

DOI 10.31029/vestdnc89/2

УДК 574.586

## ВЕСЕННИЙ ФИТОПЕРИФИТОН ДАГЕСТАНСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

**А. А. Абдурахманова**, ORCID: 0000-0001-8738-506X

**Ф. Ш. Амаева**, ORCID: 0000-0003-2520-5531

**М. М. Османов**, ORCID: 0000-0002-5542-0083

Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского  
федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

## SPRING PHYTOPERIPHERYTON OF THE DAGHESTAN COAST OF THE CASPIAN SEA

**A. A. Abdurakhmanova**, ORCID: 0000-0001-8738-506X

**F. Sh. Amaeva**, ORCID: 0000-0003-2520-5531

**M. M. Osmanov**, ORCID: 0000-0002-5542-0083

Precaspian Institute of Biological Resources of the  
Daghestan Federal Research Centre of RAS, Makhachkala, Russia

Аннотация. Исследовали весенний фитоперифитон Самурско-Каспийского прибрежного района акватории Каспийского моря. Всего обнаружено 52 внутривидовых таксона микроводорослей, относящихся к 5 отделам: Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Dynophyta и Xanthophyta. Основу флористического разнообразия в исследуемый период составляли виды водорослей отдела Bacillariophyta, которые доминировали по числу видов и по количественному развитию. По количественному развитию второе место, после диатомовых, занимали сине-зеленые микроводоросли, а по видовому разнообразию – зеленые. В видовом составе доминирующих видов весеннего фитоперифитона в разные годы исследования существенных изменений не наблюдалось. Результаты исследований показали, что фитоперифитон Самурско-Каспийского побережья моря в период наблюдений формировался в основном за счет представителей отдела Bacillariophyta и видов, относящихся к экологической группе солоноватоводно-пресноводного комплекса. Весенний фитоперифитон исследованного района моря можно охарактеризовать как диатомово-сине-зеленый комплекс с заметным участием зеленых водорослей. Отсутствие в пробах полисапробных видов водорослей и наличие видов водорослей, обитающих только в чистых или слабо загрязненных водоемах, свидетельствует о том, что вода в районе исследования была сравнительно чистой или мало загрязненной.

Abstract. The spring phytoperiphyton of the Samur-Caspian coastal region of the Caspian Sea has been studied. A total of 52 intraspecific taxa of microalgae have been identified as belonging to 5 divisions: the Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Dynophyta and Xanthophyta. The basis of floristic diversity during the period under study are the species of the Bacillariophyta algae which dominate in the number of species and in quantitative development. In terms of quantitative development, the second place, after diatoms belong to the Cyanophyta microalgae, and in terms of species diversity – to the Chlorophyta ones. There are no significant changes in the species composition of the dominant species of spring phytoperiphyton in different years of study. The research results show that the phytoperiphyton of the Samur-Caspian coastal area during the observation period is formed mainly by the Bacillariophyta microalgae and species belonging to the ecological group of the brackishwater-freshwater complex. The spring phytoperiphyton of the studied area can be characterized as a diatom-cyanophyta complex with noticeable participation of green algae. Absence of polysaprobic algae species in the samples and presence of algae species that live only in clean or slightly polluted water indicates that the water in the studied area is relatively clean or slightly polluted.

Ключевые слова: Каспийское море, фитоперифитон, прибрежная акватория, биологическое разнообразие, доминанты, экологическая группа.

Keywords: the Caspian Sea, phytoperiphyton, coastal waters, biological diversity, dominants, ecological group.

Фитоперифитон, уникальная группа микроводорослей, представленная многочисленными видами с широким ареалом распространения в природе, является важнейшим компонентом водных экосистем и ценным пищевым продуктом для гидробионтов. Изучение этой группы микроводорослей наряду с планктоном и бентосом позволит сформировать целостное представление о структуре и функционировании водных экосистем [1]. Анализ видового состава фитоперифитона не только дает более полное представление об альгоценозе водоема, но также позволяет ориентировочно оценить и видовую структуру фитопланктона на прилегающих участках акватории [2].

Имеющиеся литературные источники в основном освещают результаты исследований фитоперифитона пресноводных водоемов и водотоков [3–8], в то время как исследования фитоперифитона морских акваторий, в частности Каспийского моря, все еще немногочисленны. Воды Каспийского моря претерпевают периодические колебания уровня, абиотические и антропогенные воздействия, поэтому изучение фитоперифитона как первичного продуцента органического вещества и важной составляющей биоценоза водоема представляет научный интерес.

В фитоперифитонном сообществе динамику таксономического разнообразия и смену доминирующих видов определяют факторы среды – солевой и температурный режимы, а также характер распределения биогенных элементов [9]. В начале весны происходят заметные температурные колебания воды и начинается вегетационный цикл. В этот период солнечной радиации уже достаточно для формирования фитопланктона и фитоперифитона. Целью данной работы явилось исследование видового разнообразия и экологических особенностей весеннего фитоперифитона в условиях дагестанской прибрежной акватории Каспийского моря.

### Материалы и методы

В работе использован гидробиологический материал, отобранный в дагестанской прибрежной части акватории Каспийского моря (Самурско-Каспийский район) в весенний период 2021–2023 гг. Всего за период исследований было собрано и обработано более 100 проб. Для получения более полной информации о видовом составе фитоперифитона исследуемого района применяли различные стандартные методики [10–13]. Наиболее благоприятными для сбора проб являются нейтральные субстраты, искусственные субстраты обычно используют для определения продуктивности фитоперифитона. Так как целью исследования является анализ видового состава весеннего фитоперифитона, пробы собирали на прибрежных каменных грядках и различных антропогенных субстратах, погруженных в морскую среду в прибрежной зоне. При помощи скребков с определенной площади поверхности исследуемых субстратов собирали доступную часть биопленки. Водоросли, находящиеся на каком-либо небольшом субстрате, смывали при помощи мягких кистей или заливали раствором формалина вместе с субстратом. Чтобы не нарушать морфологическую структуру эвгленовых, динофитовых и зеленых водорослей, часть проб фиксировали раствором Люголя. Пробы концентрировали осадочным методом согласно стандартной методике [10]. Камеральную обработку проб проводили под световым микроскопом Olympus CX-21, таксономическую принадлежность водорослей устанавливали согласно руководствам и определителям. При классификации диатомовых водорослей использовали определители отечественных диатомологов [14, 15] и динофлагеллят-схему Доджа [16], сине-зеленых и зеленых – систему А.А. Еленкина и Смитас с изменениями, принятыми А.И. Прошкиной-Лавренко и И.В. Макаровой [15].

### Результаты исследований

Исследования весеннего фитоперифитона проводили в трехлетний период, чтобы максимально охватить видовой состав и учесть малочисленные виды, более подверженные влиянию различных факторов.

Как видно из таблицы, в весеннем фитоперифитоне исследуемой акватории моря было зарегистрировано всего 52 внутривидовых таксона микроводорослей 5 отделов: Bacillariophyta – 42, Cyanophyta – 3, Chlorophyta – 5, Dynophyta – 1 и Xantophyta – 1.

Основу флористического разнообразия в исследуемый период составляли виды водорослей отдела Bacillariophyta, которые доминировали по числу видов и по количественному развитию. Для весеннего периода характерна вспышка численности диатомовых микроводорослей, что отражается не только на их количестве, но и на видовом разнообразии. В процентном отношении доля видов этих микроводорослей была на порядок выше, чем у представителей других отделов и составляла 80,7% в 2021 г., 93,8% в 2022 г. и 77,1% в 2023 г. В видовом составе доминирующих видов весеннего фитоперифитона в разные годы исследования существенных изменений

не наблюдалось. Когда вода еще недостаточно прогрета солнечными лучами, как правило, преобладают холодноводные виды. Неизменно массово встречались такие виды диатомовых водорослей, как *Thalassionema nitzschioides*, *Diatoma vulgare*, *Achnantheidium minutissimum*, *Cymbella lanceolata*, *Pseudosolenia calcar avis*, *Nitzschia distans*, а также представители родов *Spirogyra* и *Zygonema*, относящихся к отделу зеленых. Массовое развитие микроводорослей других отделов наступало позже, чем у диатомовых микроводорослей, с повышением температуры морской воды. При этом для представителей фитоперифитона других отделов наблюдались некоторые различия в видовом составе по годам. Вероятно, на их видовом разнообразии отразились погодные факторы, характерные для года исследования, в первую очередь, температура морской воды.

**Видовая структура весеннего фитоперифитона дагестанского прибрежного участка акватории Каспийского моря в 2021–2023 гг.**

	Виды (таксоны)	Сапробность	Экологическая группа	Годы исследования		
				2021	2022	2023
<b>Bacillariophyta</b>						
1	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kutz	<i>m-b</i>	П-СВ		+	
2	<i>C.caspica</i> Makar.	<i>b-m</i>	М	+		+
3	<i>Thalassiosira caspica</i> Makar.	<i>b-m</i>	М-СВ		+	
4	<i>T.variabilis</i> Makar.	<i>b-m</i>	СВ			+
5	<i>Diatoma elongatum</i> ( Lyng) Arg.	<i>a-b-m</i>	П-СВ	+		
6	<i>Diatoma vulgare</i> Bory	<i>b-m</i>	СВ	+	+	+
7	<i>Diatoma anceps</i> Grun	<i>a-b-m</i>	СВ		+	+
8	<i>Hyalodiscus</i> sp.	<i>b-m</i>	СВ			+
9	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs	<i>b-m</i>	М-СВ	+		
10	<i>Asterionella formosa</i> Hass.	<i>b-m</i>	СВ			+
11	<i>Amphora ovalis</i> Kutzing	<i>олиг.</i>	П		+	+
12	<i>Coscinodiscus granii</i> Gough.	<i>-b-m</i>	СВ		+	
13	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Berg	<i>a-b-m</i>	М		+	
14	<i>Chaetoceros</i> sp.	<i>b-m</i>	СВ	+		
15	<i>Cerataulina pelagica</i> Hendey	<i>b-m</i>	М			
16	<i>Cymbella lanceolata</i> Ehr	<i>-a-m</i>	СВ	+	+	+
17	<i>C.turgida</i> W.Gregory	<i>a-m</i>	СП			+
18	<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	<i>a-b-m</i>	М	+	+	+
19	<i>Surirella var splendina</i> Ehr.Kutzing	<i>b-m</i>	П	+		
20	<i>Achnantheidium minutissimum</i> Kutzing	<i>b-m</i>	СВ	+	+	+
21	<i>Rhopalodia gibba</i> ( Ehr ) Otto Muller	<i>o-b-m</i>	СВ			+
22	<i>Nitzschia acicularis</i> W.Sm.	<i>a-m</i>	М-СВ	+		+
23	<i>N.sigmoidea</i> Ehr.W.s.m.	<i>o-m-b</i>	М-СВ	+		+
24	<i>N. distans</i> Gregory	<i>b-m</i>	СВ	+	+	+
25	<i>N.glosterium</i> W.Smith.	<i>b-m</i>	СВ	+		
26	<i>Pseudosolenia calcar avis</i> M.Schultze	<i>a-b-m</i>	М	+	+	+
27	<i>Skeletonema subsalsum</i> A.Cl.Hust.	<i>b-m</i>	М		+	
28	<i>Fragillaria capucina</i> Hust.	<i>олиг.</i>	С-П	+		+
29	<i>Bacillaria paradoxa</i> Gmel.	<i>a-m</i>	СВ			
30	<i>Surirella linearis</i> W.Smit.	<i>o-m-b</i>	П	+		
31	<i>Synedra capitata</i> Kutz.	<i>b-m</i>	С-П			+
32	<i>S.ulna</i> Nitsch. Ehr	<i>b-m</i>	С-П			+
33	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun.	<i>b-m</i>	М			+
34	<i>Meridion circulare</i> Greville	<i>o-m-b</i>	С-П	+		

35	<i>Navicula placentula</i> Ehr.Grunov	олиг.	С-П			+
36	<i>N.dicephala</i> Ehr. Kutz.	a-m	С-П		+	+
37	<i>N. tuscula</i> Hustedt.	b-m	С-П	+		+
38	<i>Pinnularia neomajor var intermedia</i> (Clewe) Krammer	o-b-m	П	+		+
39	<i>Tabellaria sp.</i>	b-m	С-П	+		+
40	<i>Rhoicosphaeria curvata</i> (Kutzing.)	b-m	П	+	+	
41	<i>Cocconeis placentula</i> Ehr	b-m	СВ	+		+
42	<i>Planctonella sp.</i>	b-m	М			+
<b>Chlorophyta</b>						
1.	<i>Cosmarium indulatum</i> Corda.	олиг.	П			+
2	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerch.	олиг.	П	+		+
3.	<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korschikov	b-m	П			+
4.	<i>Crucigenia tetrapedia</i> Kirchn.	олиг.	П	+		
5.	<i>Eurastrum sp.</i>	олиг.	П			+
<b>Dynophyta</b>						
1	<i>Prorocentrum cordatum</i> Ostf.	a-b-m	СВ	+		
<b>Cyanophyta</b>						
1	<i>Oscillatoria sp.</i>	a-m	СВ	+	+	+
2	<i>Johannesbaptistia pellucida</i> Dickie	a-m	П	+		+
3	<i>Gloeocapsa turgida</i> Kutz.	b-m	П			+
<b>Xanthophyta</b>						
1	<i>Ophiocytiium cocleare</i> Lemm.	b-m	СВ	+		+

По числу обнаруженных видов также отмечены изменения по годам. В 2021 г. видовой состав фитоперифитона был представлен 26 видами и разновидностями микроводорослей, в 2022 г. количество обнаруженных таксонов фитоперифитона составляло всего 16, а в 2023 г. – 35 таксонов микроводорослей. Весенняя вегетация в исследуемой акватории в 2023 г. была выше, чем в предыдущие годы, что и отразилось на видовом разнообразии (см. таблицу).

По количественному развитию второе место, после диатомовых, занимали сине-зеленые микроводоросли, из которых наиболее массово были представлены виды рода *Oscillatoria*. По видовому разнообразию зеленые микроводоросли преобладали над сине-зелеными, но по количественному развитию уступали мелкоклеточным сине-зеленым, так как чаще всего встречались локально. Динофитовые и ксантофитовые были представлены и качественно, и количественно беднее остальных отделов. Таким образом, весеннюю альгофлору исследованного района моря можно охарактеризовать как диатомово-сине-зеленый комплекс с заметным участием зеленых водорослей.

Анализ принадлежности к экологическим группам показал, что весенний фитоперифитон был равноценно представлен четырьмя экологическими группами: морские виды – 8, морские-солонатоводные – 4, солонатоводные – 16, солонатово-пресноводные – 10, пресноводные – 12, пресноводно-солонатоводные – 2 вида. Преобладание экологических групп солонатово-водных и пресноводных видов, в основном их мелкоклеточных форм, может свидетельствовать о некотором распреснении исследуемого района прибрежной акватории.

В отличие от фитопланктона, фитоперифитонные сообщества менее подвержены влиянию случайных и локальных колебаний гидрологического и гидрохимического режима, поэтому по их таксономическому составу, свободному от случайно занесенных видов, можно составить представление об экологическом состоянии биотопа [17]. Анализ списочного состава видов фитоперифитона, наиболее массово вегетировавших весной, показал, что большинство видов относились к олигосапробам (*Fragillaria capucina*, *Navicula placentula*, *Cosmarium indulatum*, *Actinastrum hantzschii*, *Crucigenia tetrapedia*) и к альфа-бета-мезосапробам (*Diatoma vulgare*, *Rizosolenia fragilissima*)

,*Stephanodiscus hantzschii*, *Thalassionema nitzschioides*, *Pseudosolenia calcar avis*, *Achnanthydium minutissimum*, *Nitzschia distans*, *Synedra caputata*). Массовое вегетирование водорослей из групп олигосапробионтов и альфа-бета-мезосапробионтов, которые развиваются в водоемах, свободных от загрязнений либо с незначительным загрязнением, позволяет сделать вывод о хорошем санитарно-биологическом состоянии качества вод исследуемого участка акватории.

Таким образом, результаты исследований показали, что фитоперифитон Самурско-Каспийского побережья Каспийского моря в весенний период наблюдений формировался в основном за счет представителей отдела Bacillariophyta и видов, относящихся к экологической группе солоновато-водно-пресноводного комплекса. Отсутствие в пробах полисапробионных видов водорослей и наличие видов водорослей, обитающих только в чистых или слабо загрязненных водоемах, свидетельствует о том, что вода в районе исследования была сравнительно чистой или мало загрязненной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Протасов А.А. Пресноводный перифитон. Киев: Наукова думка, 1994. 308 с.
2. Комулайнен С.Ф. Формирование структуры фитоперифитона рек Карелии : автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2001. 23 с.
3. Коновалова Н.В., Мотылькова И.В. Фитоперифитон бассейна реки новоселка (юго-западный Сахалин) // Труды СахНИРО. 2011. Т. 12. С. 119–130.
4. Медведева Л.А., Семенченко А.А. Фитоперифитон водотоков бассейна реки Самарга (Приморский край) // Биология внутренних вод. 2014. № 2. С. 47–53.
5. Денисов Д.Б., Барина С.С. Фитоперифитон и показатели среды в реках Кольского полуострова, Русский Арктический Север // Вопросы современной альгологии. 2016. №1 (11) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.algology.ru/957> (дата обращения: 10.04.2023).
6. Дрозденко Т.В., Михалач С.Г. Фитоперифитон устья реки Мирожки как показатель качества воды // Псковский регионологический журнал 2017. № 2 (30). С. 117–129.
7. Комулайнен С.Ф. Фитоперифитон реки Ковды и ее притоков (Республика Карелия, Россия) // Труды Карельского научного центра РАН. 2019. № 8. С. 30–43.
8. Глуценко Л.А. Структура фитоперифитона в оценке качества воды разнотипных водных объектов бассейна реки Енисей : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2010. 23 с.
9. Еленкин А.А. Сине-зеленые водоросли СССР. Общая часть: Монография пресноводных и наземных Суапорхусеае, обнаруженных в пределах СССР М.; Л.: АН СССР, 1936. 655 с.
10. Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: ВНИРО, 1977. 72 с.
11. Комулайнен С.Ф. Методические рекомендации по изучению фитоперифитона в малых реках. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. 43 с.
12. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под ред. А.В. Цыбань. Л., 1980. 188 с.
13. Водоросли. Справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк, Г.М. Паламарь-Мордвинцева, З.И. Ветрова, Е.Л. Кордюм, Н.А. Мошкова, Л.П. Приходькова, О.В. Коваленко, В.В. Ступина, П.М. Царенко, В.П. Юнгер, М.И. Радченко, О.Н. Виноградова, Л.Н. Бухтиярова, Л.Ф. Разумна. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
14. Прошкина-Лавренко А.И., Макарова И.В. Водоросли планктона Каспийского моря. Л.: Наука, 1968. 291 с.
15. Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4: Диатомовые водоросли. М.: Сов. Наука, 1951. 619 с.
16. Dodge J.D. Atlas of Dinoflagellates. London: Farrand Press, 1985. 119 p.
17. Комулайнен С.Ф. Экология фитоперифитона малых рек Восточной Фенноскандии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2004. 182 с.

Поступила в редакцию 14.06.2023 г.

Принята к печати 28.08.2023 г.

\* \* \*

*Абдурахманова Айшат Абдулмажидовна*, научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45; e-mail: aishat52@mail.ru

*Ayshat A. Abdurakhmanova*, researcher, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; 45, M. Gadzhiev st., Makhachkala, Republic of Daghestan, 367000; e-mail: aishat52@mail.ru

*Амаева Франгиз Шамильевна*, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45; e-mail: a\_frana@mail.ru

*Frangiz Sh. Amaeva*, Candidate of Biology, researcher, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; 45, M. Gadzhiev st., Makhachkala, Republic of Daghestan, 367000; e-mail: a\_frana@mail.ru

*Османов Магомед Магомедович*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; 367000, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45; e-mail: inkvachilav@mail.ru

*Magomed M. Osmanov*, Candidate of Biology, senior researcher, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; 45, M. Gadzhiev st., Makhachkala, Republic of Daghestan, 367000; e-mail: inkvachilav@mail.ru