

## ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КРЫМА

Кобечинская В. Г., Ярош О. Б., Ивашов А. В., Апостолов В. Л.

## ISSUES OF DRINKING WATER QUALITY IN THE WESTERN PART OF CRIMEA

Kobechinskaya V. G., Yarosh O. B., Ivashov A. V., Apostolov V. L.

### Аннотация

**Введение.** Водоснабжение г. Севастополя и его муниципальных округов до 2014 г. осуществлялось комбинированно за счет собственных поверхностных и подземных вод, а также водовода, идущего от Межгорного водохранилища, расположенного в Сакском районе и заполняемого днепровскими водами Северо-Крымского канала. После 2014 г. этот источник был отключен. Поэтому стал актуальным вопрос проведения современного сравнительного анализа качества воды питьевого назначения, поставляемого в населенные пункты данного территориального образования. Цель работы: оценка качества питьевой воды и ее анализ на территории г. Севастополя и близлежащих населенных пунктов с учетом увеличения водозабора из рек и подземных источников за последние годы. **Методы.** Объекты исследования — поверхностные и подземные водозаборы, используемые для водообеспечения, и питьевая вода для потребителей. Использовались стандартные методики анализа питьевой воды с оценкой ее физических, химических и санитарно-бактериологических показателей с применением методов вариационной статистики. Качество ее оценивалось по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды. С помощью ГИС-технологий были построены карты для визуализации ряда показателей: химического потребления кислорода и данных коэффициента комплексности загрязненности воды на этапе получения потребителями воды из центральной системы водоснабжения для всех муниципальных округов. **Результаты.** Установлено, что санитарно-микробиологические показатели качества водопроводной воды: по общему микробному числу, общим колиформным бактериям и термотолерантным колиформным бактериям непосредственно перед подачей в центральную систему водоснабжения в Южном и Северном районах г. Севастополя не выявили превышения санитарных норм. Из-за значительной протяженности разводящих сетей и их высокой изношенности в настоящее время происходит вторичное загрязнение питьевой воды. Выявлено превышение нормы ГСанПиН ведущих диагностируемых показателей по ряду муниципальных округов. Впервые с помощью ГИС-технологий в программной оболочке ArcGis 10.4 были выделены специфичные ранги уровней загрязнения питьевой воды по отдельным муниципальным округам, что позволило наглядно визуализировать динамические характеристики загрязняющих ингредиентов с учетом их территориальной принадлежности. **Заключение.** Результаты проведенных исследований свидетельствуют о существенных отклонениях в качестве питьевой воды, которую получают потребители муниципальных округов г. Севастополя.

**Ключевые слова:** гидрохимические показатели воды, поверхностные воды, подземные водозаборы, коэффициент комплексности загрязненности воды, ГИС-технологии.

### Abstract

**Introduction.** Until 2014, water supply in Sevastopol city and its municipal districts was combined due to its own surface and underground waters as well as a water conduit running from the Mezghornoye reservoir located in the Saksy district and filled with the Dnieper waters of the North Crimean Canal. After 2014, this source was shut off. Therefore, it became important to conduct a comparative analysis of the quality of drinking water supplied to the settlements of this territorial entity. Purpose of the study: The study is aimed to assess the quality of drinking water and perform its analysis in Sevastopol city and nearby settlements, taking into account the increase in water intake from rivers and underground sources in recent years. **Methods.** Objects of the study are surface and underground water supply points, and drinking water for consumers. We used standard methods for the analysis of drinking water with an assessment of its physical, chemical and sanitary-bacteriological indicators using analysis of variance (AoV) methods. Water quality was assessed by the specific combinatorial index of water pollution. Using GIS technologies, maps were built to visualize a number of indicators: chemical oxygen consumption and data on the water pollution complexity coefficient at the stage when consumers receive water from the central water supply system (for all municipal districts). **Results.** It was established that sanitary and microbiological indicators of tap water quality — by the total microbial count, total coliform bacteria and thermo-tolerant coliform bacteria — immediately before being fed to the central water supply system in the Southern and Northern districts of Sevastopol, did not exceed sanitary standards. Due to the considerable length of the distribution networks and their high deterioration, secondary pollution of drinking water is currently taking place. In a number of municipal districts, it was revealed that the key indicators being assessed exceeded the norms of the State Sanitary Rules and Regulations. For the first time, with the help of GIS technologies in the ArcGis 10.4 software shell, specific ranks of drinking water pollution levels were distinguished for individual municipal districts, which made it possible to visualize the dynamic characteristics of polluting ingredients taking into account their territorial affiliation. **Conclusion.** The results of the studies indicate significant deviations in the quality of drinking water received by consumers in the municipal districts of Sevastopol.

**Keywords:** hydrochemical indicators of water, surface water, underground water supply points, water pollution complexity coefficient, GIS.

## Введение

Качество водных ресурсов является основным показателем для нормального функционирования развития экономики региона и обеспечения здоровья населения [1, 6]. Оценка воды по различным критериям представляется актуальной, поэтому таким исследованиям посвящено значительное количество работ для различных регионов Российской Федерации и разных стран мира [7, 9, 16, 21–24 и др.].

Крым относится к территории Российской Федерации с малой водообеспеченностью (в среднем 400 м<sup>3</sup> приходится на 1 чел.), причем водная проблема существовала издавна и по-разному решалась в то или иное время [11]. Здесь построено в довоенный и послевоенный период 23 водохранилища с общей площадью водного зеркала 4232,6 га и полным объемом около 400 млн м<sup>3</sup>. На реках было создано 14 русловых водохранилищ общим объемом 250 млн м<sup>3</sup>, остальные — наливные [13]. По состоянию на 2019 год разведанные и оцененные запасы подземных вод с минерализацией до 1,5 г/л составляют 386 млн м<sup>3</sup>. Из-за возросшей интенсивности водозаборов значительная часть их находится в сложных условиях эксплуатации. На 184 месторождениях наблюдается повышенная минерализация, превышающая требования СанПиНа [11, 16].

Работ, посвященных водным ресурсам Крыма, много, но они исключают данные по севастопольской зоне [9, 13, 16 и др.]. Публикации, посвященные водным источникам данной территории, единичны [10], начиная с 2014 г. они отсутствуют.

В западной части Крыма располагается город федерального значения (ГФЗ) Севастополь с численностью населения 449 138 чел. Площадь данного административного образования городской агломерации составляет 863,6 км<sup>2</sup>. В нее входят сам г. Севастополь, расположенный на Гераклеяском полуострове, 36 сельских населенных пунктов, 2 пгт. (Балаклава, Кача) и город Инкерман [8]. Особенности ландшафта и рельефа — сочетание гор и равнин этой территории — привели к созданию разноплановой структуры водоснабжения и водообеспечения. Параметры используемых вод существенно отличаются с учетом доставки воды — поверхностного или подземного

водотока и интенсивности антропогенного воздействия на них.

Водоснабжение г. Севастополя и его муниципальных округов до 2014 г. осуществлялось комбинированно за счет собственных поверхностных и подземных вод, а также водовода, идущего от Межгорного водохранилища, расположенного в Сакском районе и заполняемого днепровскими водами Северо-Крымского канала. После перехода полуострова в юрисдикцию РФ этот источник был отключен и Севастополь, город федерального значения, полностью перешел на использование собственных водных ресурсов. В результате на них резко увеличилась нагрузка, поэтому стало актуальным проведение современного сравнительного анализа качества воды питьевого назначения, поставляемого в населенные пункты этого территориального образования, с учетом складывающихся ныне тенденций резкого снижения качества питьевой воды для населения.

Ведущий источник водоснабжения Севастополя — самое большое водохранилище Крыма, заполняемое речными подземными водами и осадками. Это Чернореченское водохранилище (64,3 млн м<sup>3</sup>), площадь его водного зеркала — 64 га (построено в 1955 г.), но аккумулированный объем его естественного стока по годам распределяется крайне неравномерно (менее 60 %), поэтому полезная водоотдача для водоснабжения значительно ниже — 44,3 млн м<sup>3</sup> и его запасов недостаточно для удовлетворения потребностей этой территории. Водоохранилище расположено в 32 км от города, из него вода самотеком по естественному руслу реки Черной подается на протяжении 20 км до первого водозабора в районе села Нижнее Черноречье (пропускная способность 24,5 тыс. м<sup>3</sup>/сут) [10]. Второй гидроузел (ГУ) расположен ниже на 6 км по течению реки в районе села Хмельницкое (производительность — 65 тыс. м<sup>3</sup>/сут). ГУ № 3 — это площадка водопроводных очистных сооружений с тремя насосными станциями (место расположения — пос. Штурмовое). Комплекс сооружений ГУ № 3 состоит из очистных сооружений в составе: камер реакции, смесителей, горизонтальных отстойников, фильтров, хлораторной и реагентного хозяйства. Очистка воды на сооружениях всех трех очередей — двухступенчатая и включает коагуляцию, отстаивание, двухступенчатое хлориро-

вание и дальнейшее осветление. Для очистки от ила используют реагент «Полвак». Здесь же расположены резервуары чистой воды (РЧВ) общей емкостью 9700 м<sup>3</sup>. Очищенную воду далее подают по городским сетям.

Для бесперебойного обеспечения Севастополя требуется ежедневно 120 тыс. м<sup>3</sup> воды, в летний период потребность возрастает до 150–160 тыс. м<sup>3</sup>. Поэтому постоянно дополнительно используются подземные источники: Инкерманский водозабор — 10 скважин (25 тыс. м<sup>3</sup>/сут), расположенный в пойме реки Черной, Бельбекский (20 тыс. м<sup>3</sup>/сут) — в пойме реки Бельбек в 4 км от села Верхнесадовое. Последний водозабор шахтного типа соединен сифонным трубопроводом с водозаборным колодцем с общей емкостью 2 тыс. м<sup>3</sup>. Вода от насосной станции водозабора по водоводу протяженностью 7 км поступает на напорно-регулирующие резервуары, откуда распределяется в городскую водопроводную сеть. Орловский водозабор — 9 скважин (20 тыс. м<sup>3</sup>/сут), находится в пойме реки Кача в районе с. Орловка и Вилинский — мощностью 30 тыс. м<sup>3</sup>/сут (это перекачка воды из подземных источников Бахчисарайского района Республики Крым). Дополнительно имеются еще скважины для водоснабжения сел. Родниковский водозабор расположен в районе с. Родниковое, имеет три скважины, которые подают воду общей емкостью 500 м<sup>3</sup>/сут, обеспечивая только отдельные села Байдарской долины. Скважина с. Хмельницкое снабжает водой население с. Хмельницкое и с. Первомайка. Фактическая производительность небольшая — 490 м<sup>3</sup>/сут. Еще две скважины обеспечивают водой население сел Полюшко и Вишневое. Любимовский водозабор расположен в с. Любимовка, снабжая его водой, и состоит из 10 скважин.

Цель работы — современная оценка качества питьевой воды и ее анализ на территории г. Севастополя и близлежащих населенных пунктов, входящих в это административно-территориальное образование, с учетом увеличения водозабора из реки и подземных источников за последние годы.

Задачами исследования было выявление тенденции изменения параметров питьевой воды по гидрохимическим и санитарно-бактериологическим показателям по муниципальным округам

города федерального значения (ГФЗ) Севастополя; проведение оценки современных показателей качества воды с привлечением расчета коэффициентов комплексности загрязненности воды (ККЗВ) и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), что крайне актуально; выделение специфичных рангов уровня загрязненности питьевой воды по отдельным муниципальным округам с помощью ГИС-технологий в программной оболочке ArcGis 10.4, что выполнено впервые. Это позволило наглядно раскрыть динамические характеристики загрязняющих ингредиентов с учетом их территориальной принадлежности.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что выполнен многоплановый анализ оценки качества поверхностных и подземных источников ГФЗ Севастополя, используемых для водоснабжения этого территориального образования. Выявлены проблемные зоны водообеспеченности этого региона, составлены карты с использованием ГИС-технологий, наглядно раскрывающие динамику загрязняющих компонентов в питьевой воде по муниципальным образованиям и даны практические рекомендации по их оптимизации.

#### **Методы и материалы**

При осуществлении контроля за качеством подаваемой населению воды в распределительной сети коммунальных и ведомственных водопроводов г. Севастополя за два года аналитической лабораторией ГУП «Севгорводоканал» суммарно было отобрано 1256 проб на санитарно-химические и 1280 проб на микробиологические показатели. Объекты исследования — поверхностные и подземные водозаборы, используемые для водообеспечения, и питьевая вода, поступающая потребителям ГФЗ Севастополя и его муниципальных округов. Следует отметить, что система водоснабжения комплексная и многоступенчатая. Ниже представлена схема водообеспечения данной территории от водозаборных станций до потребителя (рис. 1).

Экспериментальная часть работы проводилась в 2018–2019 гг. на базе аккредитованной Центральной аналитической лаборатории ГУП «Севгорводоканал». Отбор проб питьевой воды выполняли в соответствии с действующими нормативными документами. При проведении фи-

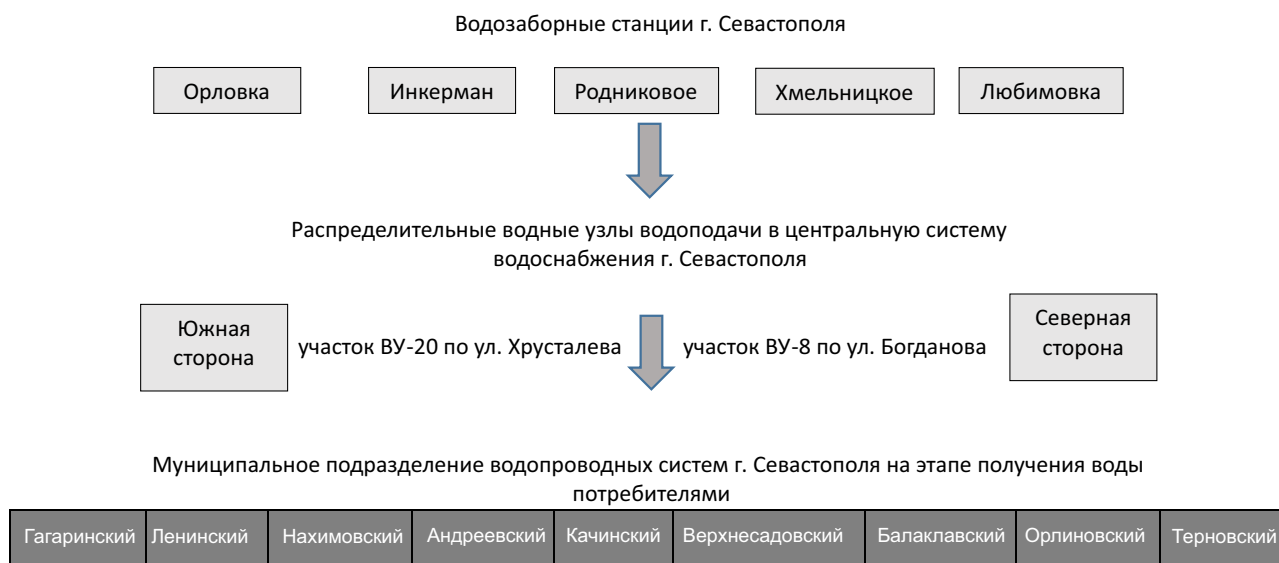


Рис. 1. Схема водообеспечения питьевой водой ГФЗ Севастополя от водных источников до конечного потребителя

зико-химических и микробиологических исследований руководствовались Государственными санитарными нормами и правилами «Гигиенические требования к воде питьевого назначения» централизованного и нецентрализованного водоснабжения (СанПиН 2.1.4.1074–01, СанПиН 2.1.4.1175–02, СанПиН 2.1.4.2653–10 [2–4]. Использовались стандартные методики количественного химического анализа с оценкой физических, химических и санитарно-бактериологических показателей качества воды [20].

Была выполнена комплексная оценка загрязнения воды с использованием стандартных методов вариационной статистики по отдельным ингредиентам, определяемым в процессе химического анализа проб воды на водозаборах, и при поступлении к потребителям по административно-территориальным округам ГФЗ Севастополя с учетом использования поверхностных и подземных вод для водообеспечения населения.

Для этого в сводных таблицах по результатам усредненных данных за два года сначала выявили показатели веществ в воде, превышающие ПДК, далее вычислили их процент от общей выборки всех данных. В итоге получили статистические показатели ККЗВ в процентах с вычислением минимальных и максимальных величин, средних значений и коэффициента варьирования [12]. Далее определялись обобщенные оценочные баллы по каждому ингредиенту и рассчитывались зна-

чения комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ) как суммы обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту, также вычисляли значение удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) с использованием стандартной методики, разработанной и утвержденной Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РД 52.24.643–2002 [18]. Далее полученные и систематизированные собственные расчеты были перенесены с помощью инструмента пространственно-временной интерпретации статистики, реализуемой в инструментальном поле ГИС-технологий в программной оболочке ArcGis 10.4, на векторные карты, что позволило визуализировать уровни загрязнения питьевой воды по отдельным муниципальным округам и наглядно раскрыть динамические характеристики загрязняющих ингредиентов с учетом их территориальной принадлежности. Все полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики. Ошибка средней величины для данных составила  $\pm 0,5\text{--}2\%$  [12].

#### Результаты исследования и обсуждение

Специфика города в том, что из-за глубокой Севастопольской бухты (длиной более 8 км) центральное водоснабжение имеет две самостоятельные ветки подачи питьевой воды. Южный район обеспечивается преимущественно из водохранилища, а северная сторона города — ком-

бинированно, но в большей мере из подземных источников.

В табл. 1 представлены обобщенные показатели анализа воды, подаваемые в распределительные водные узлы из разных водозаборов муниципалитетов этого административно-территориального образования.

Известно, что качество подземных вод существенно отличается по разным территориальным образованиям страны. ПДК разрабатываются как универсальные нормативы для огромных административных территорий, не учитывая специфику функционирования экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и высотная зональность, биогеохимические провинции с естественными геохимическими аномалиями и различным уровнем содержания природных

соединений). Следует также учитывать происхождение (природное или антропогенное) того или иного компонента, присутствующего в воде [7, 21 и др.].

Анализ показателей по физико-химическим параметрам используемых подземных источников свидетельствует, что они все укладываются в нормативные значения, хотя имеются существенные различия по катионам и анионам. Так, содержание катиона  $Mg^{2+}$  в воде Орловского, Инкерманского и Родниковского водозаборов выше в 2–2,5 раза, чем Любимовского и Хмельницкого. В них в два раза выше показатели катионов  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ , в 1,5 раза —  $NH_4^+$ . Особенно выделяются данные по содержанию катиона железа (0,53 мг/л) на Орловском водозаборе, превышающие нормативы. Наиболее вероятно это связано

Таблица 1

**Физико-химические показатели воды из источников для питьевых нужд, подаваемой в распределительные водные узлы из разных подземных водозаборов муниципалитетов г. Севастополя (усредненные данные за 2018–2019 гг.)**

Показатели \ Водозабор	Орловка	Инкерман	Родниковое	Хмельницкое	Любимовка	Ед. изм.	Нормативное значение*
<b>1. Органолептические показатели:</b>							
Мутность	0	1	0	0	0	ЕМФ	< 2,6
Цветность	0	5	0	0	0	Градусы	< 20
Запах	0	0	0	0	1	Баллы	< 2
<b>2. Катионы:</b>							
$Mg^{2+}$	16,67	15,23	14,98	8,51	6,99	мг/л	5–65**
$Ca^{2+}$	61,65	52,74	53,58	31,85	32,40	мг/л	25–30**
$Mn^{2+}$	0	0,01	0,02	0	0,03	мг/л	< 0,1
Fe (общ.)	0,53	0,09	0,04	0,03	0,05	мг/л	< 0,3
$K^+$	2,80	3,36	1,78	1,12	1,83	мг/л	20**
$Na^+$	13,64	11,93	13,68	5,52	5,06	мг/л	< 200
$NH_4^+$	0,60	0,40	0,51	0,35	0,38	мг/л	< 2
<b>3. Анионы:</b>							
$SO_4^{2-}$	37,5	37,8	36,0	33,82	45,2	мг/л	< 500
Cl	43,3	60,2	69,5	23,5	24,1	мг/л	< 350
$HCO_3^-$	153,7	141,5	156,8	90,52	71,39	мг/л	30–400**
$NO_3^-$	8,7	7,6	15,0	7,2	6,20	мг/л	< 45
<b>4. Обобщенные показатели:</b>							
pH	7,5	7,5	7,8	7,3	7,1	ед. pH	6,0–9,0
Жесткость общая	4,47	3,91	3,93	2,30	2,20	мг-экв./л	< 7,0
Окисляемость	0	0	0	0	0	мг/л	< 5
Хлор	0,3	0	0,3	0,4	0,5	мг-экв./л	0,8–1,2
Щелочность общая	2,52	2,30	2,57	1,48	1,17	мг-экв./л	0,5–6,5**
Общая минерализация	339,1	330,4	361,9	223,1	193,6	мг/л	< 1000

\* Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074–01 [2].

\*\* Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.4.2653–10. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. Изменения № 2 к СанПиН 2.1.4.1116–02 [3].

с сильной изношенностью систем водообеспечения (степень износа выше 70 %).

Этот водозабор также отличают наиболее высокие показатели как по катионному, так и по анионному составу (общая жесткость воды в весенние месяцы может достигать 11–15 мг-экв./л, а сухой остаток — до 1630 мг/л). ГОСТ 2874–82 допускает использование питьевой воды с общей жесткостью до 10 мг-экв./л и сухим остатком до 1500 мг/л по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы. В связи с дефицитом питьевой воды в ГФЗ Севастополе Роспотребнадзор разрешил использовать эти подземные источники, но перед подачей в разводящие сети вода Орловского водозабора разбавляется водой из Вилинского подземного водозабора и к потребителям поступает вода, соответствующая нормативным требованиям ГОСТ 17.1.3.07–82 «Вода питьевая» и МР 2.1.4.0032–11 [5, 19].

На Орловском, Инкерманском и Родниковском водозаборах отсутствует система эффективного снижения общей жесткости питьевой воды, поэтому она имеет более низкие характеристики по этому показателю (3,91–4,47 мг-экв./л) и по общей минерализации (330,4–361,9 мг/л). Также на этих водозаборах в 1,5–2 раза выше присутствие в воде катионов кальция и магния и анионов  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$ . Типичные источники кальция и магния в воде — известняки и доломиты, которые являются ведущими подстилающими породами всего западного Крыма.

Вода в целях обеззараживания подвергается хлорированию, в результате чего происходит образование хлорорганических соединений, значительная доля которых приходится на тригалогенметаны (ТГМ), которые обладают канцерогенным и мутагенным эффектами [14, 19 и др.]. По данным Малкова М. А. и других [15] в питьевой воде поверхностного водозабора, как правило, содержатся более высокие концентрации компонентов ТГМ по сравнению с подземными водозаборами, что связано с применяемой для обеззараживания повышенной дозой хлора. Поэтому для снижения накопления этих соединений в питьевой воде города ГУП «Севгорводоканал» в 2019 г. перешел при хлорировании на раствор гипохлорита натрия, получаемого с использованием гидролиза поваренной соли (после вве-

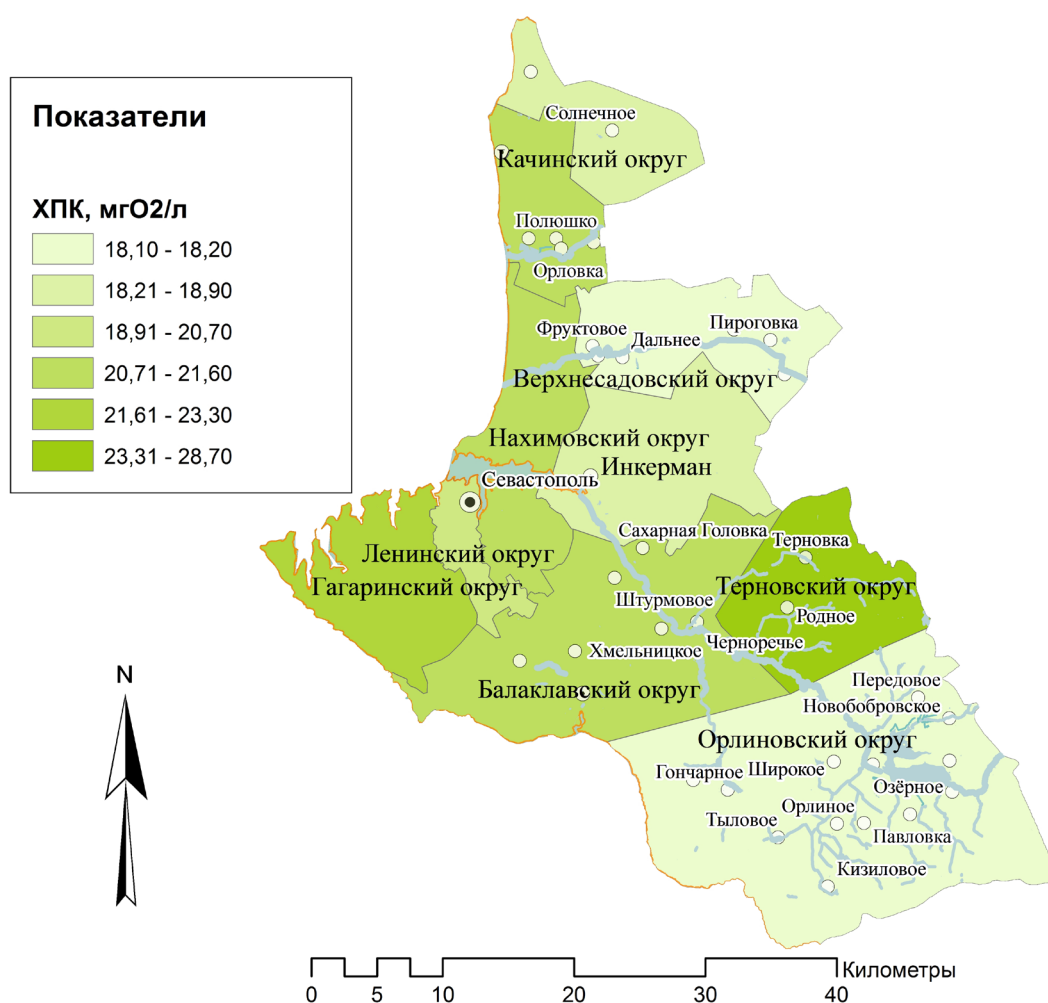
дения дополнительных энерго мощностей при окончании строительства Балаклавской ТЭС).

Следует отметить, что в водах Чернореченского водохранилища, особенно в весенний период, выявлены превышения ряда санитарных норм от среднесезонных показателей по цветности, перманганатной окисляемости, фенолам, следам нефтепродуктов и пр. В Байдарской долине вокруг этого водохранилища много сел с высокой плотностью проживающего здесь населения и дачных кооперативов (рис. 2). Возможно, это обусловлено тем, что при интенсивном таянии снега и весеннем половодье фенолы, присутствующие на поверхности почвы в результате хозяйственной деятельности, активно растворяются и попадают в воду, также с поверхностным стоком в виде пленки попадают и нефтепродукты, поэтому их концентрация и увеличивается в данный период в поверхностном слое водоема.

Приведем обобщенные данные по санитарно-микробиологическим показателям качества питьевой воды от разных источников (табл. 2).

Благодаря двухэтапному хлорированию отклонения по микробиологическим параметрам по водозаборах незначительны (1,9 %), а в разводящих сетях — минимальны (0,15 %). Качество воды подземных водозаборов благополучно по санитарно-микробиологическим показателям (см. табл. 2). Данные по общему микробному числу, общим колиформным бактериям и термотолерантным колиформным бактериям непосредственно перед подачей в центральную систему водоснабжения на Южную и Северную стороны г. Севастополя не выявили превышения санитарных норм, что говорит об удовлетворительном качестве систем обеззараживания водопроводной воды города. По санитарно-химическим характеристикам питьевая вода в зависимости от источников водообеспечения и состояния коммуникаций, доставляющих ее до потребителя, имеет некоторые отклонения от нормативных показателей (2,1–3,8 %).

Из-за значительной протяженности разводящих сетей (более 800 км) и их изношенности (свыше 78 %), как и самих водопроводов, недостатка специализированных технических служб, отсутствия плановых капитальных ремонтов и пр. происходит вторичное загрязнение воды.



Автор: Ярош О.Б.

Рис. 2. Характеристика питьевой воды на этапе получения ее потребителями из центральной системы водоснабжения на основе данных химического потребления кислорода (ХПК, мгО<sub>2</sub>/л) по муниципальным округам ГФЗ Севастополь

Таблица 2

**Результаты обобщенных проб микробиологических и санитарно-химических показателей воды, подаваемой в распределительные водные узлы из разных водозаборов ГФЗ Севастополя (усредненные данные за 2018–2019 гг.)**

Объекты	Микробиологическое исследование			Санитарно-химическое исследование		
	Всего проб	Из них не соответствует	%	Всего проб	Из них не соответствует	%
Чернореченское водохранилище	53	1	1,9	53	2	3,8
Подземные источники	76	0	0	70	0	0
Водопроводы	252	0	0	240	5	2,1
Разводящая сеть	899	2	0,15	893	23	2,6
Итого общее число проб	1280	3		1256	30	

Рассмотрим основные физико-химические характеристики питьевой воды, поступающей в центральную систему водоснабжения только для самого г. Севастополя без его муниципальных округов (табл. 3).

По физическим характеристикам вода обеих веток сходна. По химическим характеристикам выявлено, что в питьевой воде, подаваемой на Северную сторону города, имеет место превышение хлоридов в 10 раз, нитратов в 11 раз, жесткость выше в два раза, сухой остаток — в три раза по сравнению с питьевой водой, идущей на Южную сторону города (без разделения по районам). Это обусловлено высокой степенью износа разводящих сетей, идущих через дачные массивы и сельхозземли, поэтому идет проникновение верховодки с удобрениями за счет смыва с полей в подземные горизонты коммуникаций, а повышенная жесткость и сухой остаток обусловлены использованием воды из Инкерманского подземного водозабора (см. табл. 1). При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих значительные количества нит-

ратов (хотя они и не превышают нормативные показатели), возрастает концентрация метгемоглобина в крови. Снижается способность крови к переносу кислорода, что ведет к неблагоприятным последствиям для организма [1].

Все эти причины ведут к резкому снижению качественных характеристик питьевой воды, подаваемой на Северную сторону города. В табл. 4 отражены усредненные показатели ведущих параметров водопроводной воды, отобранной из кранов потребителей после истечения из центральной системы водоснабжения ГФЗ Севастополя по его муниципальным округам.

Результаты усредненных данных по физико-химическим параметрам питьевой воды за два года выявили превышение нормы ГСанПиН по девяти показателям из 18 диагностируемых: по цветности, перманганатной окисляемости, химическому потреблению кислорода, количеству фенолов и следов нефтепродуктов в воде и другим в ряде муниципальных округов.

В некоторых округах отмечено незначительное превышение перманганатной окисляемос-

Таблица 3

**Физико-химические показатели качества водопроводной воды на участках водоподачи в центральную систему водоснабжения только самого г. Севастополя на его Южную и Северную стороны (усредненные данные за 2018–2019 гг.)**

№ п/п	Определяемый компонент	Единицы измерения	Результаты исследования		Гигиенический норматив	НД на методы исследования
			Южная сторона	Северная сторона		
1	Запах (при 20 °С)	Баллы	1	1	Не более 2	ГОСТ Р 5716 4–2016 п. 5.8.1
2	Запах (при 60 °С)	Баллы	1	1	Не более 2	ГОСТ Р 5716 4–2016 п. 5.8.1
3	Вкус (привкус)	Баллы	1	1	Не более 2	ГОСТ Р 5716 4–2016 п. 5.8.2
4	Цветность	Градусы	3	3	Не более 20	ГОСТ 31868–2 012 (метод А)
5	Мутность	ЕМФ	Не более 1,0	Не более 1,0	Не более 2,6	ГОСТ Р 571 64–2016 п. 6
6	Водородный показатель (рН)	рН	7,8±0,2	7,5±0,2	6–9	ПНДФ 14.1:2:3:4.121–97
7	Хлориды	Мг/дм <sup>3</sup>	16,1±1,5	145,0±3,0	Не более 350	ГОСТ 4245–72, п. 2
8	Жесткость	°Ж	4,3±0,6	8,2±1,2	Не более 7	ГОСТ 31954–2012 (метод А)
9	Аммиак и ионы аммония (суммарно)	Мг/дм <sup>3</sup>	Не более 0,1	Не более 0,1	Не более 2,0	ГОСТ 33045–2014 (метод А)
10	Нитриты	Мг/дм <sup>3</sup>	Не более 0,003	Не более 0,003	Не более 3,0	ГОСТ 33045–2014 (метод Б)
11	Перманганатная окисляемость	Мг/дм <sup>3</sup>	1,5±0,3	0,65±0,1	Не более 5,0	ПНДФ Ф 14.1:2:4.154–99
12	Железо общее	Мг/дм <sup>3</sup>	Не более 0,1	Не более 0,1	Не более 0,3	ГОСТ 4011–72, п. 2
13	Хлор остаточный свободный	Мг/дм <sup>3</sup>	0,49	0,48	0,3–0,5	ГОСТ 18190–72
14	Нитраты	Мг/дм <sup>3</sup>	2,8±0,4	31,2±4,7	Не более 45,0	ГОСТ 3304–2014 (метод Д)
15	Сухой остаток	Мг/дм <sup>3</sup>	244±22	750±68	Не более 1000	ПНДФ Ф 14.1:2:4.114–97
16	Полифосфаты	Мг/дм <sup>3</sup>	Не более 0,01	Не более 0,01	Не более 3,5	ГОСТ 18309–2014 (метод А)

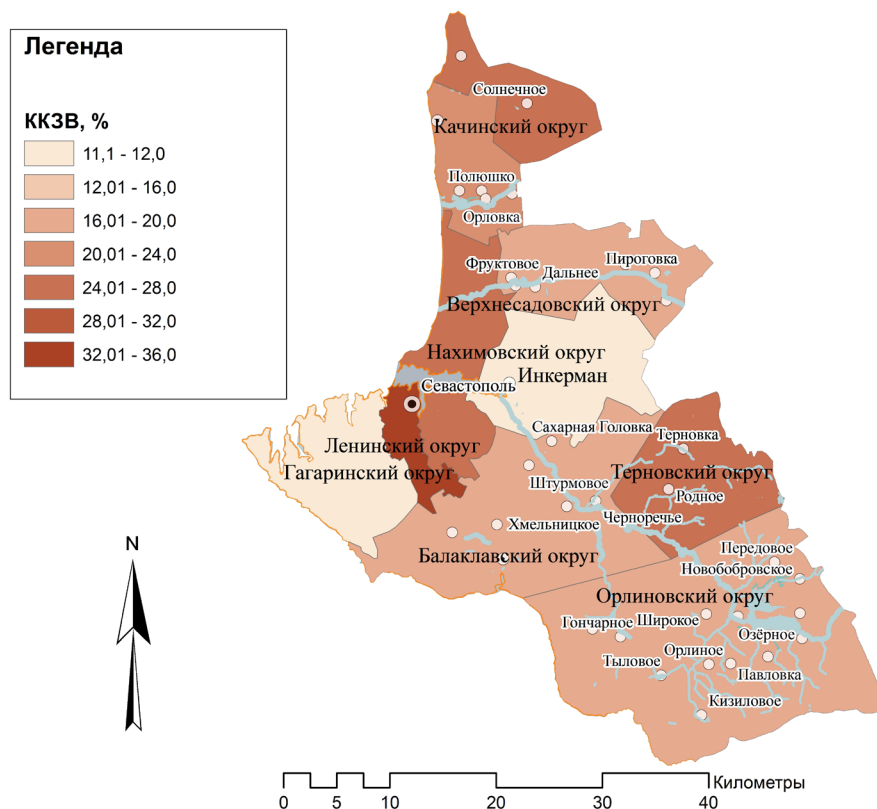
ти (ПО), более высокие величины ее выявлены в питьевой воде Орлиновского округа (превышение нормы на 22,6 %). Этот показатель также свидетельствует о присутствии в воде солей  $Fe^{2+}$ , нитритов, сероводорода и др. [17].

Значительны также показатели повторяемости случаев превышения ПДК по фенолам (в 2–3 раза) в Качинском, Балаклавском, Андреевском муниципальных округах и Нахимовском районе г. Севастополя. Отмечено присутствие остаточных следов нефтепродуктов в питьевой воде, идущей к потребителям, по ряду территориальных образований — Ленинского, Нахимовского, Качинского, Андреевского, Балаклавского и Верхнесадовского.

Вариабельность показателей качества воды в водопроводных сетях, поступающих потреби-

телям в г. Севастополе и его муниципальных округах, была визуализирована пространственным распределением с использованием ГИС-технологий. Нами были выбраны два наиболее информативных показателя: химическое потребление кислорода (ХПК), так как превышение значений его выше ПДК отмечено для всех территориальных образований (20,7–91,3 %) (рис. 2) и рассчитанные нами величины коэффициента комплексности загрязненности воды (ККЗВ, %) (рис. 3).

В Ленинский, Нахимовский и Верхнесадовский муниципальные округа поступает питьевая вода из Чернореченского водохранилища, испытывающего усиливающуюся техногенную нагрузку из-за интенсивного вовлечения прилегающей к нему территории в Байдарской долине, что и отражает повышение величин ХПК



Автор: Ярош О.Б.

Рис. 3. Динамические характеристики показателей питьевой воды на этапе получения потребителями из центральной системы водоснабжения на основе ККЗВ, %, для муниципальных округов ГФЗ Севастополя (визуализация пространственного распределения)

для этих округов. Самые высокие значения выявлены для сельского Терновского округа (28,7 мгО<sub>2</sub>/л) (см. табл. 4). Это обусловлено использованием подземных вод с наиболее высокими величинами жесткости (в два раза выше ПДК), содержанием хлоридов (выше в три раза, чем в остальных округах Севастополя) показателей сухого остатка (1075 мг/л, превышающего нормативы) и в 5–10 раз более значимых, чем для остальных территориальных образований. Поэтому Севводоканалу следует уделить внимание качеству этого водозабора и установить дополнительные системы доочистки.

Величина ККЗВ, поступающей потребителям, оценивается в 22,24±1,42 %, доверительный интервал составляет от 17,98 до 26,5 % с  $K_{\min} = 11,1\%$  и  $K_{\max} = 33,3\%$ . Значение УКИЗВ с учетом количества КПЗ позволяет отнести воду ко второму классу — слабо загрязненная для отдельных муниципальных округов (Ленинского, Нахимовского, Андреевского и Верхнесадовского). В целом можно оценить, что коэффициент уровня загрязнения по питьевой воде низкий

(1,1–1,93), кроме фенолов, здесь показатель средних (2,8).

Анализ уровня вторичного загрязнения питьевой воды для населения имеет прямую зависимость от степени износа коммуникаций. Именно эти ведущие причины объясняют попадание сложной органики (ХПК) в воду по централизованной городской распределительной сети. Четко выделяется Ленинский муниципальный округ с наиболее высокими показателями (ККЗВ — 33,3 %) — это центр города, он первый отстраивался после войны и здесь максимальный износ водопроводных сетей. Далее следуют округа (с ККЗВ = 27,8 %) — Нахимовский, Андреевский и Верхнесадовский. Их застройка велась в 70–80-е гг. XX века, и степень износа коммуникаций существенно ниже. Замыкают показатели с самыми низкими величинами (ККЗВ = 11,1 %) — Гагаринский (застройка велась преимущественно в 80–90-е годы) и Инкерманский муниципальные округа. Последний имеет собственные подземные водозаборы и низкую протяженность

Таблица 4

**Физико-химические показатели питьевой воды на этапе получения потребителями из центральной системы водоснабжения по муниципальным округам ГФЗ Севастополя (усредненные данные за 2018–2019 гг.)**

Показатели	ПДК	Муниципальные округа ГФЗ Севастополя								
		Гагаринский	Ленинский	Нахимовский	Андреевский	Качинский	Верхнесадовский	Балаклавский	Орлиновский	Терновский
Водородный показатель, рН	6,0–9,0	7,33	7,25	7,01	7,41	7,38	7,31	7,37	7,31	7,42
Запах, балл	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Мутность, мг/л	1,5	0,53	0,81	0,74	0,63	0,82	0,58	0,83	0,53	0,56
Цветность, град	20	19	22	22	23	19	19	20	21	12
Жесткость, мг-экв./л	7,0	3,8	4,3	4,6	4,5	4,6	3,6	4,5	3,6	13,1
ПО, мгО <sub>2</sub> /л	5,0	5,1	5,7	5,6	5,1	5,4	5,9	5,0	6,13	2,17
ХПК, мгО <sub>2</sub> /л	15,0	23,3	20,7	21,6	18,9	21,3	18,1	21,5	18,2	28,7
Ионы аммония, мг/л	2,0	0,40	0,34	0,26	0,27	0,26	0,35	0,27	0,35	0,17
Нитриты, мг/л	3,0	<	0,003	0,004	<	0,003	<	0,004	<	0,017
Нитраты, мг/л	45	1,88	2,37	3,75	3,56	3,74	2,31	3,75	2,32	5,31
Хлориды, мг/л	350	24,4	27,1	23,6	24,2	24,6	23,2	22,6	30,1	96,4
Сульфаты, мг/л	500	89,2	83,2	98,4	93,8	101,3	42,1	95,7	73,9	307,4
Сухой остаток, мг/л	1000	27,9	38,4	342,9	327,1	335,7	246,4	321,0	248,7	1075
аСПАВ, мг/л	0,5	0,001	0,005	0,007	0,012	0,007	0,004	0,005	0,08	0,005
Фенолы, мг/л	0,001	0,001	<	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	<	<
НПР (ИК), мг/л	0,10	0,07	0,11	0,21	0,31	0,23	0,17	0,13	0,04	0,10
НПР (УФ), мг/л	0,10	0,05	0,15	0,04	0,05	0,06	0,15	0,07	0,06	0,10
Железо общее, мг/л	0,3	0,22	0,35	0,24	0,19	0,22	0,25	0,24	0,24	0,16

коммуникаций до потребителя, поэтому здесь более высокое качество питьевой воды.

В целом сложившаяся ситуация говорит о некачественном состоянии системы центрального водоснабжения, что косвенно может отразиться на здоровье населения ГФЗ Севастополя. (Следует отметить, что в 2020 г. планируется заменить лишь 50 км наиболее изношенных коммуникаций.) Поэтому решение этой проблемы требует значительных капитальных инвестиций.

### Заключение

1. Водоснабжение ГФЗ Севастополя осуществляется за счет поверхностных вод Черно-реченского водохранилища и пяти подземных водозаборов. Из-за недостатка существующих объемов водообеспечения также привлекаются подземные источники с качественными параметрами, превышающими нормативы по ГСанПиН для ряда показателей. Они соответствуют нормативным значениям, хотя имеются существенные различия по катионно-анионному составу. Анализ качества воды, поставляемой жителям по муниципальным округам этого административно-территориального образования, выявил превышение нормы ГСанПиН по цветности, перманганатной окисляемости, химическому потреблению кислорода, количеству фенолов, следов нефтепродуктов и др.

2. Отклонения по микробиологическим параметрам для водозаборов незначительны (1,9 %), а в разводящих сетях — минимальны (0,15 %), что говорит об удовлетворительном качестве систем обеззараживания водопроводной воды в городе.

3. Значительная протяженность разводящих сетей (более 800 км), их высокая изношенность, недостаток специализированных технических служб и плановых капитальных ремонтов ведут к попаданию в водопроводные сети легко окисляющихся органических и неорганических веществ, что приводит ко вторичному загрязнению воды. Поэтому имеет место отклонение по санитарно-химическим показателям питьевой воды, поступающей к потребителям.

4. ХПК и данные ККЗВ на этапе получения потребителями воды из центральной системы водоснабжения позволяют наглядно визуализировать пространственное распределение этих

данных по всем муниципальным округам ГФЗ Севастополя.

### Литература

1. Быстрых, В. В. (2001). Гигиеническая оценка влияния питьевой воды на здоровье населения. Гигиена и санитария, № 2, сс. 20–22.
2. Главный государственный санитарный врач Российской Федерации (2001). СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 103 с.
3. Главный государственный санитарный врач Российской Федерации (2003). СанПиН 2.1.4.1175–02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. М.: Минздрав России, 20 с.
4. Главный государственный санитарный врач Российской Федерации (2010). Постановление от 28 июня 2010 года № 75 «Об утверждении СанПиН 2.1.4.2653–10 «Изменения № 2 к СанПиН 2.1.4.1116–02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества». [online] Доступно по ссылке: <http://ivo.garant.ru/#/document/12178073/paragraph/1:0> [Дата обращения: 08.09.2020].
5. Государственный комитет СССР по стандартам (1982). ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков М.: Издательство стандартов, 10 с.
6. Грейсер, Е. Л. и Иванова, Н. Г. (2005). Пресные подземные воды: состояние и перспективы водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов. Разведка и охрана недр, № 5, сс. 36–42.
7. Двуреченская, С. Я. и Булычева, Т. М. (2017). Определение качества воды водохранилища по интегральным показателям в периоды разной водности. Вода и экология: проблемы и решения, № 1, сс. 44–53. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.19.1.44-53.
8. Законодательное собрание города Севастополя (2014). Закон города Севастополя от 3 июня 2014 года № 19-ЗС «Об административно-территориальном устройстве города Севастополя». [online] Доступно по ссылке: [https://sevzakon.ru/view/laws/bank/iyun\\_2014/ob\\_administrativno-territorialnom\\_ustrojstve\\_goroda\\_sevastopolya/tekst\\_zakona/](https://sevzakon.ru/view/laws/bank/iyun_2014/ob_administrativno-territorialnom_ustrojstve_goroda_sevastopolya/tekst_zakona/) [Дата обращения: 20.04.2020].
9. Кобечинская, В. Г. и Ярош, О. Б. (2017). Экологические проблемы рационального водопользования в Республике Крым: динамика и перспективы. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки, № 2, сс. 42–49. DOI: 10.18384/2310-7189-2017-2-42-49.
10. Кравчук, И. В. (2002). Экологическая паспортизация водоемов зоны города Севастополя. Сборник научных трудов КАПКС, вып. 7, сс. 242–244.
11. Крымское бассейновое водное управление федерального агентства водных ресурсов (2020). [online] Доступно по ссылке: <https://ru-ru.facebook.com/Krymskoe>

BassejnovoeUpravlenieVodnyhResursov [Дата обращения: 08.09.2020].

12. Лакин, Г. Ф. (1990). Биометрия. 4-е изд. М.: Высшая школа, 352 с.

13. Лисовский, А. А., Новик, В. А., Тимченко, З. В. и Губская, У. А. (2011). Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник. Симферополь: КРП Учпедгиз, 242 с.

14. Малкова, М. А. (2016). Некоторые проблемы образования тригалогенметанов при хлорировании питьевой воды. Вестник молодого ученого УГНТУ, № 3 (7), сс. 68–74.

15. Малкова, М. А., Вождаева М. Ю. и Кантор Е. А. (2018). Оценка канцерогенного риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды водозаборов поверхностного и инфильтрационного типов. Вода и экология: проблемы и решения, № 1 (23), сс. 59–64. DOI: 10.23968/2305–3488.2018.23.1.59–64.

16. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (2014). План первоочередных мероприятий (действий) по обеспечению бесперебойного хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения Республики Крым и города федерального значения Севастополя. [online] Доступно по ссылке: <https://mzhkh.rk.gov.ru/rus/file/PDFsamTMPbufferYLMYU1.pdf> [Дата обращения: 13.04.2020].

17. Рахманин, Ю. А. и Доронина, О. Д. (2010). Стратегические подходы управления рисками для снижения уязвимости человека вследствие изменения водного фактора. Гигиена и санитария, № 2, сс. 8–13.

18. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) (2002). РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. Ростов н/Д.: Росгидромет, 49 с.

19. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (2012). Методические рекомендации МР 2.1.4.0032–11. Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности, М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 31 с.

20. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (2020). Перечень методик, внесенных в государственный реестр методик количественного химического анализа. Часть I. Количественный химический анализ вод. [online] Доступно по ссылке: <http://www.amac.md/Biblioteca/data/28/14/06/01/01.2.pdf> [Дата обращения: 07.09.2020].

21. Шабанов, В. В. и Маркин, В. Н. (2014). Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов. Монография. М.: МСХА им. К. А. Тимирязева, 162 с.

22. Brazovskiy, I. I., Katibnikova, G. I., Salnikova, I. A. and Samoylenko, V. V. (2005). Study of the efficiency of a new reagent composition hydro-phos to decrease water hardness and scale formation. *Chemistry for Sustainable Development*, No. 5, pp. 599–602.

23. Setegn, S. G. (2015). Water resources management for sustainable environmental public health. In: Setegn, S. G., Donoso, M. C. (eds) Sustainability of Integrated Water Resources Management: Water Governance, Climate and Ecohydrology.

Cham: Springer, pp. 275–287. DOI: 10.1007/978-3-319-12194-9-15.

24. Trusey, I. V., Gurevich, Yu. L., Ladygin, V. P., Lankin, Yu. P. and Fadeev, S. V. (2017). Analysis of the content of nitrate and ammonium ions at bioremediation of ground water polluted by oil products. *Chemistry for Sustainable Development*, Vol. 25, No. 2, pp. 199–205.

## References

1. Bystrykh, V. V. (2001). Hygienic assessment of the impact of drinking water on public health. *Hygiene and Sanitation*, No. 2, pp. 20–22.

2. Chief Public Health Officer of the Russian Federation (2001). Sanitary Rules and Regulations SanPiN 2.1.4.1074–01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Control of the Ministry of Health of the Russian Federation, 103 p.

3. Chief Public Health Officer of the Russian Federation (2003). Sanitary Rules and Regulations SanPiN 2.1.4.1175–02. Hygienic requirements for water quality of non-centralized water supply systems. Sanitary protection of sources. Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation, 20 p.

4. Chief Public Health Officer of the Russian Federation (2010). Resolution of June 28, 2010 No. 75 “On approval of SanPiN 2.1.4.2653–10 “Amendments No. 2 to SanPiN 2.1.4.1116–02 “Drinking water. Hygienic requirements for the quality of water packaged in containers. [online] Available at: : <http://ivo.garant.ru/#/document/12178073/paragraph/1:0> [Date accessed 08.09.2020].

5. State Committee of the USSR for Standards (1982). State Standard GOST 17.1.3.07-82. Nature Protection. Hydrosphere, Procedures for quality control of water in reservoirs and stream flows. Moscow: Publishing House of Standards, 10 p.

6. Greyser, Ye. L. and Ivanova, N. G. (2005). Fresh groundwater: state and prospects of water supply to populated areas and industrial facilities. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, No. 5, pp. 36–42.

7. Dvurechenskaya, S. Ya. and Bulycheva, T. M. (2017). Determination of the water quality of the reservoir by an integral indicators in different periods of water content. *Water and Ecology*, No. 1, pp. 44–53. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.19.1.44-53.

8. Legislative Assembly of Sevastopol City (2014). Law of Sevastopol city No. 19-ZS dd. June 3, 2014 “On the administrative and territorial structure of Sevastopol city” [online] Available at: [https://sevzakon.ru/view/laws/bank/iyun\\_2014/ob\\_administrativno-territorialnom\\_ustrojstve\\_goroda\\_sevastopolya/tekst\\_zakona/](https://sevzakon.ru/view/laws/bank/iyun_2014/ob_administrativno-territorialnom_ustrojstve_goroda_sevastopolya/tekst_zakona/) [Date accessed 20.04.2020].

9. Kobechinskaya, V. G. and Yarosh, O. B. (2017). Ecological problems of rational water management in the Republic of Crimea: dynamics and perspectives. *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Natural Sciences*, No. 2, pp. 42–49. DOI: 10.18384/2310-7189-2017-2-42-49.

10. Kravchuk, I. V. (2002). Ecological certification of reservoirs in the area of Sevastopol city. Collection of scientific papers of the Crimean Academy of Environmental Protection and Resort Construction, Issue 7, pp. 242–244.

11. Crimean Basin Water Administration of the Federal Agency for Water Resources (2020). [online] Available at: <https://ru-ru.facebook.com/KrymskoeBassejnovoeUpravlenieVodnyhResursov> [Date accessed 08.09.2020].

12. Lakin, G. F. (1990). Biometry. 4<sup>th</sup> edition. Moscow: Vysshaya Shkola, 352 p.

13. Lisovsky, A. A., Novik, V. A., Timchenko, Z. V. and Gubskaya, W. A. (2011). Surface water bodies of Crimea. Water management and use: a handbook. Simferopol: Crimean Republican Enterprise "State Educational Publishing House" (KRP Uchpedgiz), 242 p.

14. Malkova, M. A. (2016). Some problems of the formation of trihalogenomethanes during the chlorination of drinking water. *Vestnik Molodogo Uchenogo UGNTU*, No. 3 (7), pp. 68–74.

15. Malkova, M. A., Vozhdaeva, M. Yu. and Kantor, E. A. (2018). Assessment of carcinogenic risk to population health due to the quality of drinking water of surface and infiltration water intakes. *Water and Ecology*, No. 1 (23), pp. 59–64. DOI: 10.23968/2305–3488.2018.23.1.59–64.

16. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation (2014). Plan of priority measures (actions) to ensure uninterrupted municipal and drinking water supply in the Republic of Crimea and Sevastopol federal city. [online]. Available at: <https://mzhkh.rk.gov.ru/rus/file/PDFsamTMPbufferYLMYU1.pdf> [Date accessed 13.04.2020].

17. Rakhmanin, Yu. A. and Doronina, O. D. (2010). Strategic approaches to risk management to reduce human vulnerability due to water factor changes. *Hygiene and Sanitation*, No. 2, pp. 8–13.

18. Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Rosgidromet) (2002). Regulatory Document RD 52.24.643—2002. Method for the comprehensive assessment of the degree of pollution of surface waters by hydrochemical indicators. Rostov-on-Don: Rosgidromet, 49 p.

19. Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (2012). Guidelines MP 2.1.4.0032–11. Integrated assessment of drinking water in centralized water supply systems by chemical safety indicators, Moscow: Federal Hygiene and Epidemiology Center of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, 31 p.

20. Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service of Russia (2020). List of methods introduced in the State Register of Quantitative Chemical Analysis Techniques. Part I. Quantitative chemical analysis of waters. [online] Available at: <http://www.amac.md/Biblioteca/data/28/14/06/01/01.2.pdf> [Date accessed 07.09.2020].

21. Shabanov, V. V. and Markin, V. N. (2014). Methodology of environmental and water management assessment of water bodies. Monograph. Moscow: Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 162 p.

22. Brazovskiy, I. I., Katibnikova, G. I., Salnikova, I. A. and Samoylenko, V. V. (2005). Study of the efficiency of a new reagent composition hydro-phos to decrease water hardness and scale formation. *Chemistry for Sustainable Development*, No. 5, pp. 599–602.

23. Setegn, S. G. (2015). Water resources management for sustainable environmental public health In: Setegn, S. G., Donoso, M. C. (eds) Sustainability of Integrated Water Resources Management: Water Governance, Climate and Ecohydrology. Cham: Springer, pp. 275–287. DOI: 10.1007/978-3-319-12194-9-15.

24. Trusey, I. V., Gurevich, Yu. L., Ladygin, V. P., Lankin, Yu. P. and Fadeev, S. V. (2017). Analysis of the content of nitrate and ammonium ions at bioremediation of ground water polluted by oil products. *Chemistry for Sustainable Development*, Vol. 25, No. 2, pp. 199–205.

#### Авторы

**Кобечинская Валентина Григорьевна**, канд. биол. наук, доцент

Крымский федеральный университет им В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия  
E-mail: valekohome@mail.ru

**Ярош Ольга Борисовна**, д-р экон. наук, профессор  
Крымский федеральный университет им В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия  
E-mail: iarosh.olga@gmail.com

**Ивашов Анатолий Васильевич**, д-р биол. наук, профессор

Крымский федеральный университет им В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия  
E-mail: aivashov@mail.ru

**Апостолов Валерий Леонидович**, канд. биол. наук, доцент

Крымский федеральный университет им В. И. Вернадского, г. Симферополь, Россия  
E-mail: valeraapostolov@bk.ru

#### Authors

**Kobechinskaya Valentina Grigorievna**, PhD in Biology, Associate Professor

Crimean Federal University V. I. Vernadsky, Simferopol, Russia  
E-mail: valekohome@mail.ru

**Yarosh Olga Borisovna**, Dr. of Economics, Professor  
Crimean Federal University V. I. Vernadsky, Simferopol, Russia  
E-mail: iarosh.olga@gmail.com

**Ivashov Anatoliy Vasilievich**, Dr. of Biology, Professor  
Crimean Federal University V. I. Vernadsky, Simferopol, Russia  
E-mail: aivashov@mail.ru

**Apostolov Valery Leonidovich**, PhD in Biology, Associate Professor

Crimean Federal University V. I. Vernadsky, Simferopol, Russia  
E-mail: valeraapostolov@bk.ru