

## Микробиологическая характеристика водной среды Северо-Крымского канала в современный период

Н. В. Бурдиян \*, Ю. В. Дорошенко, Н. Ю. Мирзоева,  
Е. В. Гусева, О. В. Соловьёва

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,  
Севастополь, Россия

\* e-mail: burdiyan\_nv@ibss-ras.ru

### Аннотация

Северо-Крымский канал, обеспечивающий водой территорию Крыма, был перекрыт в апреле 2014 г. В 2022 г., после восьмилетнего перерыва, днепровская вода вновь была пущена по руслу канала. После разрушения Каховской ГЭС (июнь 2023 г.) подача воды прекратилась. Для оценки современного состояния экосистемы канала необходимо проводить микробиологические исследования водной экосистемы канала. Цель работы – оценка современного состояния вод в русле Северо-Крымского канала и прилегающих к нему акваториях Черного моря по микробиологическим показателям. С апреля 2022 г. по июнь 2024 г. отбирали пробы воды и донных отложений на 13 станциях. В пробах воды определяли численность гетеротрофных, углеводородокисляющих, липолитических и фенолоксиляющих бактерий методом предельных разведений на элективных средах. Измеряли температуру, окислительно-восстановительный потенциал и содержание растворенного кислорода. Численность гетеротрофных бактерий в русле канала варьировала от  $4.5 \cdot 10^2$  до  $2.5 \cdot 10^7$  кл.·мл<sup>-1</sup>. В 85 % проб она соответствовала мезосапробной зоне ( $10^3$ – $10^5$  кл.·мл<sup>-1</sup>). Углеводородокисляющие, липолитические и фенолоксиляющие бактерии обнаружены повсеместно. Доля углеводородокисляющих бактерий в составе гетеротрофных бактерий не превышала 2 %, что указывает на отсутствие хронического нефтяного загрязнения. Выявлена положительная корреляция между углеводородокисляющими и липолитическими бактериями ( $R = 0.73$ ;  $n = 19$ ;  $\alpha < 0.05$ ), а также между гетеротрофными и фенолоксиляющими бактериями ( $R = 0.66$ ;  $n = 16$ ;  $\alpha < 0.05$ ). Достоверная зависимость между численностью наблюдаемых микроорганизмов и значениями таких показателей, как температура, окислительно-восстановительный потенциал и pH воды, не выявлена. Наличие липолитических, углеводородокисляющих и фенолоксиляющих бактерий свидетельствует о самоочищении исследуемой акватории от загрязнений соответствующими поллютантами. Для долгосрочного мониторинга необходимо продолжить наблюдения.

**Ключевые слова:** Северо-Крымский канал, донные отложения, эколого-трофические группы микроорганизмов, микробиологический мониторинг, Крымский полуостров, качество вод, загрязнение вод

© Бурдиян Н. В., Дорошенко Ю. В., Мирзоева Н. Ю., Гусева Е. В.,  
Соловьёва О. В., 2026



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0  
International (CC BY-NC 4.0)  
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0  
International (CC BY-NC 4.0) License

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Изучение биогеохимических закономерностей радиоэкологических и хемотропических процессов в экосистемах водоемов Азово-Черноморского бассейна в сравнении с другими акваториями Мирового океана и отдельными водными экосистемами их водосборных бассейнов для обеспечения устойчивого развития на южных морях России» (номер госрегистрации № 124030100127-7), в рамках реализации гранта РФ «Роль оросительной системы Северо-Крымского канала в процессах переноса долгоживущих радионуклидов чернобыльского происхождения, тяжелых металлов, а также углеводов с днепровской водой на поливные сельхозугодья Крыма» (№ 23-26-00128). Авторы выражают благодарность сотрудникам Отдела радиационной и химической биологии ФИЦ ИнБЮМ ведущим инженерам И. Н. Мосейченко и М. О. Вахрушеву, сотрудникам отдела Аквакультуры и морской фармакологии ФИЦ ИнБЮМ с. н. с. канд. геогр. наук Н. П. Ковригиной, ведущему инженеру Д. С. Борисовой, м. н. с. Н. Ю. Родионовой.

**Для цитирования:** Бурдиян Н. В., Дорошенко Ю. В., Мирзоева Н. Ю., Гусева Е. В. и др. Микробиологическая характеристика водной среды Северо-Крымского канала в современный период // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2026. № 2. С. 110–123. EDN KRHDAN.

## **Microbiological Characteristics of the North Crimean Canal Water: A Current Status**

**N. V. Burdiyan \*, Yu. V. Doroshenko, N. Y. Mirzoeva,  
E. V. Guseva, O. V. Soloveva**

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia*

*\* e-mail: burdiyan\_nv@ibss-ras.ru*

### **Abstract**

The North Crimean Canal, which supplies water to the territory of the Crimea, was closed in April 2014. After an eight-year break, in 2022, the Dnieper River water was again channelled along the riverbed of the Canal. After destruction of the Kakhovka hydroelectric power station (June 2023), the water supply stopped. To assess the current state of the canal ecosystem, microbiological studies of its aquatic environment are required. The aim of this study is to assess the current state of the waters in the North Crimean Canal and the adjacent Black Sea waters based on microbiological indicators. Between April 2022 and June 2024, water and sediment samples were collected at 13 stations. The abundance of heterotrophic, hydrocarbon-oxidising, lipolytic and phenol-oxidising bacteria in the water samples was determined using the limiting dilution method on selective media. Temperature, redox potential and dissolved oxygen content were measured. The abundance of heterotrophic bacteria in the canal bed ranged from  $4.5 \cdot 10^2$  to  $2.5 \cdot 10^7$  cells·mL<sup>-1</sup>. In 85% of the samples, this corresponded to the mesosaprobic zone ( $10^3$ – $10^5$  cells·mL<sup>-1</sup>). Hydrocarbon-oxidising, lipolytic and phenol-oxidising bacteria were found throughout the study area. The proportion of hydrocarbon-oxidising bacteria within the heterotrophic bacterial community did not exceed 2%, indicating the absence of chronic oil pollution. A positive correlation was found between hydrocarbon-oxidising and lipolytic bacteria ( $R = 0.73$ ;  $n = 19$ ;  $\alpha < 0.05$ ) and between heterotrophic and phenol-oxidising bacteria ( $R = 0.66$ ;  $n = 16$ ;  $\alpha < 0.05$ ). No significant correlation was found between the abundance of the observed microorganisms and parameters such as water temperature, redox potential and pH. The presence of lipolytic, hydrocarbon-oxidising and phenol-oxidising bacteria indicates that the water body

under study is undergoing self-purification to remove contamination by the relevant pollutants. Further observations are required for long-term monitoring.

**Keywords:** North Crimean Canal, bottom sediments, ecological and trophic groups of microorganisms, microbiological monitoring, Crimean Peninsula, water quality, water pollution

**Acknowledgments:** The work was carried out under IBSS state research assignment “Study of biogeochemical patterns of radioecological and chemoecological processes in the ecosystems of water bodies of the Sea of Azov–Black Sea Basin in comparison with other areas of the World Ocean and individual aquatic ecosystems of their drainage basins to ensure sustainable development in the southern seas of Russia” (no. 124030100127-7) as part of the implementation of the Russian Science Foundation grant “The role of the irrigation system of the North Crimean Canal in the transfer of long-lived radionuclides of Chernobyl origin, heavy metals, and hydrocarbons from Dnieper water to irrigated farmland in Crimea” (No. 23-26-00128). The authors are thankful to the staff of the Department of Radiation and Chemical Biology at the IBSS: leading engineers I. N. Moseichenko and M. O. Vakhrushev; and to the staff of the Department of Aquaculture and Marine Pharmacology at the IBSS: senior researcher, PhD (Geogr.) N. P. Kovrigina, leading engineer D. S. Borisova and junior researcher N. Yu. Rodionova.

**For citation:** Burdiyan, N.V., Doroshenko, Yu.V., Mirzoeva, N.Y., Guseva, E.V. and Soloveva, O.V., 2026. Microbiological Characteristics of the North Crimean Canal Water: A Current Status. *Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea*, (2), pp. 110–123.

## Введение

Северо-Крымский канал (СКК) – оросительно-обводнительный канал с забором воды из Каховского водохранилища, специально сооруженного в нижнем течении Днепра, был построен в 1961–1971 гг. для обеспечения водой маловодных и засушливых территорий Херсонской и Крымской областей. СКК является самым длинным из подобных сооружений в Европе: длина основного русла превышает 402 км, а общая протяженность всех водоотводов – 11 000 км, максимальная глубина канала – 7 м, ширина – 150 м. Значительная часть основного русла канала покрыта бетоном для сокращения потерь воды [1]. До 2013 г. СКК обеспечивал поставку 80–87 % объема воды, потребляемой населением Крыма [2].

На протяжении многих лет качество воды, забираемой из нижнего течения Днепра, было довольно низким<sup>1), 2)</sup>, так как на этом участке в реку поступали загрязненные промышленные и бытовые стоки крупных городов и индустриальных центров. Интенсивное орошение прилегающих к СКК сельскохозяйственных территорий привело к тому, что вырос объем сбросов возвратных вод оросительных систем. Эти воды, как правило, загрязнены органическим веществом аллохтонного происхождения и в дальнейшем попадают в природные водные объекты, включая заливы Черного моря.

С 2014 по 2022 г. вода из Днепра в Крым не подавалась. В феврале 2022 г. возобновилась подача воды по руслу СКК на территорию Крымского п-ова.

---

<sup>1)</sup> Денисова А. И., Тимченко В. М., Нахшина Е. П., Новиков Б. И. и др. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ. Киев : Наукова думка, 1989. 216 с.

<sup>2)</sup> Состояние природной среды Крыма. URL: [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Состояние\\_природной\\_среды\\_Крыма](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Состояние_природной_среды_Крыма) (дата обращения: 14.10.2025).

Перед запуском основного потока воды по СКК была проведена оценка качества воды по микробиологическим показателям, результаты которой показали, что поверхностные воды СКК относятся к олигосапробной, или слабозагрязненной, зоне [3]. В июне 2023 г., после разрушения Каховской ГЭС, поступление днепровской воды в Крым через СКК вновь прекратилось, уровень воды в русле канала снизился вплоть до обмеления на некоторых участках. Для долгосрочного поддержания функционирования СКК местные власти намерены поддерживать уровень воды в нем с помощью насосов, которые установят на Днепре<sup>3)</sup>. С учетом важности СКК для обеспечения водой Крымского п-ова требуется дальнейшее проведение исследований по оценке качества вод, поступающих в канал.

Гетеротрофная микробиота – весомый компонент биоценозов любых водных экосистем. Ее основная функция – ассимиляция и трансформация органических соединений, в том числе загрязняющих веществ антропогенного происхождения. Увеличение численности отдельных групп бактерий может быть признаком поступления в акваторию различных химических загрязнителей [4, 5]. Углекислородфиксирующая микробиота участвует в окислении нефти и оказывает минерализующий эффект в зависимости от химической природы нефтяных углеводородов<sup>4)</sup> [6]. Широко используемым параметром для диагностирования качества вод, помимо количества гетеротрофных (ГБ) и углекислородфиксирующих (УОБ) бактерий, является численность фенолоксилирующих (ФОБ) и липолитических (ЛЛБ) бактерий.

Среди загрязняющих веществ, поступающих в водоемы вместе с промышленными стоками, широко распространены фенол и его производные. Фенол относится к высокотоксичным веществам, его ПДК в воде составляет 0.001 мг/л. При попадании сточных вод, загрязненных фенолом и его производными, в водоемы токсичность воды возрастает и, как следствие, ухудшается санитарное состояние водоема<sup>5)</sup>. Численность фенолоксилирующих микроорганизмов используется в качестве индикатора загрязнения среды фенольными соединениями. Жиры (липиды) также являются распространенными загрязнителями водных объектов. Основные источники поступления жиров – промышленные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Кроме того, жиры могут образовываться при микробном окислении n-алканов нефти или являться продуктами жизнедеятельности фито- и зоопланктона [7]. Негативное воздействие жиров на водные экосистемы связано со значительной химической стойкостью этого поллютанта [8].

Цель работы – оценка современного состояния вод в русле СКК и прилегающих к нему акваторий Черного моря по микробиологическим показателям.

---

<sup>3)</sup> URL: <https://www.mk.ru/economics/2023/06/13/krymchane-nazvali-posledstviya-podryvakakhovskoy-ges-dlya-vodosnabzheniya-poluostrova.html> (дата обращения: 24.05.2026).

<sup>4)</sup> Morales M., Ayala M., Vazquez-Duham R., Le Borgne S. Application of Microorganisms to the Processing and Upgrading of Crude Oil and Fractions // Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology. 2010. p. 2767–2785.

<sup>5)</sup> Дроздовская О. А. Поиск микроорганизмов – индикаторов и деструкторов фенолов в прибрежных водах дальневосточных морей : дис. ... канд. биол. наук. Владивосток : ДВГУ, 2000. 156 с.

## Материалы и методы

Материалом для микробиологического анализа послужили пробы воды и донных отложений, отобранные на различных участках магистрального русла СКК, включая насосные станции и водохранилище (рис. 1). Помимо этого, были выполнены контрольные отборы проб морской воды и донных отложений на прилегающей к каналу (в пределах видимости ветви канала) акватории Каркинитского залива, куда поступала использованная после орошения вода СКК, и на пляже в Керчи (рис. 1). Следует отметить, что не на всех участках канала было возможно отобрать донные отложения из-за их отсутствия. Координаты мест отбора проб для микробиологических анализов представлены в табл. 1.

Первый отбор проб для микробиологических анализов производили через несколько дней после основного запуска воды в марте 2022 г., далее исследования были продолжены весной, летом, осенью 2023 г., весной и летом 2024 г. Пробы воды отбирали в стерильные пробирки объемом 50 см<sup>3</sup>, пробы донных отложений – в стерильные банки. Во всех пробах определяли численность гетеротрофных, углеводородокисляющих, липолитических и фенолоксиляющих групп бактерий методом предельных десятикратных разведений с использованием жидких селективных сред. Для ГБ использовали среду с пептоном<sup>6)</sup>. Для УОБ и ЛЛБ применяли среду Ворошиловой – Диановой [9], в которую в качестве единственного источника углерода и энергии добавляли стерильную нефть или жир (1 % от объема). Для ФОБ использовали модифицированную среду Калабиной – Роговской [10]. Наиболее вероятное число микроорганизмов в единице объема рассчитано по таблице Мак-Креди (в трех повторностях), составленной на основе метода вариационной статистики<sup>7)</sup>.



Р и с . 1 . Карта-схема расположения станций отбора проб

F i g . 1 . The schematic map of sampling stations

<sup>6)</sup> Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды / под ред. О. Г. Миронова. Киев : Наукова думка, 1988. 247 с.

<sup>7)</sup> Практикум по микробиологии : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / под ред. А. И. Нетрусова. Москва : Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

Таблица 1. Координаты отбора проб на участках Северо-Крымского канала и прилегающих территорий

Table 1. Sampling coordinates at the sites of the North Crimean Canal (NCC) and adjacent territories

Номер станции / Station number	Географические координаты, ° с. ш., ° в. д. / Geographical coordinates, N, E	Район отбора проб / Sampling area
1	46.119673, 33.690343	Магистральное русло, район г. Армянска, первый гидроузел СКК (на территории полуострова) / Main bed, Armyansk area, first NCC hydroelectric complex (on the peninsula)
2	46.119887, 33.690445	Магистральное русло, район г. Армянска, рядом с автомобильным мостом / Main bed, Armyansk area, near a highway bridge
3	45.957321, 33.821749	Магистральное русло, район г. Красноперекопска / Main bed, Krasnoperekopsk area
4	45.834547, 33.762471	Магистральное русло, район с. Ильинка / Main bed, the village of Ilinka area
5	45.834591, 33.762660	Магистральное русло, вторая насосная станция, с. Советское / Main bed, second pumping station, The village of Sovetskoe
6	45.344203, 36.010135	Магистральное русло, третья насосная станция / Main bed, third pumping station
7	45.339563, 36.044696	Второе Керченское водохранилище / Second Kerch Water Reservoir
8	45.701458, 34.439761	Магистральное русло, район г. Джанкоя / Main bed, Dzhankoy area
9	45.465167, 34.804000	Магистральное русло, район с. Новоивановка / Main bed, the village of Novoivanovka area
10	45.313176, 35.875492	Магистральное русло, район с. Останино / Main bed, the village of Ostanino area
11	45.287740, 35.786521	Магистральное русло, район пгт Ленино / Main bed, the settlement of Lenino area
12	45.853261, 33.482983	Каркинитский залив, с. Портовое, пляж / Karkinita Bay, the village of Portovoe, beach
13	45.363455, 36.502351	Пляж «Черепашка», г. Керчь / Cherepashka Beach, Kerch

Во всех пробах воды *in situ* для сопоставления микробиологических данных измеряли гидрохимические показатели: температуру, водородный показатель (рН), окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) – с помощью портативного мультипараметрового рН/ОВП/кондуктометра/оксиметра HI98194 (Hanna Instrument, Румыния). Прибор прошел первичную поверку при поставке (ФГИС «Аршин») и находится в списке Государственного реестра средств измерений РФ (рег. номер 77745-20). Прибор калибровали фирменными растворами, входящими в набор при поставке прибора (рН – по трем точкам с автоматическим распознаванием: 4.01; 6.86; 9.18). Точность определения рН –  $\pm 0.02$ , ОВП –  $\pm 1.0$  мВ. Калибровку прибора для определения растворенного в воде кислорода проводили фирменным раствором с нулевым содержанием кислорода. С апреля 2022 г. по ноябрь 2023 г. в пробах воды, помимо указанных показателей, определяли содержание растворенного кислорода. При сравнении полученных результатов использовали нормативные значения для рыбохозяйственных водоемов<sup>8)</sup>.

### Результаты и обсуждение

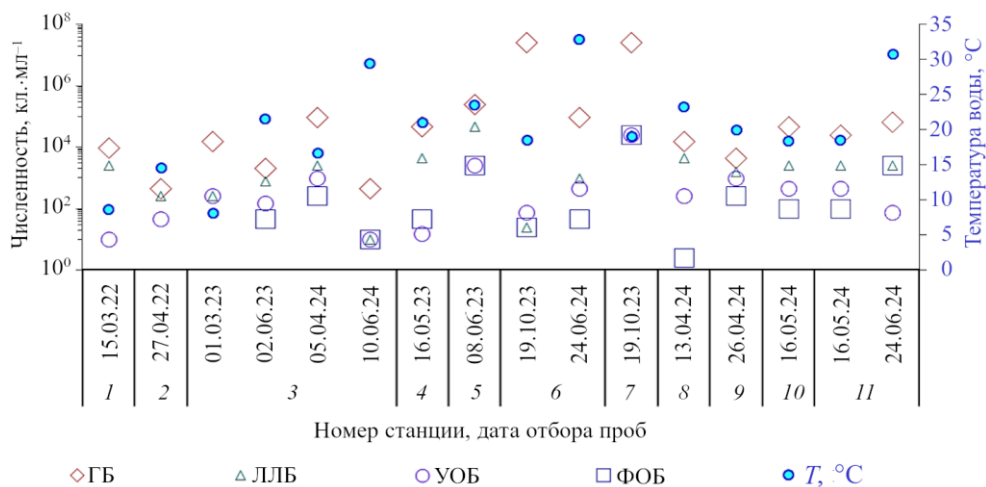
Результаты микробиологических наблюдений показали, что за период исследования численность ГБ в поверхностном слое воды на станциях, расположенных в магистральном русле канала, варьировала от  $4.5 \cdot 10^2$  до  $2.5 \cdot 10^7$  кл.·мл<sup>-1</sup> (рис. 2). Несмотря на то что ГБ используют кислород для клеточного дыхания и окисления органических веществ, на станциях отбора проб воды из СКК (рис. 3) был отмечен высокий уровень содержания растворенного кислорода (O<sub>2</sub>) в водах магистрального русла канала и прилегающих территорий – от 5.76 мг/л (ст. 2) до 9.61 мг/л (ст. 3). Максимум получен в районе Красноперекопска (ст. 3). Минимальное содержание кислорода, зафиксированное на магистральном русле в районе Армянска (ст. 2), было незначительно ниже (на 0.24 мг/л) рекомендованного нормативного значения для рыбохозяйственных вод (6.0 мг/л).

Наибольшая численность ГБ выявлена в октябрьских пробах 2023 г. на ст. 6 и 7. По всей видимости, это повышение носило локальный характер. Наименьшая численность ГБ отмечена всего в двух пробах – на ст. 2 и 3. Численность ГБ может зависеть как от климатических условий и времени года, так и от степени загрязнения водного объекта. По количеству гетеротрофной микробиоты можно судить о сапробности вод: численность ГБ до  $10^3$  кл.·мл<sup>-1</sup> соответствует чистым, или олигосапробным;  $10^4$ – $10^5$  кл.·мл<sup>-1</sup> – мезосапробным, в которых происходит минерализация органических веществ;  $10^6$  кл.·мл<sup>-1</sup> и выше – полисапробным водам (показатель высокого загрязнения)<sup>9)</sup>. В 85 % проб, отобранных в русле СКК в 2023–2024 гг., численность ГБ

---

<sup>8)</sup> Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Федерального агентства по рыболовству от 26.05.2025 № 296 : зарегистрировано Минюстом России 02.06.2025 № 82497. URL: <https://www.law.ru/npd/doc/docid/1312976080/modid/99> (дата обращения: 08.05.2026).

<sup>9)</sup> Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований : учебное пособие / под ред. А. С. Лабинской, Л. П. Блинковой, А. С. Ещиной. Москва : Медицина, 2004. 576 с.



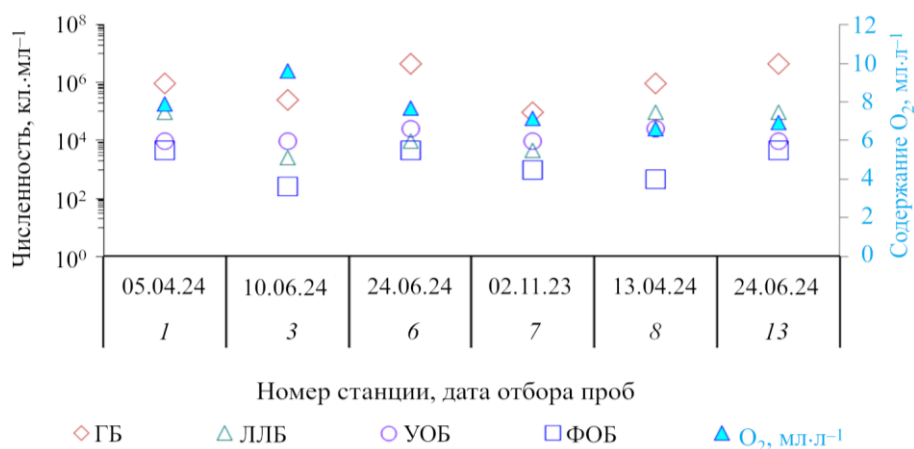
Р и с . 2. Численность исследуемых групп бактерий и температура воды в магистральном русле Северо-Крымского канала и водохранилищах

Fig. 2. Bacterial abundance of the studied bacterial groups and the water temperature in the main part of the North Crimean Canal and reservoirs

находилась в пределах  $10^3$ – $10^5$  кл.·мл<sup>-1</sup>, что позволяет отнести воды СКК к мезосапробным. Следует отметить, что по результатам микробиологических исследований, проведенных на ст. 1 в марте 2022 г. (за несколько дней до запуска основного потока воды), воды СКК по численности ГБ были отнесены к олигосапробной (слабозагрязненной) зоне [3]. В апреле 2022 г., после пуска воды в канал, численность ГБ в воде колебалась в пределах  $10^2$ – $10^3$  кл.·мл<sup>-1</sup> (см. рис. 2). По-видимому, основной причиной увеличения численности ГБ в пробах воды СКК в 2023–2024 гг. является снижение объема основного потока после разрушения дамбы, вследствие чего повысилась концентрация органического вещества, поступающего в канал, в том числе с береговым стоком.

Количественные показатели УОБ – основных деструкторов нефтяного загрязнения в водоемах – в водах СКК колебались от 10 до  $2.5 \cdot 10^3$  кл.·мл<sup>-1</sup> (см. рис. 2). УОБ были выявлены во всех образцах воды. Максимальный показатель УОБ в пробах из русла канала определен в районе второй насосной станции (ст. 5). Отмечено мозаичное распределение УОБ, вызванное неравномерным распределением самого субстрата – углеводов. Известно, что в чистых акваториях доля УОБ обычно не превышает 0.1–1.0 % от численности гетеротрофных бактериальных сообществ, тогда как в загрязненных нефтью районах их доля может возрастать<sup>10)</sup> до 80 %. Процентное содержание УОБ в составе ГБ за исследуемый период в подавляющем количестве образцов колебалось в диапазоне 0.1–2 %, что не превышает показателей, установленных для загрязненных нефтепродуктами акваторий. Кроме того, ПДК нефтепродуктов

<sup>10)</sup> Мишустина И. Е., Щеглова И. К., Мицкевич И. Н. Морская микробиология. Владивосток : ДВГУ, 1985. 184 с.



Р и с . 3 . Численность исследуемых групп бактерий и содержание кислорода в магистральном русле СКК

Fig. 3. Bacterial abundance of the studied bacterial groups and the dissolved oxygen content in the main bed of the North Crimean Canal

в воде водоемов рыбохозяйственного значения<sup>11)</sup> (0.05 мг/л) соответствует<sup>12)</sup> менее 1 тыс. УОБ в 1 мл. Все это свидетельствует о том, что поверхностные воды СКК не подвержены хроническому загрязнению нефтепродуктами.

Липолитическая группа бактерий на станциях, расположенных в магистральном русле канала, наблюдалась повсеместно, численность ЛЛБ колебалась от 10 до  $4.5 \cdot 10^4$  кл.·мл<sup>-1</sup> (см. рис. 2). Максимум ЛЛБ, как и УОБ, зафиксирован на ст. 5, в районе второй насосной станции. Отмечено<sup>13)</sup>, что распределение ЛЛБ сходно с распределением УОБ, так как количественные показатели ЛЛБ характеризуют интенсивность трансформации промежуточных продуктов распада нефтяных загрязнений. Это подтверждает выявленная положительная корреляция между численностью УОБ и ЛЛБ ( $R = 0.73$ ;  $n = 19$ ,  $\alpha < 0.05$ ). Минимум ЛЛБ высеян из вод СКК в районе третьей насосной станции (ст. 6) в октябре 2023 г. В 67 % проб число ЛЛБ находилось в пределах  $10^3$ – $10^4$  кл.·мл<sup>-1</sup>, что свидетельствует об активном микробном самоочищении вод СКК от липидных компонентов. Количественные показатели ЛЛБ, полученные в 2024 г., сопоставимы с результатами 2022 г. [3].

ФОБ обнаружены во всех пробах воды, отобранных на станциях в магистральном русле канала воды СКК. Численность ФОБ находилась в диапазоне от 10 до  $2.5 \cdot 10^3$  кл.·мл<sup>-1</sup> (см. рис. 2). Максимум ФОБ выделен в районе с. Советского (вторая насосная станция, ст. 5) в июньской пробе, что может

<sup>11)</sup> ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов : введ. 1977-06-27. Москва : Издательство стандартов, 1977. 17 с.

<sup>12)</sup> Вербина Н. М. Гидромикробиология с основами общей микробиологии : учебное пособие для студентов. Москва : Пищевая промышленность, 1980. 288 с.

<sup>13)</sup> Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 240 с.

быть связано с активным «цветением» фитопланктона, так как производные фенола входят в состав растений и продуктов их разложения [11]. В условно чистых районах рек ранее, согласно [12], была зафиксирована высокая численность ФОБ, обусловленная природным содержанием гумусовых веществ. Высокое содержание ФОБ также может быть связано с загрязнением фекальными стоками или хлорорганическими пестицидами, с деятельностью различных промышленных комбинатов<sup>1</sup>). Коэффициент корреляции между численностью ГБ и ФОБ составил  $R = 0.66$  ( $n = 16$ ,  $\alpha < 0.05$ ), что указывает на возможную способность вод к самоочищению от фенольных соединений с участием исследуемой микробиоты.

Высокие концентрации исследуемых групп микроорганизмов были зафиксированы в акватории Керченского водохранилища (ст. 7), где при отборе проб визуально отмечали так называемые застойные явления: стойкий запах сероводорода, массовое размножение водорослей, заиленность дна. По показателям численности ГБ исследуемый участок акватории относится к зоне высокого загрязнения, то есть к полисапробным водам. Там же отмечена высокая (более  $2.5 \cdot 10^4$  кл.·мл<sup>-1</sup>) численность индикаторных групп бактерий. Полученные данные согласуются с результатами химического анализа воды на этой станции [13]. Авторы [13] отмечают возрастание содержания алифатических углеводородов в воде, а также наличие высокомолекулярных гомологов с преобладанием четного числа атомов углерода над нечетным на хроматограммах. Такой тип состава n-алканов характерен для бактериальных микропленок. Таким образом, общее увеличение концентрации углеводородов и других органических веществ может быть следствием не их дополнительного поступления, а их накопления в воде водоема.

Численность бактерий в воде контрольных точек отбора в Каркинитском заливе и на пляже в Керчи представлена в табл. 2. Исследуемые группы бактерий выделены повсеместно. Относительно высокие показатели индикаторных групп бактерий (ЛЛБ – более  $2.5 \cdot 10^4$  кл.·мл<sup>-1</sup>, УОБ –  $9.5 \cdot 10^2$  кл.·мл<sup>-1</sup>, ФОБ –  $4.5 \cdot 10^2$  кл.·мл<sup>-1</sup>) зафиксированы в водах Каркинитского залива (ст. 12) в майских образцах 2023 г. Такие значения численности микроорганизмов свидетельствуют об антропогенной нагрузке на исследуемую акваторию и нередко бывают характерны для мест сброса сточных вод [14]. Однако по результатам повторного отбора проб воды из залива в июне 2024 г. численность УОБ и ФОБ не превышала 5 кл.·мл<sup>-1</sup>, что указывает на локальный характер поступления загрязнений в прибрежные воды залива. В пробе морской воды, отобранной в районе Керчи (пляж «Черепашка», ст. 13), численность ГБ составляла  $2.5 \cdot 10^4$  кл.·мл<sup>-1</sup>, количественные показатели остальных эколого-трофических групп бактерий колебались в диапазоне 4.0–250 кл.·мл<sup>-1</sup> (табл. 2).

За весь период наблюдений микробное сообщество развивалось при широком диапазоне температуры воды: от 8.6 до 32.9 °С (см. рис. 2), при этом корреляции между численностью исследуемых групп бактерий и температурой не выявлено. Диапазон рН пресной днепровской воды (табл. 3), поступившей в русло СКК, колебался от 6.0 до 8.5, наибольший показатель рН определен в марте 2022 г., когда вода вновь стала поступать в канал после разрушения дамбы. Дальнейшие наблюдения показали, что полученные значения рН днепровской воды в целом соответствуют диапазону его значений, отмечаемому

Таблица 2. Температура воды, значения водородного показателя (рН), ОВП и количественные показатели микробиоты в поверхностном слое воды прибрежной акватории Каркинитского залива (ст. 12) и акватории пляжа в Керчи (ст. 13)

Table 2. Water temperature, values of the hydrogen index (pH), redox potential (Eh) and quantitative indicators of the microbiota in the surface water layer of the coastal water area of the Karkinit Bay (station 12) and the beach waters in Kerch (station 13)

Дата отбора / Sampling date	Номер станции / Station number	T, °C	рН	ОВП, мВ / Eh, mV	Численность, кл.·мл <sup>-1</sup> / Abundance, cells·mL <sup>-1</sup>			
					ГБ / НВ	ЛЛБ / LLB	УОБ / НОВ	ФОБ / РОВ
16.05.2023	12	21.1	8.1	+174	9.5·10 <sup>4</sup>	> 2.5·10 <sup>4</sup>	9.5·10 <sup>2</sup>	4.5·10 <sup>2</sup>
19.10.2023	13	17.0	8.0	+180	2.5·10 <sup>4</sup>	2.5·10 <sup>2</sup>	45.0	4.0
10.06.2024	12	31.6	8.5	+145	1.5·10 <sup>6</sup>	1.5·10 <sup>2</sup>	5.0	1.0

в Каховском водохранилище<sup>1)</sup>. Измеренные показатели рН водной среды исследуемых объектов находились в пределах диапазона нормативных значений этого показателя (6.5–8.5),

Таблица 3. Значения водородного показателя рН и ОВП воды на исследуемых станциях

Table 3. Values of the hydrogen index pH and redox potential Eh of water at the studied stations

Дата отбора / Sampling date	Номер станции / Station number	рН	ОВП, мВ / Eh, mV
15.03.2022	1	8.5	+171
27.04.2022	2	6.3	+210
01.03.2023	3	6.2	+168
02.06.2023	3	6.9	+150
05.04.2024	3	6.5	+220
10.06.2024	3	6.5	+158
16.05.2023	4	6.5	+215
08.06.2023	5	6.5	+177
19.10.2023	6	7.0	+170
24.06.2024	6	6.5	+426
19.10.2023	7	6.0	+153
13.04.2024	8	6.5	+143
26.04.2024	9	6.5	+172
16.05.2024	10	6.5	+120
16.05.2024	11	6.0	+134
24.06.2024	11	6.0	+356

принятого в РФ для объектов рыбохозяйственного значения<sup>8)</sup>. Достоверная зависимость между показателями рН воды и численностью наблюдаемых микроорганизмов не выявлена.

Значения ОВП варьировали в диапазоне от +120 до +426 мВ (табл. 3), что является показателем окислительной обстановки, характеризующейся присутствием свободного кислорода, которая, в свою очередь, характерна для поверхностных вод и благоприятна для развития исследуемых групп микроорганизмов. При этом достоверные корреляционные связи между численностью бактерий и показателем ОВП не выявлены. Следует отметить, что на формирование рН и ОВП водной среды в Северо-Крымском канале могли влиять такие факторы, как поступление различных веществ в русло канала в результате разрушения дамбы,

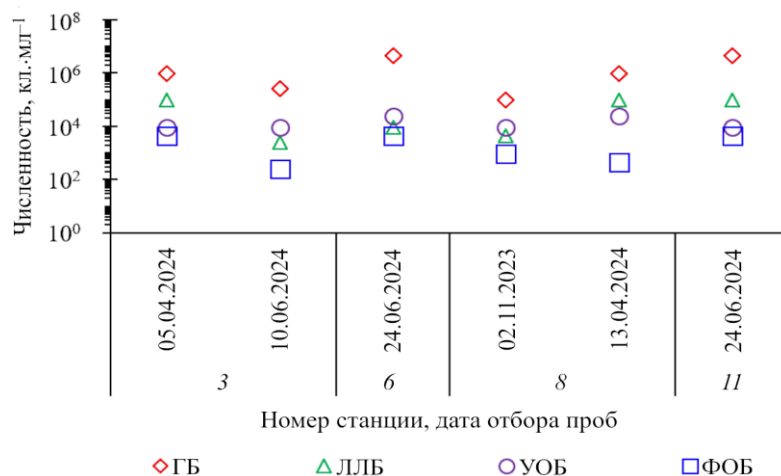


Рис. 4. Численность бактерий в донных отложениях Северо-Крымского канала за исследуемый период

Fig. 4. Bacterial abundance in the bottom sediments of the North Crimean Canal during the study period

поверхностный сток вод с сельскохозяйственных угодий, изменение скорости течения и температуры воды в русле канала.

Количественные показатели бактерий в донных отложениях СКК варьировали в следующих пределах: ГБ – от  $9.5 \cdot 10^4$  до  $4.5 \cdot 10^6$  кл.·г<sup>-1</sup>, УОБ – от  $9.5 \cdot 10^3$  до  $2.5 \cdot 10^4$  кл.·г<sup>-1</sup>, ЛЛБ – от  $2.5 \cdot 10^3$  до  $9.5 \cdot 10^4$  кл.·г<sup>-1</sup>, ФОБ – от  $2.5 \cdot 10^2$  до  $4.5 \cdot 10^3$  кл.·г<sup>-1</sup> (рис. 4). Численность бактерий во всех пробах донных отложений превышала этот показатель в пробах воды.

### Заклучение

Проведенные микробиологические исследования отдельных участков акватории магистрального русла СКК, начатые сразу после запуска основного потока воды в 2022 г. и продолжающиеся по июнь 2024 г., показали, что воды канала, согласно численности ГБ, относились к мезосапробным водам. В 85 % проб этот показатель варьировал в диапазоне  $10^3$ – $10^5$  кл/мл<sup>-1</sup>. Численность ГБ и высокое содержание кислорода указывают на свежее загрязнение вод канала легкоразлагаемым органическим веществом. Индикаторные группы бактерий в воде и донных отложениях выявлены повсеместно, что свидетельствует о процессах самоочищения исследуемой акватории от загрязнений соответствующими поллютантами. Анализ полученных количественных характеристик УОБ показал, что поверхностные воды СКК не подвержены хроническому загрязнению нефтепродуктами. Доля УОБ в составе ГБ не превышала 2 %. Количественные показатели УОБ и ФОБ в водах СКК изменялись от  $10$  до  $2.5 \cdot 10^3$  кл.·мл<sup>-1</sup>, численность ЛЛБ колебалась от  $10$  до  $4.5 \cdot 10^4$  кл.·мл<sup>-1</sup>. Выявлена положительная корреляция между УОБ и ЛЛБ ( $R = 0.73$ ;  $n = 19$ ;  $\alpha < 0.05$ ) и между ГБ и ФОБ ( $R = 0.66$ ;  $n = 16$ ;  $\alpha < 0.05$ ). Достоверная зависимость между численностью наблюдаемых микроорганизмов и значениями таких показателей, как температура, ОВП и рН воды, не выявлена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шароварина Е. С. Влияние Северо-Крымского канала на экологию // Книга. Культура. Образование. Инновации «КРЫМ-2018». Материалы Четвертого Международного профессионального форума, 16–24 июня 2018, Судак. Москва : ГПНТБ России, 2018. С. 353–359. EDN ВМКВТІ.
2. Байдакова Е. В., Кривоускова В. Н., Дунаев А. И. Проблемы возобновления работы и эксплуатации Северо-Крымского канала // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 5. С. 68–72. EDN RRZBOY. <https://doi.org/10.52691/2500-2651-2022-93-5-68-72>
3. Мирзоева Н. Ю., Соловьёва О. В., Дорошенко Ю. В., Тихонова Е. А. и др. Оценка качества воды и донных отложений Северо-Крымского канала перед запуском основного потока воды по содержанию углеводородов и некоторым микробиологическим показателям (весна 2022 г., полуостров Крым) // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2023. № 4. С. 118–125. EDN GFFQBY. <https://doi.org/10.18522/1026-2237-2023-4-118-125>
4. Кондратьева Л. М., Фишер Н. К., Бердников Н. В. Микробиологическая оценка качества воды в реках Амур и Сунгари после техногенной аварии в Китае // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 5. С. 575–587. EDN KWIMIT.
5. Миронов О. Г. Биологические проблемы нефтяного загрязнения морей // Гидробиологический журнал. 2000. Т. 35, № 1. С. 82–96.
6. Pandolfo E., Caracciolo A. B., Rolando L. Recent advances in bacterial degradation of hydrocarbons // Water. 2023. Vol. 15, iss. 2. 375. <https://doi.org/10.3390/w15020375>
7. Ермакова Е. П., Гаврилова Е. И. Многолетняя динамика некоторых микробиологических показателей морских вод м. Шесхарис Новороссийской бухты // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2004. № 2. С. 85–88. EDN HRMXEB.
8. Колотова О. В., Соколова И. В., Владимцева И. В., Беленькова Т. В. и др. Выделение и изучение липидоокисляющих микроорганизмов – обитателей Северного Каспия // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20, № 6. С. 135–138. EDN YIXKJP.
9. Ворошилова А. А., Дианова Е. В. Окисляющие нефть бактерии – показатели интенсивности биологического окисления нефти в природных условиях // Микробиология. 1952. Т. 21, № 4. С. 408–415.
10. Ермолаев К. К., Миронов О. Г. Роль фенолразрушающих микроорганизмов в процессе деструкции фенола в Черном море // Микробиология. 1975. Т. 44, № 5. С. 928–932. EDN KWMELJ.
11. Соколова И. В., Колотова О. В., Владимцева И. В., Водовский Н. Б. и др. Исследование фенолоокисляющих бактериальных штаммов, выделенных из акватории Северного Каспия // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20, № 10. С. 119–123. EDN YPCKAD.
12. Теканова Е. В., Макарова Е. М., Калинин Н. М. Оценка состояния воды притоков Онежского озера в условиях антропогенного воздействия по микробиологическим и токсикологическим показателям // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2015. № 9. С. 44–52. EDN UMMFVT. <https://doi.org/10.17076/lim35>
13. Soloveva O. V., Tikhonova E. A., Mirzoeva N. Y. Features of the spatial and seasonal distribution of hydrocarbons in water of the North Crimean Canal, Crimea // Acta Geochimica. 2025. Vol. 44, iss. 2. P. 247–259. <https://doi.org/10.1007/s11631-024-00719-w>

14. Рубцова С. И., Тихонова Е. А., Бурдиян Н. В., Дорошенко Ю. В. Оценка экологического состояния севастопольских бухт Черного моря по основным химическим и микробиологическим критериям // Морской экологический журнал. 2013. Т. 12, № 2. С. 38–50. EDN SZIOWR.

Поступила 06.08.2025 г.; одобрена после рецензирования 25.11.2025 г.; принята к публикации 19.03.2026 г.; опубликована 30.06.2026 г.

*Об авторах:*

**Бурдиян Наталия Витальевна**, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0001-8030-1556**, **Scopus Author ID: 57208497483**, **ResearcherID: AAD-1704-2022**, **SPIN-код: 5663-1151**, [burdiyan\\_nv@ibss-ras.ru](mailto:burdiyan_nv@ibss-ras.ru)

**Дорошенко Юлия Валерьевна**, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0003-0498-3369**, **Scopus Author ID: 57211643141**, **ResearcherID: AAD-1706-2022**, **SPIN-код: 3643-9300**, [doroshenko\\_yuv@ibss-ras.ru](mailto:doroshenko_yuv@ibss-ras.ru)

**Мирзоева Наталья Юрьевна**, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0002-8538-2436**, **Scopus Author ID: 55623414000**, **ResearcherID: Q-9393-2016**, **SPIN-код: 8874-6381**, [mirzoyevanyu@ibss-ras.ru](mailto:mirzoyevanyu@ibss-ras.ru)

**Гусева Елена Владимировна**, младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), **Scopus Author ID: 57208488324**, **SPIN-код: 9270-4789**, [guseva\\_ev@ibss-ras.ru](mailto:guseva_ev@ibss-ras.ru)

**Соловьёва Ольга Викторовна**, ведущий научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН» (299011, Россия, г. Севастополь, пр. Нахимова, д. 2), кандидат биологических наук, **ORCID ID: 0000-0002-1283-4593**, **Scopus Author ID: 57208499211**, **ResearcherID: X-4793-2019**, **SPIN-код: 3114-7955**, [soloviova@ibss-ras.ru](mailto:soloviova@ibss-ras.ru)

*Заявленный вклад авторов:*

**Бурдиян Наталия Витальевна** – постановка задач микробиологического исследования, анализ полученных результатов по микробиологическому исследованию, обсуждение результатов, написание статьи, микробиологические работы по определению численности индикаторных групп бактерий

**Дорошенко Юлия Валерьевна** – анализ полученных результатов по микробиологическому исследованию, обсуждение результатов, написание статьи, микробиологические работы по определению численности индикаторных групп бактерий

**Мирзоева Наталья Юрьевна** – постановка целей и задач микробиологического и гидрохимического исследования

**Гусева Елена Владимировна** – подготовка литературного обзора, построение графического материала

**Соловьёва Ольга Викторовна** – постановка полевых задач исследования, отбор проб воды и донных отложений, измерение гидрологических показателей

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*