

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ В АЛЬГОСООБЩЕСТВАХ ЭСТУАРНОЙ ЗОНЫ Р. ЧЕРНАЯ РЕЧКА (Г. ВЛАДИВОСТОК, ПРИМОРЬЕ)

Т.В. Никулина¹, Т.С. Вшивкова¹, К.А. Лутаенко²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр. 100-летия Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия.

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, ул. Пальчевского, д. 17,
г. Владивосток, 690041, Россия. E-mail: nikulintv@mail.ru, vshivkova@biosoil.ru, lutaenko@mail.ru

Видовой состав диатомовой флоры эстуарной зоны р. Черная Речка в 2022–2023 гг. представлен 114 видами и внутривидовыми таксонами. В систематической структуре наибольшее количество таксонов принадлежит родам *Gomphonema* (9 видов), *Navicula* (12 видов и вариаций) и *Nitzschia* (16 видов).

В перифитонных сообществах отмечено массовое развитие диатомей *Melosira varians*, *Nitzschia* aff. *fonticola*, *N. frustulum*, *N. inconspicua*, *Hannaea recta*, *Navicula lanceolata*, *N. cryptocephala*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna*.

Состояние вод (наличие органического загрязнения) в р. Черная Речка было оценено по методу Пантле-Бук в модификации Сладечека. Анализ полученных данных показал, что согласно рассчитанным индексам сапробности, воды водотока имели степени сапробности β-о, о-α и β, соответствовали бетамезосапробной зоне, III классу чистоты и классифицированы как слабо загрязненные воды.

DIATOMS IN ALGAL COMMUNITIES OF THE ESTUARY ZONE OF THE CHERNAYA RECHKA RIVER (VLADIVOSTOK, PRIMORYE)

T.V. Nikulina¹, T.S. Vshivkova¹, K.A. Lutaenko²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostoka Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia.

²A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, Palchevsky Street 17, Vladivostok, 690041,
Russia. E-mail: nikulintv@mail.ru, vshivkova@biosoil.ru, lutaenko@mail.ru

The species composition of the diatom flora of the estuarine zone of the Chernaya Rechka River in 2022–2023 is represented by 114 species and intraspecific taxa. In the systematic structure, the largest number of taxa belongs to the genera *Gomphonema* (9 species), *Navicula* (12 species and variations) and *Nitzschia* (16 species).

In periphyton communities, mass development of diatoms *Melosira varians*, *Nitzschia* aff. *fonticola*, *N. frustulum*, *N. inconspicua*, *Hannaea recta*, *Navicula lanceolata*, *N. cryptocephala*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna* was noted.

The state of waters (the presence of organic pollution) in the Chernaya Rechka River was assessed using the Pantle-Buck method as modified by Sládeček. Analysis of the obtained data showed that, according to the saprobity indices, the waters of the watercourse had β-o, o-α and β saprobity degrees, corresponded to the betamesosaprobic zone, class III purity and were classified as slightly polluted waters.

Введение

Река Черная Речка относится к водотокам Владивостокской агломерации, испытывающим мощный антропогенный пресс. Комплексное изучение экосистемы данного водотока необходимо для оценки общего экологического состояния, выявления кризисных зон и в дальнейшем – решения проблем деградации городских рек, их ревитализации и сохранения.

Изучение флоры водорослей данной городской реки проводится в рамках научно-общественного проекта «Исследование экологического состояния пресноводных экосистем, расположенных на территории полуострова Муравьева-Амурского с целью разработки мероприятий по их сохранению и восстановлению», стартовавшего в 2012 году под эгидой программной инициативы «Русский проект «Чистая Вода» (Vshivkova et al., 2003).

Первым шагом в изучении р. Черная Речка стало обследование ее эстуарной зоны. В комплексном исследовании принимают участие сотрудники ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, ННЦ Морской биологии ДВО РАН, Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Тихоокеанского института биоорганической химии ДВО РАН, студенты и преподаватели ВВГУ.

Цель исследования: получение исходных данных об альгофлоре эстуарной зоны р. Черная Речка – выявление видового богатства и определение структурной организации диатомовых сообществ, описание эколого-географической характеристики выявленной диатомовой флоры, оценка санитарно-биологического состояния водотока по составу индикаторных видов и подготовка полученных данных для внесения в экологические паспорта городских водоемов.

Первые сведения об альгофлоре р. Черная Речка были изложены в работе Л.А. Кухаренко с соавторами (1984). Исследования проводились на двух участках – в истоковой части и устьевой зоне реки. Для р. Черная Речка приведены 54 вида цианобактерий, диатомовых и зеленых водорослей; в фитопланктоне обнаружено 10 видов, из них диатомовых – 8, зеленых – 2, в перифитоне идентифицировано 50 видов: цианобактерии – 1, диатомеи – 39, зеленые – 10. Авторы отмечают отсутствие существенных различий в составе альгосообществ верхнего течения и устьевой зоны реки, в качестве массовых видов приведены зеленые *Ulothrix zonata*, *Draparnaldia plumosa*, диатомовые *Synedra ulna*, *Ceratoneis arcus*, *Cymbella ventricosa*, *C. turgidula*, *Gomphonema angustatum* var. *productum* (названия видов указаны согласно оригинальному написанию). Приведена информация, что в фитопланктоне среди показательных организмов преобладали β -мезосапробионты, в перифитоне – α -сапробионты и β -мезосапробионты, индекс сапробности изменялся от 1,4 до 2,3 и воды реки отнесены к II–III классам чистоты вод (Кухаренко и др., 1984; Кухаренко, 1989).

Материалы и методы

Река Чёрная Речка расположена на территории агломерации города Владивостока, берет свое начало на склонах сопок с отметками абсолютных высот около 400 м, впадает в бух. Бражникова Амурского залива. Верхняя и средняя части водотока проходят по городской застройке, в низовье река протекает по равнинной территории. Пойма реки пересеченная, луговая, слегка заболоченная, заливаемая при катастрофических паводках. Дельта разветвленная, имеет несколько рукавов и стариц. В устье имеется бар, образованный в результате выноса песка и обломочного материала, который отделяет небольшой эстуарий от моря. Длина русловой

сети составляет 14,1 км, площадь водосборного бассейна – 11,4 км². Ширина русла изменяется в пределах 2–3 м, в устье у железнодорожного моста – 5–10 м. Глубина варьирует от 0,2 до 0,6 м. Наибольшая высота главного водораздела реки составляет 344 м над у. м. (Григорьева, Лутаенко, 2025; Шамов и др., 2025).

С начала 1990-х гг. вся долина р. Черная Речка интенсивно осваивается под ИЖС, строительство дорог, ЛЭП и пр. На всем протяжении реки отмечены эрозийные процессы, русло реки в нижнем течении засорено твердыми бытовыми отходами, на каменистых субстратах отмечается формирование мощных альго-бактериальных образований, вода имеет сильный гнилостный и канализационный запах (Шамов и др., 2025).

Отбор водорослей перифитона был проведен с твердых и мягких субстратов в эстуарной зоне р. Черная Речка 09 ноября 2022, 14 июня и 22 ноября 2023 г. на 5 станциях. Детальное описание водотока и точек отбора гидробиологических проб приведено в работе Т.С. Вшивковой с соавторами (2025).

Идентификацию видовой принадлежности диатомовых водорослей проводили с использованием светового микроскопа «Axioskop 40» (Carl Zeiss Jena) при увеличениях в 400 и 1600 раз. Постоянные препараты для диатомового анализа изготавливали методом прожигания альгологического материала в перекиси водорода и помещением очищенных образцов в кедровый или канадский бальзам.

Общий таксономический список диатомовых водорослей составлен в соответствии с мировой базой данных водорослей AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2022–2025). Внутри отделов водоросли расположены в алфавитном порядке. Для каждого вида отмечалась относительная частота встречаемости по шкале С.М. Вислоуха от 1 до 6 (Кордэ, 1956). Виды, имевшие частоту встречаемости 6 баллов (в массе), отнесены нами к доминантам, 5 баллов (оч. часто) – к субдоминантам, 1–4 балла (единично–часто) – к числу второстепенных видов.

Для проведения эколого-географического анализа диатомовой флоры использованы характеристики организмов, указанные в сводках С.С. Бариновой с соавторами (Баринова и др., 2006; Баринова и др., 2019). Санитарно-биологическое состояние воды р. Черная Речка оценено по методу Пантле-Бук в модификации Сладечек, основанного на присутствии в альгосообществах водорослей-индикаторов органического загрязнения (Pantle, Buck, 1955; Сладечек, 1967).

Результаты и обсуждение

В результате наших исследований, проведенных в летний и осенний периоды 2022–2023 гг., было выявлено, что таксономический состав диатомовой флоры р. Черная Речка представлен 112 видами (114 видами, разновидностями и формами) водорослей, принадлежащих к 45 родам (табл. 1).

В систематической структуре диатомовой флоры наибольшее количество видов и внутривидовых таксонов содержат следующим роды: *Gomphonema* (9 видов), *Navicula* (12 видов и вариаций), *Nitzschia* (16 видов).

В ноябре 2022 г. видовое богатство диатомей в перифитонных альгосообществах реки составило 65 видов и внутривидовых таксонов, из них наибольшую частоту встречаемости (5 – очень часто) имели виды *Navicula lanceolata*, *Nitzschia frustulum*, *Melosira varians*, доминанты отсутствуют (табл. 1). Стоит отметить, что виды *Navicula lanceolata* и *M. varians* достигали своего максимального обилия на участках эстуария в 10–15 метрах от моря, а *N. frustulum* сохранял высокие показатели численности как вблизи моря, так и на расстоянии более 50 м от него.

Таблица 1

**Видовой состав диатомовой флоры р. Черная Речка (г. Владивосток)
в летний и осенний периоды 2022–2023 гг.**

№	Таксон	Период отбора материала			S	M	Г	pH	P
		ноябрь 2022	июнь 2023	ноябрь 2023					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Phylum HETEROKONTOPHYTA								
	Subphylum BACILLARIOPHYTINA								
1.	<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh	-	-	1	β	B	mh	alf	k
2.	<i>Achnanthes</i> sp.	1	1	1-3	-	-	-	-	-
3.	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	2	1	1-2	o-β	B	i	i	k
4.	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	-	1	1	o-β	B	i	alf	k
5.	<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow	1	1	1	o-β	B	i	alf	k
6.	<i>Amphora</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-	-
7.	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	1	-	1	o	P	i	alf	k
8.	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	1	1	1	β-α	P	i	alf	k
9.	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O. Müller) Marsson [= <i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin]	-	1	1-5	β	B-P	hl	i	k
10.	<i>Caloneis bacillaris</i> (Gregory) Cleve	-	-	1	-	B	-	-	-
11.	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	3	1-2	1	o	B-P	hb	acf	k
12.	<i>C. lineata</i> Ehrenberg	1	1	1	χ	B	i	alf	k
13.	<i>C. placentula</i> Ehrenberg	1	1	1	o-β	B	i	alf	k
14.	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg	1	1-3	1	β	B	hl	alf	k
15.	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams et Round	-	-	1-3	β	B-P	mh	alf	-
16.	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	1	1	1	o-β	B	i	alf	b
17.	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	1	1	1	β	B	i	alf	k
18.	<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	-	-	1	-	B	-	-	-
19.	<i>D. moniliformis</i> (Kützing) D.M. Williams	1-2	1	1	-	B-P	hl	i	-
20.	<i>D. tenuis</i> C. Agardh	1	1	1	β-α	B-P	hl	alf	k
21.	<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve	-	-	1	o-α	B	i	alf	k
22.	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	1-2	1-2	1-2	o-β	B	i	i	k
23.	<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	2	2-3	1-3	χ-o	B	i	i	k
24.	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	-	-	1	o	B	i	alb	k
25.	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	-	1	1	o	B	i	acf	k
26.	<i>E. implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles	1	1	1	o	B	i	acf	k
27.	<i>E. soleirolii</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	1	-	B	-	-	-
28.	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	1	1	1-2	β-o	B-P	i	i	k
29.	<i>F. crotonensis</i> Kitton	-	-	1	o-β	P	i	alf	k

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30.	<i>F. rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson	-	1	1-2	β -o	B-P	i	acf	k
31.	<i>F. vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	-	1	1-2	o- β	B-P	i	alf	k
32.	<i>Fragilariforma mesolepta</i> (Rabenhorst) Kharitonov [= <i>Fragilaria capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst]	1	1	1	-	P	i	alf	k
33.	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	-	-	1	χ - β	B	hb	acf	a-a
34.	<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1	-	1	β -o	B	hb	alf	b
35.	<i>Gogorevia exilis</i> (Kützing) Kulikovskiy et Kociolek [= <i>Achnantheidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki]	1	1	1	o- β	B	i	alf	k
36.	<i>Gomphonella quadripunctata</i> (Østrup) Tuji [= <i>Gomphoneis quadripunctatum</i> (Oestrup) Dawson ex Ross et Sims]	-	-	1	-	B	i	i	b
37.	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	-	1	1	β -o	B	i	alf	k
38.	<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	2	1	1-2	β	B	i	alf	k
39.	<i>G. angustum</i> C.Agardh	-	1	1	o	B	i	alf	b
40.	<i>G. gracile</i> Ehrenberg	-	-	1	β -o	B	i	i	k
41.	<i>G. micropus</i> Kützing	1-2	1	1-2	o	B	i	i	k
42.	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	1-3	1	1-4	χ	B	i	i	k
43.	<i>G. sarcophagus</i> Gregory	1	2-5	1	o- β	B	i	i	-
44.	<i>G. truncatum</i> Ehrenberg	-	-	1	o- β	B	i	alf	k
45.	<i>Gomphonema</i> sp.	-	1	1-2	-	-	-	-	-
46.	<i>Halamphora veneta</i> (Kützing) Levkov [= <i>Amphora veneta</i> Kützing]	1	1	1	α - β	B	i	alf	k
47.	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick	-	1	1	o	B	i	alf	a-a
48.	<i>H. recta</i> (Skvortzov et K.I.Meyer) Liu, Glushchenko, Kulikovskiy et Kociolek	1-2	5-6	1-2	o	B	i	alf	a-a
49.	<i>Hantzschia amphyoaxis</i> (Ehrenberg) Grunow	1	1	1	β -o	B-P	i	i	k
50.	<i>Hippodonta hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	1	-	1	β -o	B	i	alf	k
51.	<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) Mann	1	-	1	o	B	i	i	k
52.	<i>L. nivaloides</i> (W.Bock) Denys et De Smet	1-3	-	1-4	-	B	-	-	-
53.	<i>Melosira nummuloides</i> (Dillwyn) C. Agardh	-	-	1-2	β	B-P	mh	alf	-
54.	<i>M. varians</i> C. Agardh	2-5	1-3	1-6	α - β	B-P	hb	alf	k
55.	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	2-3	5-6	1-3	o- β	B-P	i	alf	k
56.	<i>M. constrictum</i> Ralfs	1-2	3-5	1-3	χ	B-P	i	alf	k
57.	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	1	1	1-3	χ -o	B	hl	alf	k
58.	<i>N. cryptocephala</i> Kützing	-	-	1-6	χ	B-P	i	alf	k
59.	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	2	1-2	1-2	o- β	B	i	alf	k

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60.	<i>N. gregaria</i> Donkin	3-4	2-4	1-3	β - α	B	i	alf	k
61.	<i>N. lanceolata</i> Ehrenberg	3-5	5-6	2-5	α - ρ	B	hl	alf	k
62.	<i>N. radiosa</i> Kützing	-	1	1	o	B	i	i	k
63.	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	-	-	1	β	B	hl	alf	k
64.	<i>N. salinarum</i> Grunow	1	1	1-2	β - α	B	hl	-	-
65.	<i>N. slesvicensis</i> Grunow	1-2	2-4	1-2	β	B	hl	alf	k
66.	<i>N. tripunctata</i> (O. Müller) Bory	-	-	1-3	β -o	B-P	i	i	k
67.	<i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>viridula</i>	-	1	1	o- β	B	i	alf	k
68.	<i>N. viridula</i> var. <i>linearis</i> Hustedt	2	-	2-4	o- β	B	i	alf	k
69.	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	1	-	1-3	β	B-P	i	alf	-
70.	<i>N. brevissima</i> Grunow	1	-	1-5	o- α	-	hl	alf	-
71.	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	1	-	1	o	B	i	alf	k
72.	<i>Nitzschia</i> aff. <i>fonticola</i> Grunow	1	-	1-6	o- β	B-P	i	alf	k
73.	<i>N. frustulum</i> (Kützing) Grunow	4-5	-	1-6	β	B-P	i	alf	k
74.	<i>N. gracilis</i> Hantzsch	-	-	1	o- χ	B-P	i	i	k
75.	<i>N. inconspicua</i> Grunow	2-3	2-5	1-6	α	B	hl	alf	-
76.	<i>N. linearis</i> W.Smith	-	1	1	β -o	B	i	alf	k
77.	<i>N. nana</i> Grunow	-	-	1	α - β	-	-	-	-
78.	<i>N. palea</i> (Kützing) W.Smith	2-4	1	1-3	β - ρ	B-P	i	i	k
79.	<i>N. paleacea</i> (Grunow) Grunow	1-2	1	1-5	β	B-P	i	alf	k
80.	<i>Nitzschia</i> cf. <i>recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	-	-	1-3	χ	B-P	i	alf	k
81.	<i>N. scalpelliformis</i> (Grunow) Grunow	-	-	1	β	B	hl	alf	k
82.	<i>N. subacicularis</i> Hustedt	-	-	1	α - β	P	i	alf	k
83.	<i>N. tenuis</i> W.Smith [= <i>Nitzschia linearis</i> var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow]	2-3	1-3	1-4	β -o	B	i	alf	b
84.	<i>N. umbonata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot	2-3	-	1-2	α - β	B-P	i	i	k
85.	<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing [= <i>Diatoma hyemalis</i> (Lyngbye) Heiberg]	1	1	1	χ	B-P	i	alf	k
86.	<i>O. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing [= <i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing]	1	1	1	o	B	hb	alf	b
87.	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	-	-	1	χ -o	B	i	i	a-a
88.	<i>P. grunowii</i> Krammer	-	-	1	χ - β	B	-	-	-
89.	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round et Bukhtiyarova	1	1	1	β	B-P	hl	alf	k
90.	<i>P. haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot	-	1	1	β - α	B-P	i	alf	k
91.	<i>P. lanceolatum</i> (Brebisson) Lange-Bertalot	2-4	1-2	1-3	β - α	B-P	i	alf	k
92.	<i>P. ellipticum</i> (Cleve) Edlund	1-2	1	1	β -o	B-P	i	alf	-
93.	<i>Prestauroneis integra</i> (W.Smith) Bruder [= <i>Navicula integra</i> (W. Smith) Ralfs]	-	1	1-2	χ -o	B	mh	i	b

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
94.	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek et Stoermer f. <i>sinuata</i>	1-2	1	1-2	o-β	B-P	i	i	k
95.	<i>R. sinuata</i> f. <i>ovata</i> (Hustedt) Hartley, Barber, Carter	1	1	1	-	B-P	-	-	-
96.	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	1	1	1	χ-o	B	hl	alf	k
97.	<i>Rhopalodia musculus</i> (Kützing) O. Müller	-	-	1	o	B-P	mh	alb	k
98.	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	1	-	1	o-α	B	hl	i	k
99.	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams et Round	-	1	1	o	B-P	hl	alf	k
100.	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal et Kociolek [= <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing]	-	1	1-2	β-ρ	B-P	hl	alf	k
101.	<i>Surirella angusta</i> Kützing	1	1	1-3	o	B-P	i	alf	k
102.	<i>S. brebissonii</i> Krammer et Lange- Bertalot var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	1	1	1	β-o	B	i	alf	-
103.	<i>S. minuta</i> Brébisson	-	-	1	β-α	B-P	i	alf	k
104.	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	-	1	1	χ	B-P	i	i	k
105.	<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	-	1	1	o-α	B-P	hb	acf	k
106.	<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) Williams et Round	3-4	1-4	1-4	χ-o	B-P	i	alf	k
107.	<i>Tryblionella apiculata</i> Gregory	1	1	1-2	α-β	B	hl	alf	k
108.	<i>T. hungarica</i> (Grunow) Mann	-	-	1	α-β	B-P	mh	alf	k
109.	<i>T. levidensis</i> (W. Smith) Grunow W. Smith	1	1	1	α-β	B	hl	alf	k
110.	<i>Ulnaria aequalis</i> (Kützing) Williams et Van de Vijve	-	-	1	-	B-P	-	-	-
111.	<i>Ulnaria</i> aff. <i>acus</i> (Kützing) Aboal	-	-	1	o-α	B-P	i	alb	k
112.	<i>U. biceps</i> (Kützing) Compère	-	-	1	o-α	B-P	-	-	-
113.	<i>U. oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal	-	1	1-2	α	B-P	i	alf	k
114.	<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère	2	1-3	1-6	o-α	B-P	i	alf	k

Примечание: Частота встречаемости организмов указана по шестибальной шкале: 1 – единично; 2 – редко; 3 – нередко; 4 – часто; 5 – очень часто; 6 – масса (Кордэ, 1956). «-» – нет данных. S (сапробная характеристика): χ – ксеносапробионт; χ-o – ксено-олигосапробионт; o-χ – олиго-ксеносапробионт; χ-β – ксено-бетамезосапробионт; o – олигосапробионт; o-β – олиго-бетамезосапробионт; β-o – бета-олигосапробионт; o-α – олиго-альфамезосапробионт; β – бетамезосапробионт; β-α – бета-альфамезосапробионт; α-β – альфа-бетамезосапробионт. М (местообитание): P – планктонные, B-P – бентосно-планктонные, B – бентосные. Г (галообность): mh – мезогалобы, hl – галофилы, hb – галофобы, i – индифференты. рН (отношение к рН): alf – алкалифилы, alb – алкалибионты, i – индифференты, acf – ацидофилы, acb – ацидобионты. Р (распространение): a-a – аркто-альпийский, b – бореальный, k – космополит.

В июне 2023 видовой состав диатомовой флоры, представленной 70 видами, разновидностями и формами, изменился незначительно, но состав комплекса преобладающих видов стал иным, в роли доминантов отмечены *Hannaea recta*, *Navicula lanceolata* и *Meridion circulare* в сочетании с субдоминантами *Gomphonema sarcophagus*, *Meridion constrictum*, *Nitzschia inconspicua* (табл. 1). В летний период

для видов-доминантов характерно массовое развитие по всему ложу эстуария – начиная от станции отбора проб, расположенной в непосредственной близости к песчаному бару и более чем на 50 м вглубь реки. Субдоминантные виды приобретали наиболее высокие оценки обилия на участках, расположенных в 15–30 м от моря.

В ноябре 2023 г. флора диатомовых водорослей была более разнообразна и обильна, чем в предыдущие периоды исследования, и выявленная группа преобладающих видов также значительна. Определяющими в альгосообществах водотока являются диатомеи: доминанты *Melosira varians*, *Navicula cryptocephala*, *Nitzschia aff. fonticola*, *N. frustulum*, *N. inconspicua*, *Ulnaria ulna* и субдоминанты *Bacillaria paxillifera*, *Navicula lanceolata*, *Nitzschia brevissima*, *N. paleacea* (табл. 1). На эстуарных участках водотока, удаленных от моря на 50 м и более, для всех доминантных видов (за исключением *N. frustulum*) отмечены максимальные значения относительной частоты встречаемости, при приближении к морю численность этих видов снижалась, и они переходили в разряд субдоминантов или второстепенных видов (табл. 1).

Эколого-географический анализ диатомовой флоры р. Черная Речка выявил преобладание бентосных (52,6 % от общего числа видов), индифферентных к солености воды (62,2 %), алкалифильных (60,5 %) и космополитных видов (71,1) (табл. 2).

Показателями степени сапробности воды являются 102 вида и разновидности диатомей р. Черная Речка, что составляет 89,5 % от общего их числа. Группы олигосапробионтов и бетамезосапробионтов представлены почти равноценно, они объединяют более 30 таксонов каждая и составляют 31,6 % и 35,1 %, соответственно. Менее многочисленны группы ксеносапробионтов и альфамезосапробионтов, включающих по 13 (11,4 %) таксонов (табл. 3).

Таблица 2

Распределение диатомовых водорослей по экологическим группам (р. Черная Речка, г. Владивосток, 2022–2023 гг.)

Экологическая группа	Количество таксонов	Процентное соотношение	Экологическая группа	Количество таксонов	Процентное соотношение
Местообитание			Отношение к pH		
бентосные	60	52,6	алкалибионты	3	2,6
планктонные	5	4,4	алкалифилы	69	60,5
бентосно-планктонные	44	38,6	индифференты	23	20,2
эпифитные	0	0	ацидофилы	6	5,3
бентосно-эпифитные	0	0	ацидобионты	0	0
нет данных	5	4,4	нет данных	13	11,4
Всего:	114	100	Всего:	114	100
Галобность			Географическое распространение		
мезогалобы	6	5,3	космополиты	81	71,1
галофилы	19	16,7	бореальные	7	6,1
индифференты	71	62,2	аркто-альпийские	4	3,5
галофобы	6	5,3	нет данных	22	19,3
нет данных	12	10,5	Всего:	114	100
Всего:	114	100			

Таблица 3

Соотношение индикаторных видов водорослей по степени сапробности
(р. Черная Речка, 2022–2023 гг.)

	Сапробиологическая группа	Степень сапробности видов-индикаторов	Количество таксонов		% от общего числа таксонов
1.	Ксеносапробионты (S =0–0,50)	χ	7	13	11,4
		χ-ο	6		
2.	Олигосапробионты (S=0,51–1,50)	ο-χ	1	36	31,6
		χ-β	2		
		ο	16		
		ο-β	17		
3.	Бетамезосапробионты (S=1,51–2,50)	β-ο	12	40	35,1
		ο-α	7		
		β	14		
		β-α	7		
4.	Альфамезосапробионты (S=2,51–3,50)	α-β	8	13	11,4
		β-ρ	2		
		α	2		
		α-ρ	1		
5.	Полисапробионты (S=3,51–4,50)	ρ-α	0	0	0
		ρ	0		
	Нет данных		12	12	10,5
	Всего:		114	114	100

Состояние вод (наличие органического загрязнения) в р. Черная Речка было оценено по методу Пантле-Бук в модификации Сладечека. Значения *S* в ноябре 2022 г. изменялись в пределах 1,94–2,02, в июне 2023 г. – 1,76–1,90, а в ноябре 2023–1,72–1,93. Согласно полученным данным воды реки в разные периоды имели степени сапробности β-ο, ο-α и β, то есть соответствовали бетамезосапробной зоне и III классу чистоты, классифицированы как слабо загрязненные воды.

Заключение

Видовое богатство диатомовой флоры эстуарной зоны р. Черная Речка в 2022–2023 гг. представлено 114 видами и внутривидовыми таксонами. В систематической структуре роды *Gomphonema*, *Navicula* и *Nitzschia* содержат наибольшее количество внутривидовых таксонов.

В перифитонных сообществах отмечено массовое развитие диатомей *Melosira varians*, *Nitzschia* aff. *fonticola*, *N. frustulum*, *N. inconspicua*, *Hannaea recta*, *Navicula lanceolata*, *N. cryptocephala*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna*.

Наличие органического загрязнения в р. Черная Речка было оценено по методу Пантле-Бук в модификации Сладечека, согласно которому воды реки имели в разные сезоны степени сапробности β-ο, ο-α и β, соответствовали бетамезосапробной зоне, III классу чистоты и классифицированы как слабо загрязненные воды.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, темы № 121031000147-6, № 124012400285-7.

Литература

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. 2006. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio. 498 с.
- Барина С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. 2019. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа, Киев: Издательство University of Haifa. 367 с.
- Вшивкова Т.С., Лутаенко К.А., Никулина Т.В., Шамов В.В., Бортин Н.Н., Горчаков А.М., Григорьева Н.И., Егидарев Е.Г. 2025. Модельный водоток Чёрная Речка как объект экологических исследований на урбанизированных территориях агломерации Владивосток (бас. Амурского залива, полуостров Муравьев-Амурский, Приморский край) // [https://www.researchgate.net/publication/393599967_MODELNYJ_VODOTOK_CERNAA_RECKA_KAK_OBEKT_EKOLOGICESKIH_ISSLEDOVANIJ_NA_URBANIZIROVANNYH_TERRITORIAH_AGLOMERACII_VLADIVOSTOK_BAS_AMURSKOGO_ZALIVA_POLUOSTROV_MURAVEV-AMURSKIJ_PRIMORSKIJ_KRAJ_MODEL_WATER]
- Григорьева Н.И., Лутаенко К.А. 2025. Изменения экосистемы устьевой области Черной речки и состояние среды прилегающего района Амурского залива (Японское море) // *Тихоокеанская география* (в печати).
- Кордэ Н.В. 1956. Методика биологического изучения донных отложений озёр (полевая работа и биологический анализ) // *Жизнь пресных вод СССР*. М., Л.: Изд-во АН СССР. Т. 4. Ч. 1. С. 383–413.
- Кухаренко Л.А., Медведева Л.А., Барина С.С., Меньшкова Р.И., Курганская Л.И., Гончар В.И. 1984. Санитарно-биологическая характеристика некоторых водоемов Приморского края // Систематико-флористические исследования споровых растений Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 117–137.
- Кухаренко Л.А. 1989. Водоросли пресных водоемов Приморского края. Владивосток: ДВО АН СССР, 152 с.
- Сладечек В. 1967. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидро-биология. М.: Наука. С. 26–31.
- Шамов В.В., Юрченко С.Г., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Лупаков С.Ю., Вшивкова Т.С., Никулина Т.В. 2025. Гидролого-гидрохимическая характеристика малых рек города Владивосток // *Тихоокеанская география*. № 1. С. 33–47.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2022–2024. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (accessed 28.08.2024).
- Pantle F., Buck H. 1955. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Bd 96, 18. 604 S.
- Vshivkova T.S., Morse J.C., Glover J.B. 2003. Russian Clean Water Project: the Project of Biological Monitoring of Water Quality in South Russian Far East. Vladivostok. [https://www.biosoil.ru/files/publications/00006500.pdf]