы; - ионные смолы
Способы очистки / Cleaning methods	- использование фильтров со вставками из ионообменных смол; - применение фильтра обратного осмоса	- ионные фильтры; - метод сорбции; - озонирование воды; - применение фильтра обратного осмоса	- дистилляция; - применение фильтра обратного осмоса	- кипячение (удаляется только временная жёсткость); - химический; - дистилляция; - ионный обмен; - электродиализ	- применение фильтра обратного осмоса, - применение фильтров умягчения

На рисунке 3 и 4 представлены среднегодовые концентрации нитратов за период с 2019 по 2023 годы в пробах воды наиболее популярных подземных источников, расположенных в черте города и его окрестностей, соответственно. Динамика изменения концентрации нитратов нестабильна и варьирует в широких пределах. В некоторых источниках среднегодовая концентрация превышает норму (45 мг/дм³) в 5 и более раз.

Проведенный экологический мониторинг позволяет сделать вывод, что подземные воды Севастопольского региона могут быть загрязнены повсеместно, как в черте города, так и за его пределами.

На сегодняшний день информирование население о качестве воды из подземных источников является единственным способом минимизировать риск угрозы здоровью человека от использования загрязненной воды в питьевых целях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные работы позволяют сделать следующие выводы по особенностям эколого-гидрохимических исследований родников.

Контроль качества воды из частных каптажей и колодцев обеспечивают собственники данных сооружений по договору со специализированными лабораториями. Качественный мониторинг состава родниковых вод во многих регионах государственными организациями и органами местного самоуправления не налажен. Проводится далеко не для всех крупных городских источников, так как большинство родников не имеют официального статуса нецентрализованного источника питьевого водоснабжения населения. Для собственников частных скважин или колодцев проводить регулярный анализ качества проб подземных вод в специализированных лабораториях очень дорого.

Проведенный анализ продемонстрировал, что воды из источников, находящихся как в черте города, так и в сельской местности в большей или меньшей степени не соответствуют требованиям к качеству питьевой воды децентрализованного водоснабжения и нуждаются в дополнительных мероприятиях по ее очистке.

Так как химический состав подземных вод нестабилен, предлагается размещение рядом с подземными

источниками аншлагов и информационных табличек с указанием QR-кода для выхода на специализированные сайты, где размещена и регулярно обновляется информация о химическом составе воды исследуемых источников. Информирование населения о качестве родниковых вод популярных подземных источников с помощью интерактивной карты на сайте открытого доступа, ан-

шлагов и информационных табличек позволит минимизировать риск возникновения заболеваний, связанных с употреблением некачественной воды в питьевых целях, поможет привлечь внимание общественности к проблеме загрязнения воды и исчезновению родников, вовлечь граждан в процесс восстановления, обустройства и сохранения природных источников чистой воды.

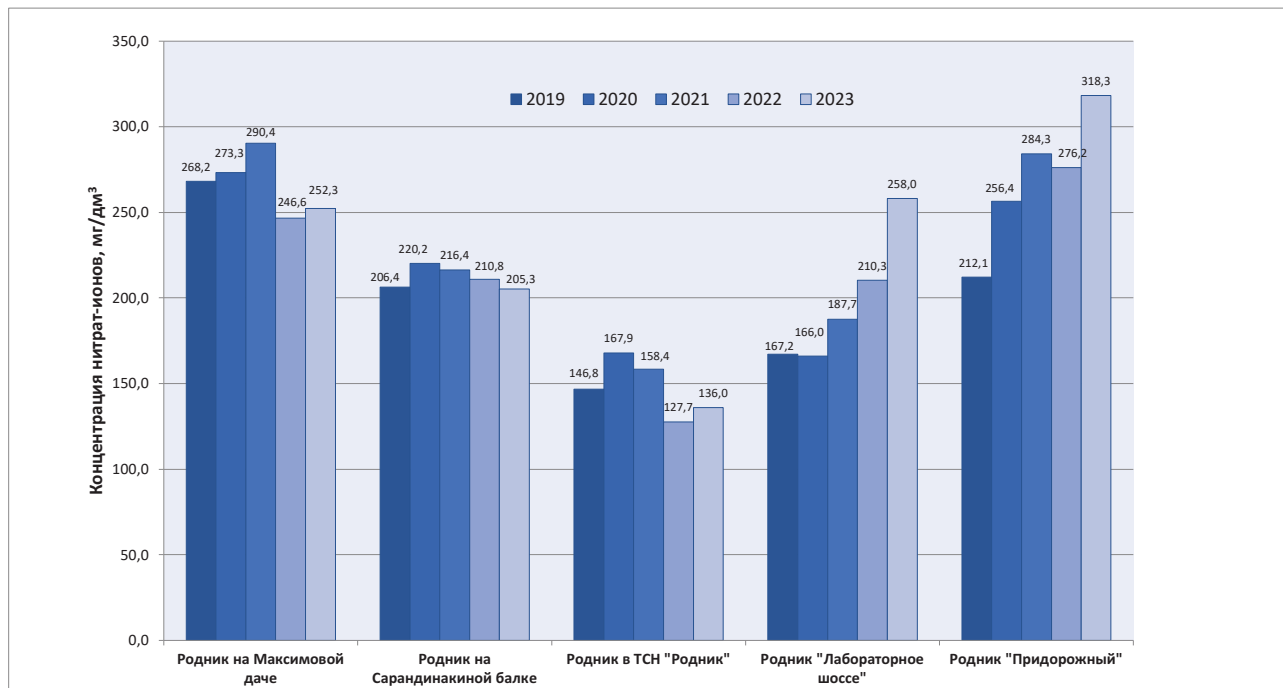


Рис. 3. Значения среднегодовой концентрации нитрат-ионов в некоторых родниках, находящихся в черте города [Fig. 3. The values of the average annual concentration of nitrate ions in some springs located within the city]

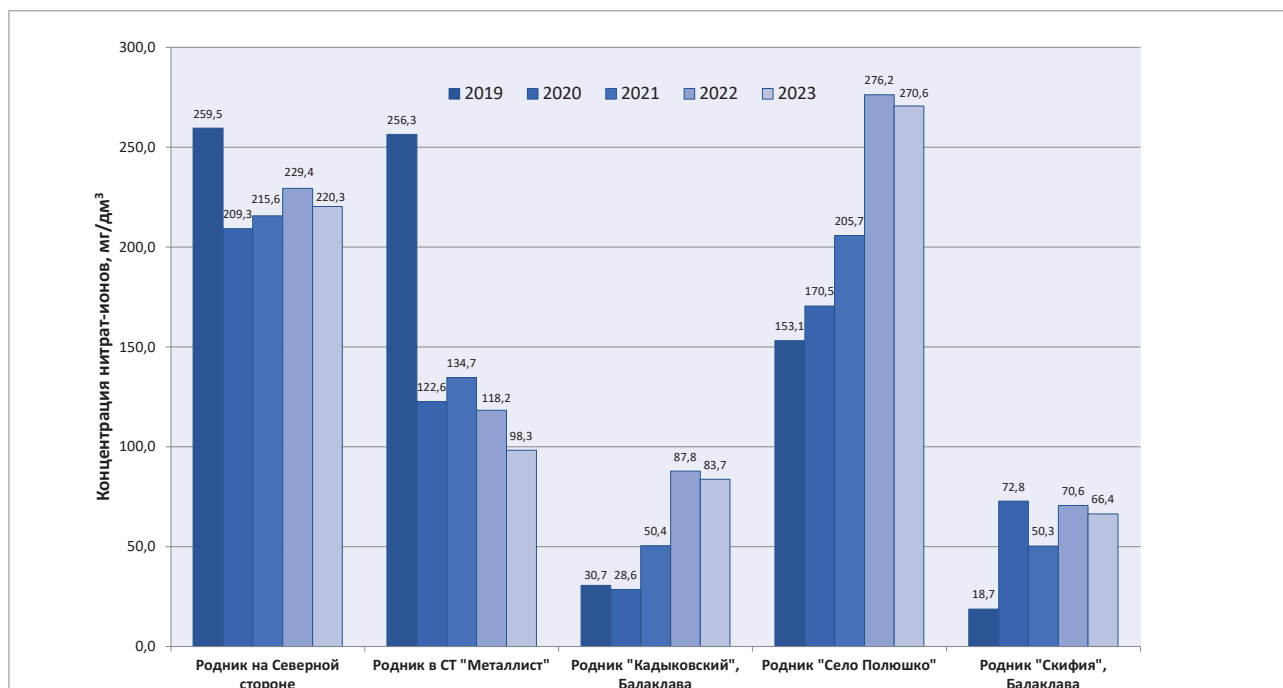


Рис. 4. Значения среднегодовой концентрации нитрат-ионов в некоторых родниках, находящихся в сельской местности и близлежащих районах

[Fig. 4. The values of the average annual concentration of nitrate ions in some springs located in rural areas and nearby areas]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимова Е. А., Сигора Г. А., Смоленская Т. Ю. Гидрохимическая оценка качества воды подземных источников, находящихся в сельской местности и близлежащих районах севастопольского региона // *Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства»*, 2023, с. 515-515.
2. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Крым и городе федерального значения Севастополе в 2022 году». – URL: <https://82.rospotrebnadzor.ru/s/82/files/documents/Gosdoklad/149867.pdf> (дата обращения: 16.08.2023). – Текст: электронный.
3. Козак Н. С. *Обоснование форсированного режима эксплуатации подземных вод в маловодные периоды при их совместном использовании с поверхностными водами для водоснабжения г. Владивосток*: дисс. канд. геолого-минералогических наук. Москва, 2015. 116 с.
4. Косинова И. И., Бударина В. А., Лепендин Д. А. Эколого-гидрогеохимические особенности подземных вод геотектонических зон Липецкого горнодобывающего района // *Региональные геосистемы*, 2022, Т. 46, № 2, с. 284-297.
5. Критерии ранжирования качества родниковых вод Севастопольского региона / Г. А. Сигора, Т. Ю. Хоменко, Т. В. Ляшко и др. // *Экономика строительства и природопользования*, 2019, № 4 (73), с. 16-23.
6. Миклашевский Н. В., Королькова С. В. *Чистая вода. Системы очистки и бытовые фильтры*. Санкт-Петербург: Издательская группа «Арлит», 2000. 240 с.
7. *О санитарных требованиях к питьевому водоснабжению из нецентрализованных источников водоснабжения (колодцев и родников)*. – URL: <https://goo.su/XkJRqH> (дата обращения: 16.08.2023). – Текст: электронный.
8. СанПиН 2.1.4.1175 – 02. *Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 17.11.02*. Москва: Минюст РФ, 2002. 17 с.
9. Сигора Г. А., Хоменко Т. Ю., Ничкова Л. А. Разработка методического обеспечения экологического мониторинга подземных вод Севастопольской области // *Системы контроля окружающей среды*, 2020, № 2 (40), с. 5-12.
10. Kosinova I. I., Lependin D. G., Budarina V. A. Tectonic factors of the chemical compounds composition of plains groundwater // *Conference Series: Earth and Environmental Science*. 6. «VI International Scientific Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development – Chemical, Ecological, Oil-and-Gas Engineering and Natural Resources», 2022, pp. 042026.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 20.09.2023

Принята к публикации: 28.05.2024

UDC 504.45 (470.324)

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/120-126>

ISSN 1609-0683

Features of Ecological and Hydrogeochemical Studies of Spring Water Quality

V. A. Budarina¹, G. A. Sigora², T. Yu. Smolenskaya²✉, L. A. Nychkova², Ignatenko I. M.³

¹Voronezh State University, Russian Federation
(1, Universitetskaya Sq., Voronezh, 394018)

²Sevastopol State University, Russian Federation, Russian Federation
(33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 299053)

³Belgorod State National Research University, Russian Federation
(85, Pobedy Str., Belgorod, 308015)

Abstract. The purpose is to assess the ecological condition of water of underground sources located in urban and rural areas, based on the results of analysing the chemical composition of water on the example of Sevastopol Region

Materials and Methods. From March to June 2023, 30 groundwater sources (15 sources located within the city limits and 15 sources located in rural areas) of the Sevastopol region were surveyed. Hydrochemical assessment of water sample quality was carried out for the main quality indicators using physico-chemical methods of analysis.

Results and Discussion. According to the developed series of criteria for ranking spring water quality, all the studied springs are divided into three groups: "polluted", "conditionally clean", "clean". The results of chemical analysis showed that the majority of the studied springs (77%) belong to the "polluted" group – the concentration of some determined components in samples exceeds the established maximum permissible concentrations (MPC) by more than 2 times. A comparative assessment of water quality of groundwater sources located within the city and in rural areas has been carried out.

Conclusions. Informing the population about the quality of spring water from popular underground sources will minimise the risk of diseases associated with the use of poor quality water for drinking purposes, and will help to draw public attention to the problem of water pollution and the preservation of springs.

© Budarina V. A., Sigora G. A., Smolenskaya T. Yu., Nychkova L. A., Ignatenko I. M., 2024

✉ Tamara Yu. Smolenskaya, e-mail: tamara_homenko93@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Keywords: features, ecological-hydrochemical, pollution, underground sources, spring waters, physico-chemical methods, water quality assessment, public awareness.

For citation: Budarina V.A., Sigora G.A., Smolenskaya T. Yu., Nichkova L.A., Ignatenko I.M. Features of Ecological and Hydrogeochemical Studies of Spring Water Quality. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no. 2, pp. 136-142. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/120-126>

REFERENCES

1. Gerasimova E.A., Sigora G.A., Smolenskaya T. Yu. *Gidrohimičeskaya ocenka kachestva vody podzemnyh istočnikov, nahodyashchih v sel'skoj mestnosti i blizlezhashchih rajonah sevastopol'skogo regiona* [Hydrochemical assessment of the water quality of underground sources located in rural areas and nearby areas of the Sevastopol region]. *Sbornik materialov IV Meždunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii «Innovacionnye napravleniya integracii nauki, obrazovaniya i proizvodstva»*, 2023, pp. 515-515. (In Russ.)
2. *State Report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Republic of Crimea and the Federal city of Sevastopol in 2022»*. – URL: <https://82.rospotrebнадзор.ru/s/82/files/documents/Gosdoklad/149867.pdf> (accessed 16.08.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
3. Kozak N.S. *Obosnovanie forsirovannogo rezhima ekspluatcii podzemnyh vod v malovodnye periody pri ih sovместnom ispol'zovanii s poverhnostnymi vodami dlya vodosnabzheniya g. Vladivostok* [Justification of the forced mode of operation of groundwater in low-water periods when they are used together with surface water for the water supply of Vladivostok]: diss. kand. geologo-mineralogičeskikh nauk. Moscow, 2014. 116 p. (In Russ.)
4. Kosinova I.I., Budarina V.A., Lependin D.A. ... [Ecological and hydrogeochemical features of underground waters of geotectonic zones of the Lipetsk mining district]. *Regional geosystems*, 2022, vol. 46, no. 2, pp. 284-297. (In Russ.)
5. Kriterii ranzhirovaniya kachestva rodnikovyh vod Sevastopol'skogo regiona [Criteria for ranking the quality of spring waters of the Sevastopol region] / Sigora G.A., Homenko T. Yu., Lyashko T. V. i dr. *Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya*, 2019, no. 4 (73), p. 16-23. (In Russ.)
6. Miklashevskij N.V., Korol'kova S.V. Chistaya voda. Sistemy ochistki i bytovye fil'try [Clean water. Cleaning systems and

household filters]. Saint-Petersburg: Izdatel'skaya gruppa «Arlit», 2000. 240 p. (In Russ.)

7. *About sanitary requirements for drinking water supply from non-centralized water supply sources (wells and springs)*. – URL: <https://goo.su/XkJRqh> (accessed 16.08.2023). – Text: electronic. (In Russ.)

8. *SanPiN 2.1.4.1175 – 02. Requirements for the water quality of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources: approved Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 17.11.02* [SanPiN 2.1.4.1175 - 02. Requirements for water quality of non-centralized water supply. Sanitary protection of sources: approved. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 11/17/02]. Moscow: Ministry of Justice of the Russian Federation, 2002. 17 p. (In Russ.)

9. Sigora G.A., Homenko T. Yu., Nichkova L.A. *Razrabotka metodicheskogo obespecheniya ekologičeskogo monitoringa podzemnyh vod Sevastopol'skoj oblasti* [Development of methodological support for environmental monitoring of underground waters of the Sevastopol region]. *Sistemy kontrolya okružhayushchej sredy*, 2020, no. 2 (40), pp. 5-12. (In Russ.)

10. Kosinova I.I., Lependin D.G., Budarina V.A. Tectonic factors of the chemical compounds composition of plants groundwater // *Conference Series: Earth and Environmental Science. 6. «VI International Scientific Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development – Chemical, Ecological, Oil-and-Gas Engineering and Natural Resources»*, 2022, pp. 042026.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 20.09.2023

Accepted: 28.05.2024

Бударина Виктория Александровна
кандидат юридических наук, доцент кафедры экологической геологии Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-8091-0730, e-mail: budarinav@yandex.ru

Сигора Галина Анатольевна
кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры техногенной безопасности и метрологии Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-0502-1199, e-mail: sigora1@yandex.ru

Смоленская Тамара Юрьевна
старший преподаватель кафедры техногенной безопасности и метрологии Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-5074-8469, e-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Ничкова Лариса Александровна
кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой техногенной безопасности и метрологии Севастопольского государственного университета, г. Севастополь, Российская Федерация, ORCID: 0009-0004-8674-7451, e-mail: nichkova@sevsu.ru

Игнатенко Игнат Михайлович
кандидат технических наук, доцент, директор института наук о Земле Белгородского государственного национального научно-исследовательского университета, г. Белгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-9676-5774, e-mail: ignatenko_i@bsu.edu.ru

Victoria A. Budarina
Cand. Sci. (Law), Assoc. Prof. at the Department of Ecological Geology, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-8091-0730, e-mail: budarinav@yandex.ru

Galina A. Sigora
Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof. at the Department of Technogenic Safety and Metrology, Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-0502-1199, e-mail: sigora1@yandex.ru

Tamara Yu. Smolenskaya
Senior Lecturer at the Department of Technogenic Safety and Metrology, Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-5074-8469, e-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Larisa A. Nichkova
Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Head of the Department of Technogenic Safety and Metrology, Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation, ORCID: 0009-0004-8674-7451, e-mail: nichkova@sevsu.ru

Ignat M. Ignatenko
Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Director of the Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9676-5774, e-mail: ignatenko_i@bsu.edu.ru