

Научная статья
УДК 597. 68(262.81)
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-31-38>

Состояние бактериопланктона Северного Каспия в современных условиях

С. А. Дьякова^{1✉}, О. Б. Сопрунова², Е. Р. Галютдинова³, А. В. Менькова⁴, Д. Г. Баубекова⁵,
В. В. Проскурина⁶, Е. Г. Лардыгина⁷, Ю. В. Галкина⁸, Л. В. Дегтярева⁹, С. П. Чехомов¹⁰

^{1,3-8,10} Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института
рыбного хозяйства и океанографии,
Астрахань, Россия, djakova.s.a@gmail.com✉

² Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия

⁹ Каспийский морской научно-исследовательский центр,
Астрахань, Россия

Аннотация. По результатам микробиологического мониторинга Северного Каспия установлено, что за период исследований (2013–2018 гг.) среднегодовое значение общей численности бактерий (ОЧБ) составляло 1,35 млн кл./мл. Максимальное значение ОЧБ (1,46 млн кл./мл) отмечено в 2013 г., минимальное (1,19 млн кл./мл) – в 2014 г. Концентрация сапротрофных бактерий в воде Северного Каспия в период исследований варьировала от 50,94 тыс. КОЕ/мл в 2013 г. до 1,66 тыс. КОЕ/мл в 2014 г. В период с 2014 по 2018 гг. концентрация сапротрофных бактерий практически не изменялась. Значения соотношения общей численности микроорганизмов и сапротрофных бактерий говорят об эвтрофировании вод Северного Каспия в 2013 и 2016 гг., в остальные периоды качество вод соответствовало показателям олиготрофного водоема. Максимум численности нефтеокисляющих бактерий (НОБ) (8,28 тыс. КОЕ/мл) в водах Северного Каспия отмечен в 2013 г., минимум (0,21 тыс. КОЕ/мл) – в 2014 г. Начиная с 2015 г. регистрировали рост численности НОБ и ее стабилизацию до конца периода исследований. Соотношение НОБ и сапротрофов в воде варьировало от 16,47 до 52,47 %. Анализ микробиологических и гидролого-гидрохимических показателей выявил положительные корреляции ОЧБ и годового стока ($r = + 0,77$), ОЧБ и содержания минеральных форм азота ($r = + 0,60$), численности сапротрофных бактерий и азота ($r = + 0,83$), количества НОБ и минерального азота и кремния ($r = + 0,81$). В многолетнем аспекте регистрировали улучшение микробиологической обстановки на фоне повышения общей численности бактериопланктона с одновременным снижением количества сапротрофных и нефтеокисляющих бактерий.

Ключевые слова: бактериопланктон, общая численность бактерий, сапротрофные бактерии, нефтеокисляющие бактерии, биогенные вещества, Северный Каспий

Для цитирования: Дьякова С. А., Сопрунова О. Б., Галютдинова Е. Р., Менькова А. В., Баубекова Д. Г., Проскурина В. В., Лардыгина Е. Г., Галкина Ю. В., Дегтярева Л. В., Чехомов С. П. Состояние бактериопланктона Северного Каспия в современных условиях // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 4. С. 31–38. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-31-38>.

Original article

Current state of bacterioplankton in Northern Caspian

S. A. Dyakova^{1✉}, O. B. Soprunova², E. R. Galyautdinova³, A. V. Men'kova⁴, D. G. Baubekova⁵,
V. V. Proskurina⁶, E. G. Lardygina⁷, Yu. V. Galkina⁸, L. V. Degtyareva⁹, S. P. Chekhomov¹⁰

^{1,3-8,10} Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Astrakhan, Russia, djakova.s.a@gmail.com✉

² Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia

⁹ Caspian Marine Scientific Research Center, Astrakhan, Russia

Abstract. Microbiological monitoring of the Northern Caspian proved that for the research period in 2013–2018 the average annual value of the total number of bacteria (TBN) was 1.35 million cells/ml. The TBN maximum value (1.46 million cells/ml) was recorded in 2013, the minimum (1.19 million cells/ml) - in 2014. Concentration of saprotrophic bacteria in the waters of the Northern Caspian during the research period varied from 50.94 thousand CFU/ml in 2013 to 1.66 thousand CFU/ml in 2014. The concentration of saprotrophic bacteria remained practically unchanged

within 2014-2018. The values of the ratio of the total abundance of microorganisms and saprotrophic bacteria show the eutrophication of the waters of the North Caspian in 2013 and in 2016, in other periods the water quality corresponded to the readings of an oligotrophic reservoir. The maximum number of oil-oxidizing bacteria (OOB) (8.28 thousand CFU/ml) in the waters of the Northern Caspian was recorded in 2013, the minimum (0.21 thousand CFU/ml) - in 2014. Starting from 2015 there was recorded an increasing number of OOBs and its stabilization until the end of the research period. The ratio of NOB and saprotrophs in water varied from 16.47 to 52.47%. Analysis of microbiological and hydrological-hydrochemical indicators revealed positive correlations of TBN and annual runoff ($r = + 0.77$), TBN and the content of mineral forms of nitrogen ($r = + 0.60$), the number of saprotrophic bacteria and nitrogen ($r = + 0.83$), the amount of NOB and mineral nitrogen and silicon ($r = + 0.81$). In the long-term aspect, an improvement in the microbiological situation was recorded against the background of a growing total number of bacterioplankton under a simultaneous decrease in the number of saprotrophic and oil-oxidizing bacteria.

Keywords: bacterioplankton, total number of bacteria, saprotrophic bacteria, oil-oxidizing bacteria, biogenic substances, the North Caspian

For citation: Dyakova S. A., Soprunova O. B., Galyautdinova E. R., Menkova A. V., Baubekova D. G., Proskurina V. V., Lardygina E. G., Galkina Yu. V., Degtyareva L. V., Chekhomov S. V. Current state of bacterioplankton in Northern Caspian. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;4:31-38. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2021-4-31-38>.

Введение

Каспийское море – самый крупный водоем морского типа, не имеющий связи с Мировым океаном. Являясь бассейном преимущественно рыбохозяйственного значения, Каспий располагает не только богатым запасом рыбных ресурсов, но и наличием важных транспортных водных путей, промышленных объектов, а также значительными разведанными и депонированными запасами углеводородного сырья.

По морфологическому строению и физико-географическим особенностям море делят на три части: Северный, Средний и Южный Каспий [1]. Особую значимость имеет северная часть Каспийского моря, где происходит нагул промысловых видов проходных и полупроходных рыб, а также сосредоточены запасы углеводородного сырья [2]. В то же время Северный Каспий имеет большое хозяйственное значение (добыча и транспортировка нефти, судоходство и т. д.). Северная часть Каспийского моря занимает около четверти всей акватории, при этом ввиду мелководности Северного Каспия (глубина не превышает 10 м) объем содержащихся в нем водных масс составляет 0,6 % общего объема Каспия [3]. Активное освоение ресурсов Северного Каспия вызывает необходимость всестороннего мониторинга состояния акватории уникального водоема [4]. Одним из наиболее важных направлений являются ежегодные исследования морской микробиоты [5].

Микробным сообществам принадлежит ведущая роль в круговороте всех биогенных элементов и процессах самоочищения водоема от различного рода загрязняющих веществ [6]. За счет деструкционной деятельности бактерий в морских экосистемах утилизируется 40–80 % органического углерода, создаваемого первичными продуцентами [7]. Гетеротрофные бактерии способны разлагать большинство антропогенных поллютантов. Кроме того, бактерии обладают способностью мгновенно реагировать на любые изменения в окружающей

среде, возникающие под влиянием антропогенных факторов [8]. В связи с вышеперечисленным особую актуальность приобретает ежегодный мониторинг общей численности бактерий, численности нефтеокисляющего и сапротрофного бактериопланктона, что позволяет оценить адаптивность экосистемы к антропогенной нагрузке.

Материалы и методы исследований

В рамках микробиологического мониторинга Северного Каспия изучали общую численность бактерий (ОЧБ), количество сапротрофного и нефтеокисляющего бактериопланктона, а также соотношение этих групп микроорганизмов в летне-осенние периоды 2013–2018 гг.

Всего для микробиологических и гидрохимических исследований было собрано и обработано более 300 проб воды и проведено более 2 000 анализов. Для определения сапротрофных микроорганизмов исследуемый объект высевали на питательный агар, для определения нефтеокисляющих бактерий – на среду Теппер с добавлением 1 % сырой нефти в качестве единственного источника углерода [9]. Общую численность бактерий в воде определяли методом прямого микроскопирования мембранных фильтров [9]. Содержание биогенных элементов в воде определяли фотометрическим методом с помощью спектрофотометра КФК-3КМ [10].

Результаты исследований и обсуждение

Общая численность бактерий (ОЧБ) в водах Северного Каспия в период исследований (2013–2018 гг.) изменялась в широких пределах (0,29–2,70 млн кл./мл), при этом с увеличением глубины Северного Каспия показатели ОЧБ снижались, минимальные значения ежегодно регистрировали в районе Мангышлакского порога. За период исследований 2013–2018 гг. среднегодовое значение общей численности бактерий составляло 1,35 млн кл./мл (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Средняя численность бактериопланктона в Северном Каспии
в летне-осенний период 2013–2018 гг.

Average number of bacterioplankton in the North Caspian Sea
in summer-autumn period in 2013-2018

Показатель	Год исследований						Среднегодовое значение
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Общая численность бактерий, млн кл./мл	1,46	1,33	1,19	1,38	1,34	1,38	1,35
Сапрофитные бактерии, тыс. КОЕ/мл	50,94	1,66	1,67	7,44	2,01	1,29	10,83
Нефтеокисляющие бактерии, тыс. КОЕ/мл	8,28	0,21	0,63	1,28	0,53	0,36	1,88

Максимальное значение ОЧБ (1,46 млн кл./мл) отмечено в 2013 г. В 2014 г. концентрация ОЧБ падала, достигая минимального значения в 2015 г. (1,19 млн кл./мл). В 2016 г. регистрировали увеличение показателя ОЧБ (до 1,38 млн кл./мл) и его стабилизацию на этом уровне до конца периода исследований.

В Северном Каспии ОЧБ на протяжении всего периода исследований не претерпевала серьезных изменений и в среднем находилась в пределах 1,19–1,46 млн кл./мл. Согласно литературным данным [11], в начале XXI в. средние показатели ОЧБ в районе исследований отмечались на уровне 0,87–1,35 млн кл./мл. Сравнительный анализ показал, что несмотря на сохранившуюся тенденцию к уменьшению ОЧБ с увеличением глубины моря в период исследований произошло увеличение численности бактериопланктона. Рост ОЧБ мог быть обусловлен как изменением гидрологических и гидрохимических параметров Северного Каспия, так и увеличением антропогенного воздействия, в том числе в результате активного освоения нефтегазовых месторождений.

Концентрация сапротрофов в водах Северного Каспия в период исследований варьировала от 0,20 до 210,00 тыс. КОЕ/мл, при этом количество сапротрофов снижалось по мере увеличения глубины акватории. Максимум численности сапротрофных бактерий (50,94 тыс. кл./мл) отмечен в 2013 г. В 2014 г. регистрировали снижение концентрации сапротрофов в 30 раз, до 1,66 тыс. КОЕ/мл. В период с 2014 по 2018 гг. концентрация сапротрофов варьировала незначительно, за исключением лета 2016 г., когда регистрировали повышение численности сапротрофного бактериопланктона до 7,44 тыс. КОЕ/мл.

В Северном Каспии высокие показатели концентрации сапротрофов отмечены только в 2013 г. Начиная с 2014 г. и до конца периода исследований количество гетеротрофного бактериопланктона существенно сократилось, резких колебаний численности сапротрофов не зарегистрировано. Численность гетеротрофных бактерий в Северном Каспии во многом зависела не только от гидрохимических

и биотических факторов, но и от стока р. Волги. Так, 2013 г. был наиболее многоводным, что оказало влияние на концентрацию гетеротрофного бактериопланктона в северной части Каспийского моря. При этом снижение численности гетеротрофного бактериопланктона на порядок в 2014 г. и ее стабилизация на уровне 2,81 тыс. КОЕ/мл свидетельствовало не только об активных процессах самоочищения морской среды, но и о стабилизации микробиологической обстановки в Северном Каспии.

Согласно литературным данным [12], в начале XXI в. средняя численность сапротрофов составляла 8,85 тыс. КОЕ/мл. В период 2013–2018 гг. концентрация сапротрофных бактерий составила 10,83 тыс. КОЕ/мл, однако следует учитывать значительное влияние на среднегодовую численность сапротрофов данных 2013 г., когда отмечены максимальные значения (см. табл. 1). В период 2014–2018 гг. среднегодовая концентрация сапротрофов в воде составляла 2,81 тыс. КОЕ/мл, что значительно ниже по сравнению с данными начала века. Снижение количества сапротрофов в воде на фоне повышения общей численности бактериопланктона может косвенно указывать на адаптацию бактериоценоза к увеличению антропогенной нагрузки на фоне расширения сфер хозяйственного использования Северного Каспия. Данная динамика изменения численности сапротрофов и бактериопланктона положительно влияет на микробиологическую обстановку в Северном Каспии, поскольку высокая доля сапротрофных бактерий в общем бактериопланктоне не только представляет потенциальную угрозу эпизоотическому состоянию гидробионтов ввиду широкого распространения среди сапротрофов условно-патогенных бактерий, но и указывает на свежее бактериальное загрязнение акватории и неспособность бактериоценоза к самоочищению от аллохтонных компонентов.

Помимо численности общего бактериопланктона (ОЧБ) и сапротрофных бактерий определяли соотношение данных групп микроорганизмов, выраженное в виде коэффициента К, которое показывает степень эвтрофирования водоема (рис. 1).

Дьякова С. А., Сопрунова О. Б., Галиудлинова Е. Р., Менькова А. В., Баубекова Д. Г., Проскурина В. В., Лардыгина Е. Г., Галкина Ю. В., Дегтярева Л. В., Чехомов С. П. Состояние бактериопланктона Северного Каспия в современных условиях

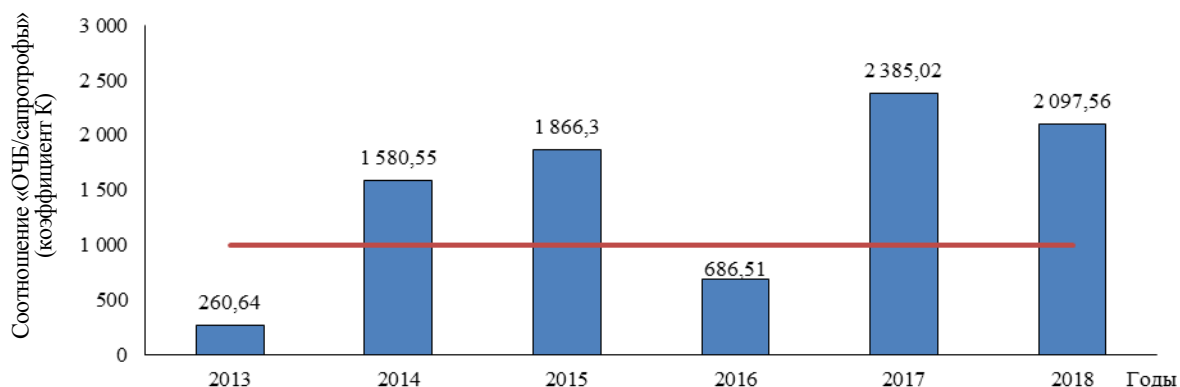


Рис. 1. Соотношение общей численности бактерий (ОЧБ) и сапротрофных бактерий в Северном Каспии

Fig. 1. Ratio of total bacteria (TBN) and saprotrophic bacteria in the North Caspian

Так, согласно [13], если коэффициент К ниже 1 000, вода относится к категории «загрязненная», если коэффициент К превышает 1 000, вода относится к категории «чистая». Эвтрофирование Северного Каспия отмечено в 2013 и 2016 гг., когда регистрировали повышение доли сапротрофных бактерий в ОЧБ. В остальные периоды соотношение ОЧБ и сапротрофов соответствовало олиготрофному водоему. Во временном аспекте, по сравнению с данными начала XXI в., когда соотношение ОЧБ/сапротрофы составляло 132,20, среднегодовое значение коэффициента в период исследований увеличилось до 1 479,43, что указывало на улучшение микробиологической обстановки на акватории Северного Каспия за счет уменьшения загрязнения и эвтрофирования вод.

Еще одной важной группой гетеротрофного бактериопланктона являются нефтеокисляющие бактерии (НОБ). Численность НОБ в водах Северного Каспия уступала сапротрофам на протяжении всего периода исследований. Концентрация НОБ в период исследований варьировала от 0,05 до 32,00 тыс. КОЕ/мл. Максимальная средняя

численность НОБ зарегистрирована в 2013 г. В 2014 г. концентрация НОБ снизилась в 40 раз до минимального значения (0,21 тыс. КОЕ/мл). Начиная с 2015 г. численность НОБ несколько возросла и не претерпевала значительных изменений до конца периода исследований.

Аналогично сапротрофному бактериопланктону в период исследований регистрировали снижение концентрации нефтедеструкторов (1,88 тыс. КОЕ/мл) по сравнению с данными начала XXI в. (5,98 тыс. КОЕ/мл) [12], что вполне закономерно, учитывая тесную связь двух групп бактериопланктона.

Кроме численности НОБ важными дополнительными показателями адаптивности микробиоты к загрязнению нефтяными углеводородами является соотношение численности НОБ и сапротрофов, выраженное в виде коэффициента $K_{\text{н}}$. Считается, что чем выше соотношение НОБ к сапротрофам, тем выше степень адаптивности бактериоценоза к нефтяным углеводородам [14]. На обследованной акватории соотношение НОБ и сапротрофов в воде изменялось от 16,47 до 52,47 % (рис. 2).

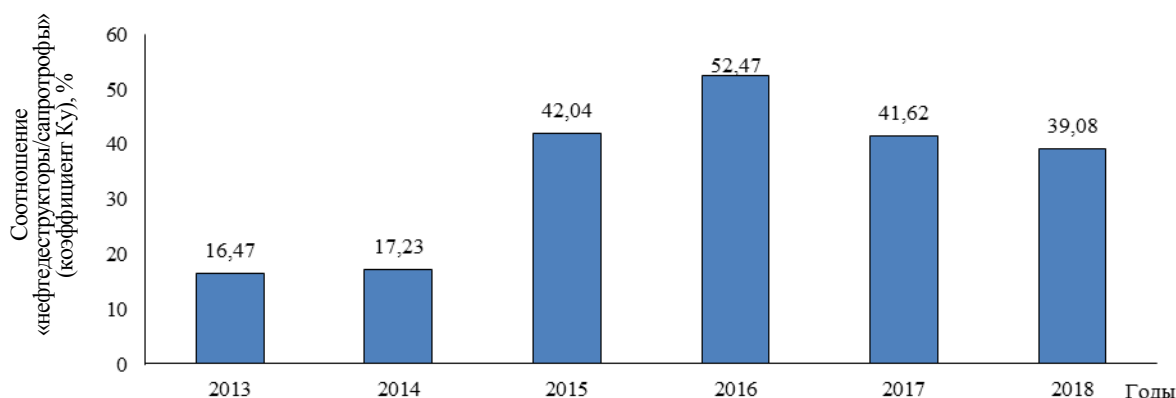


Рис. 2. Соотношение сапротрофных и нефтеокисляющих бактерий в Северном Каспии

Fig. 2. The ratio of saprotrophic and oil-oxidizing bacteria in the North Caspian

Минимальное соотношение численности НОБ к сапротрофам (16,47 %) регистрировали в 2013 г., в период, когда численность обеих групп была максимальной. Начиная с 2014 г. регистрировали устойчивое увеличение доли нефтеструктуров в гетеротрофном бактериопланктоне вплоть до 2016 г., когда отмечен максимум (52,47 %). В дальнейшем соотношение нефтеструктуров и сапротрофов не опускалось ниже 39 %. Следует отметить, что во временном аспекте соотношение нефтеструктуров и сапротрофов в воде Северного Каспия сократилось почти в 2 раза, с 67 %, по данным начала XXI в. [12], до 37 % в период 2013–2018 гг. Такая трансформация гетеротрофного бактериопланктона носит двойственный характер. С одной стороны, высокая доля НОБ относительно сапротрофов может указывать на преобладание углеводов в спектре питания бактерий и, как следствие, наличие нефтяного загрязнения акватории. С другой стороны, снижение доли

нефтеструктуров может сказаться на процессах самоочищения морской среды от нефтяных углеводородов. Однако несмотря на снижение доли нефтеструктуров в гетеротрофном бактериопланктоне их соотношение по-прежнему находится на достаточно высоком уровне, поскольку, согласно литературным данным [14], в олиготрофных водоемах, не подверженных нефтяному загрязнению, доля нефтеструктуров не превышает 1–5 %.

Среднегодовая динамика ОЧБ, сапротрофных и НОБ в водах Северного Каспия во многом зависела от водности и содержания биогенных веществ, в то время как температурный режим Северного Каспия не оказывал существенного влияния на бактериопланктон, поскольку средняя температура в летне-осенние периоды 21,94–24,55 °С соответствовала оптимуму развития большинства бактерий (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Гидрологические и гидрохимические показатели в воде Северного Каспия в летне-осенний период 2013–2018 гг.

Hydrological and hydrochemical indicators in the water of the North Caspian in the summer-autumn period in 2013-2018

Показатель	Год исследований						Среднегодовое значение
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Годовой сток, км ³	271,30	223,30	198,50	265,00	287,90	269,40	252,57
Температура, °С	23,45	21,97	24,55	24,50	23,62	22,30	23,40
Содержание фосфора, мкг/л	22,50	17,50	23,00	35,00	27,00	32,00	26,17
Содержание кремния, мкг/л	962,50	625,00	683,50	1 120,00	156,00	373,00	653,33
Содержание минерального азота, мкг/л	121,50	86,50	46,50	76,00	59,00	36,00	70,92

На развитие ОЧБ в большей степени оказывали влияние годовой сток Волги ($r = +0,77$) и содержание в воде минерального азота ($r = +0,60$). Влияние волжских вод на бактериоценоз Северного Каспия происходило не только в сфере обеспечения бактериопланктона биогенными и питательными веществами, но и с привнесением аллохтонной микробиоты, которую наряду с индигенными бактериями регистрировали в составе ОЧБ. Биогенные вещества, основным источником которых являлись волжские воды [3], также лимитировали развитие бактериопланктона, при этом наибольшее влияние оказывало наличие минерального азота, что подтверждалось высокой корреляционной связью ($r = +0,60$). При этом влияние концентрации минерального фосфора и кремния на ОЧБ не отмечено ($r = +0,25$ и $r = +0,24$ соответственно).

Концентрация сапротрофных бактерий в Северном Каспии значительно меньше зависела от годового стока р. Волги ($r = +0,38$). При этом значимая положительная корреляция численности сапротро-

фов обнаружена только с азотом ($r = +0,83$), более слабая – с кремнием ($r = +0,50$). Количество НОБ тесно коррелировало с содержанием в воде минерального азота и кремния ($r = +0,81$). Зависимость бактериопланктона от волжского стока и содержания минерального азота вполне закономерны, поскольку именно источник азота является для бактерий лимитирующим элементом, а волжский сток является основным источником биогенов в водах Северного Каспия.

Заключение

Таким образом, сезонная динамика численности бактериопланктона Северного Каспия в период с 2013 по 2018 гг. во многом зависела от абиотических факторов, в частности уровня половодья и содержания биогенных веществ. Максимум численности всех групп бактериопланктона приходился на 2013 г., однако уже в 2014 г. регистрировали значительное снижение концентрации сапротрофных и нефтеокисляющих бактерий, что указывало

на перестройку бактериального сообщества Северного Каспия. В последующие годы количество данных групп бактерий варьировало незначительно, что свидетельствовало о стабилизации бактериоценоза. Следует отметить, что, в отличие от гетеротрофных групп бактериопланктона (сапротрофы и нефтедеструкторы), общая численность бактерий в водах Северного Каспия в период исследований варьировала в более узких пределах. Повышение численности сапротрофов в 2013 и 2016 гг. на фоне минимальных изменений ОЧБ свидетельствовало об эвтрофировании водоема в данные годы, в том числе на фоне многоводия. Вместе с тем снижение доли сапротрофных бактерий в общей численности бакте-

риопланктона, зарегистрированное в 2014–2015 гг. и 2017–2018 гг., указывало на высокую адаптивность бактериоценоза Северного Каспия и выраженную способность к самоочищению, что также подтверждалось постепенным увеличением доли нефтеокисляющих бактерий среди общей массы гетеротрофов. В многолетнем аспекте, по сравнению с данными, полученными в начале XXI в., регистрировали улучшение микробиологической обстановки на фоне повышения общей численности бактериопланктона с одновременным снижением количества сапротрофных и нефтеокисляющих бактерий, что свидетельствовало о снижении эвтрофикации вод Северного Каспия в период 2013–2018 гг..

Список источников

1. Кнплович Н. М. Гидрологические исследования в Каспийском море в 1914–1915 г. Пг.: Первая Государственная типография, 1921. XXVIII, 943 с.
2. Карыгина Н. В., Проскурина В. В., Лардыгина Е. Г., Дегтярева Л. В., Кравченко Е. А., Головатых Н. Н., Галлей Е. В., Дьякова С. А., Шокашева Д. И. Абиотические и биотические факторы, формирующие условия обитания биоресурсов Каспийского моря // Сохранение биологических ресурсов Каспия: материалы и докл. Междунар. науч.-практ. конф. (Астрахань, 18-19 сентября 2014 г.). Астрахань: Изд-во АГТУ, 2014. С. 210–214.
3. Катунин Д. Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте р. Волги. Астрахань: Изд-во ФГУП «КаспНИРХ», 2014. 478 с.
4. Монахова Г. А., Абдурахманов Г. М., Мурзаканова Л. З. Экологические особенности районов Каспийского моря с различным правовым и хозяйственным режимом // Юг России: экология, развитие. 2009. № 3. С. 85–90.
5. Колотова О. В., Соколова И. В., Владимцева И. В., Шмелева Е. О., Водовский Н. Б. Бактериальные сообщества пелагиали и донных отложений Северного Каспия в 2015–2016 гг. // Юг России: экология, развитие. 2017. № 4. С. 120–137.
6. Дьякова С. А., Галютдинова Е. Р., Лардыгина Е. Г. Современное состояние микрэкосистемы Северного Каспия // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2018. № 4. С. 30–38.

7. Ducklow H. The bacterial component of the oceanic euphotic zone // Microbiology Ecology. 1999. V. 30. Iss. 1. P. 1–10.
8. Москвина М. И., Илюшин Д. Г., Мошарова И. В., Ильинский В. В., Комарова Т. И. Микробиологические исследования в составе морских инженерно-экологических изысканий // Инженерные изыскания. 2015. № 12. С. 64–69.
9. Нетрусов А. И. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.
10. Сапожников В. В. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.
11. Рыбохозяйственные исследования на Каспии: результаты НИР за 2001. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2002. 630 с.
12. Куликова И. Ю. Микроорганизмы в процессе самоочищения шельфовых вод Северного Каспия от нефтяного загрязнения: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 24 с.
13. ГОСТ 17.1.2.04–77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. М.: Изд-во стандартов, 1978. 12 с.
14. Ильинский В. В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2000. 53 с.

References

1. Knipovich N. M. *Gidrologicheskie issledovaniia v Kaspiiskom more v 1914–1915 g.* [Hydrological research in Caspian Sea in 1914–1915]. Petrograd, Pervaiia Gosudarstvennaia tipografiia, 1921. XXVIII, 943 p.
2. Karygina N. V., Proskurina V. V., Lardygina E. G., Degtiareva L. V., Kravchenko E. A., Golovatykh N. N., Gallei E. V., D'iakova S. A., Shokasheva D. I. Abioticheskie i bioticheskie faktory, formiruiushchie usloviiia obitaniia bioresursov Kaspiiskogo moria [Abiotic and biotic factors forming habitat conditions for biological resources of Caspian Sea]. *Sokhranenie biologicheskikh resursov Kaspii: materialy i doklady Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Astrakhan', 18-19 sentiabria 2014 g.)*. Astrakhan', Izd-vo AGTU, 2014. Pp. 210-214.
3. Katunin D. N. *Gidroekologicheskie osnovy formirovaniia ekosistemnykh protsessov v Kaspiiskom more i del'te*

- r. Volgi [Hydroecological grounds of developing ecosystem processes in Caspian Sea and Volga Delta]. Astrakhan', Izd-vo FGUP «KaspNIRKh», 2014. 478 p.
4. Monakhova G. A., Abdurakhmanov G. M., Murzakanova L. Z. *Ekologicheskie osobennosti raionov Kaspiiskogo moria s razlichnym pravovym i khoziaistvennym rezhimom* [Ecological features of zones with different legal and economic regimes in Caspian Sea]. *Iug Rossii: ekologiia, razvitiie*, 2009, no. 3, pp. 85-90.
5. Kolotova O. V., Sokolova I. V., Vladimtseva I. V., Shmeleva E. O., Vodovskii N. B. *Bakterial'nye soobshchestva pelagialii i donnykh otlozhenii Severnogo Kaspiiia v 2015–2016 gg.* [Bacterial communities of pelagic and bottom sediments of Northern Caspian in 2015–2016.]. *Iug Rossii: ekologiia, razvitiie*, 2017, no. 4, pp. 120-137.

6. D'yakova S. A., Galiyautdinova E. R., Lardygina E. G. Sovremennoe sostoyanie mikroekosistemy Severnogo Kaspiia [Current state of microecosystem of Northern Caspian]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziazistvo*, 2018, no. 4, pp. 30-38.

7. Ducklow H. The bacterial component of the oceanic euphotic zone. *Microbiology Ecology*, 1999, vol. 30, iss. 1, pp. 1-10.

8. Moskvina M. I., Iliushin D. G., Mosharova I. V., Il'inskiy V. V., Komarova T. I. Mikrobiologicheskie issledovaniya v sostave morskikh inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniy [Microbiological research as part of marine engineering and environmental surveys]. *Inzhenernye izyskaniya*, 2015, no. 12, pp. 64-69.

9. Netrusov A. I. *Praktikum po mikrobiologii* [Workshop on microbiology]. Moscow, Akademiya Publ., 2005. 608 p.

10. Sapozhnikov V. V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu morskikh i presnykh vod pri ekologicheskoy monitoringe rybnokhoziazistvennykh vodoemov i perspektivnykh dlya promysla raionov Mirovogo okeana* [Guidelines for chemical analysis of sea and fresh waters in environmental

monitoring of fishery reservoirs and promising fishing areas in oceans]. Moscow, Izd-vo VNIRO, 2003. 202 p.

11. *Rybnokhoziazistvennye issledovaniya na Kaspii: rezul'taty NIR za 2001* [Fisheries research in Caspian: research results for 2001]. Astrakhan', Izd-vo KaspNIRKh, 2002. 630 p.

12. Kulikova I. Yu. *Mikroorganizmy v protsesse samoochishcheniya shel'fovyykh vod Severnogo Kaspiia ot nefiyanogo zagriazneniya. Avtoreferat dissertatsii ... kand. biol. nauk* [Microorganisms in self-cleaning of shelf waters of Northern Caspian from oil pollution. Diss. Abstr. ... Cand. Bio. Sci.]. Moscow, 2004. 24 p.

13. GOST 17.1.2.04-77. *Okhrana prirody. Gidrosfera. Pokazateli sostoyaniya i pravila taksatsii rybnokhoziazistvennykh vodnykh ob'ektov* [GOST 17.1.2.04-77. Protection of Nature. Hydrosphere. Status indicators and taxation rules for fishery water bodies]. Moscow, Izd-vo standartov, 1978. 12 p.

14. Il'inskiy V. V. *Geterotrofnyy bakterioplankton: ekologiya i rol' v protsessakh estestvennogo ochishcheniya sredy ot nefiyanogo zagriazneniya. Avtoreferat dissertatsii ... d-ra biol. nauk* [Heterotrophic bacterioplankton: ecology and role in natural cleaning of environment from oil pollution. Diss. Abstr. ... Dr. Biol. Sci.]. Moscow, 2000. 53 p.

Статья поступила в редакцию 09.11.2021; одобрена после рецензирования 22.11.2021; принята к публикации 29.11.2021
The article is submitted 09.11.2021; approved after reviewing 22.11.2021; accepted for publication 29.11.2021

Информация об авторах / Information about the authors

Светлана Александровна Дьякова – старший специалист лаборатории иктиопатологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; djakova.s.a@gmail.com

Ольга Борисовна Сопрунова – доктор биологических наук, профессор; заведующий кафедрой прикладной биологии и микробиологии; Астраханский государственный технический университет; Астрахань, ул. Татищева, 16; soprunova@mail.ru

Екатерина Рафаэлевна Галютдинова – старший специалист лаборатории иктиопатологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; ekaterina-grigor@rambler.ru

Анна Витальевна Менькова – ведущий специалист лаборатории иктиопатологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; ava-131@yandex.ru

Динара Гайдаровна Баубекова – старший специалист лаборатории иктиопатологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; suslig.zenia@mail.ru

Svetlana A. Dyakova – Senior Specialist of the Laboratory of Ichthyopathology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; djakova.s.a@gmail.com

Olga B. Soprunova – Doctor of Biology, Professor; Head of the Department of Applied Biology and Microbiology; Astrakhan State Technical university; Astrakhan, Tatishcheva street, 16; soprunova@mail.ru

Ekaterina R. Galyautdinova – Senior Specialist of the Laboratory of Ichthyopathology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; ekaterina-grigor@rambler.ru

Anna V. Menkova – Leading Specialist of the Laboratory of Ichthyopathology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; ava-131@yandex.ru

Dinara G. Baubekova – Senior Specialist of the Laboratory of Ichthyopathology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; suslig.zenia@mail.ru

Виктория Владимировна Проскурина – исполняющий обязанности заведующего лабораторией ихтиопатологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; vita-vp@yandex.ru

Елена Глебовна Лардыгина – старший специалист лаборатории водных проблем и токсикологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; lardygina68@mail.ru

Юлия Владимировна Галкина – старший специалист лаборатории водных проблем и токсикологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; galkinajuli@mail.ru

Лариса Вячеславна Дегтярева – кандидат биологических наук; ученый секретарь; Каспийский морской научно-исследовательский центр; Астрахань, ул. Ширяева, 14; dlgru@mail.ru

Сергей Павлович Чехомов – исполняющий обязанности заведующего лабораторией водных проблем и токсикологии; Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; Астрахань, ул. Савушкина, 1; astraserg82@mail.ru

Victoria V. Proskurina – Deputy Head of the Laboratory of Ichthyopathology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; vita-vp@yandex.ru

Elena G. Lardygina – Senior Specialist of the Laboratory of Water Problems and Toxicology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; lardygina68@mail.ru

Yuliya V. Galkina – Senior Specialist of the Laboratory of Water Problems and Toxicology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; galkinajuli@mail.ru

Larisa V. Degtyareva – Candidate of Biology; Scientific Secretary; Kaspian Marine Scientific Research Center; Astrakhan, Shiryayeva street, 14; dlgru@mail.ru

Sergey P. Chekhomov – Deputy Head of the Laboratory of Water Problems and Toxicology; Volga-Caspian branch of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography; Astrakhan, Savushkina street, 1; astraserg82@mail.ru

