

<https://doi.org/10.25221/levanidov.11.17>

<https://elibrary.ru/uaztve>

СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОРΟΣЛЕЙ ПЕРИФИТОНА ВОДОТОКОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ О. САХАЛИН В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Т.В. Никулина¹, И.В. Мотылькова²

¹Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, пр. 100-летия
Владивостока, 159, г. Владивосток, 690022, Россия. E-mail: nikulinatv@mail.ru

²Сахалинский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии» («СахНИРО»), ул. Комсомольская, 196, г. Южно-Сахалинск, 693023, Россия. E-mail:
surirella@mail.ru

Впервые приведены данные об альгофлоре рек Ай, Найба и Очепуха (о. Сахалин) – выявлены видовой состав, доминирующие виды, представлена эколого-географическая характеристика. Изучены количественные характеристики и распределение численности и биомассы цианобактерий и водорослей перифитона по ширине русла р. Очепуха.

Исследования показали, что обрастания естественных субстратов данных водотоков формируют цианобактерии, динофлагелляты, диатомовые и зеленые водоросли (всего 140 видов и внутривидовых таксонов). Флористически наиболее богато представлены диатомовые водоросли. В эколого-географическом отношении преобладают бентосные формы, алкалифилы, индифференты к изменению солености и космополиты, в санитарно-биологическом – олигосапробионты и олиго-бетамезосапробионты.

Количественные характеристики летних перифитонных альгосообществ, приведённые для р. Очепуха, варьируют в широких пределах: численность – от 0,03 до 45,68 млрд кл./м², биомасса – от 0,004 до 2,63 г/м². Средняя численность цианобактерий и водорослей в июне составляет 1,83 млрд кл./м², биомасса – 0,81 г/м². В июле эти показатели снижаются и соответственно равны 0,15 млрд кл./м² и 0,32 г/м².

COMPOSITION AND QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF PERIPHYTON ALGAE OF RIVERS IN THE SOUTH-EASTERN PART OF SAKHALIN ISLAND IN SUMMER

T.V. Nikulina¹, I.V. Motylkova²

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159 Stoletiya Vladivostok Avenue,
Vladivostok, 690022, Russia. E-mail: nikulinatv@mail.ru

²Sakhalin Branch of «Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography» (SakhNIRO), 196
Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia. E-mail: surirella@mail.ru

Data on the algal flora of the Ai River, Naiba River and Ochepukha River (Sakhalin Island) are presented for the first time – the species composition and dominant species are identified, and the ecological-geographical characteristics are presented. The quantitative characteristics and distribution of the number and biomass of periphyton cyanobacteria and algae along the width of the Ochepukha River bed are studied.

The composition is formed by cyanobacteria, dinoflagellates, diatoms and green algae (totaling 140 species and intraspecific taxa). Floristically, diatoms are the most richly represented. In the ecological-geographical respect, benthic forms, alkaliphiles, indifferent

to changes in salinity and cosmopolitans prevail, in the sanitary-biological respect – oligo- and oligo-betamesosaprobies.

The quantitative characteristics of summer periphyton algal communities for the Ochebukha River vary widely: abundance – from 0,03 to 45,68 billion cells/m², biomass – from 0,004 to 2,63 g/m². The average abundance of cyanobacteria and algae in June is 1,83 billion cells/m², biomass – 0,81 g/m². In July, these indicators decrease and are respectively equal to 0,15 billion cells/m² and 0,32 g/m².

Введение

Изучению альгофлоры водотоков о. Сахалин посвящено значительное число научных работ (Никулина, 2005; 2009; 2011; Коновалова, Мотылькова, 2008; 2011а, б; Медведева, Миски, 2011; Медведева, 2013; Могильникова и др., 2013; Латковская и др., 2014; Медведева, Никулина, 2014; Лабай и др., 2015; Живоглядова и др., 2016; Лабай и др., 2017; Мотылькова, 2021; Nikulina, 2009; 2013; Nikulina, Kociolek, 2011 и др.). Для получения новых сведений и пополнения базы данных о качественном и количественном составе водорослей перифитона в реках о. Сахалин нами впервые были проведены исследования в р. Ай, р. Найба и р. Очепуха, расположенных в юго-восточной части острова.

Основная цель настоящего исследования – изучить видовое богатство цианобактерий и водорослей перифитона, выявить комплексы доминирующих видов в альгосообществах, провести эколого-географический анализ выявленной флоры рек Ай, Найба и Очепуха, а также оценить количественные показатели и особенности распределения видов в р. Очепуха.

Материалы и методы

Альгофлористические исследования проводились на трех водотоках (рр. Найба, Ай, Очепуха), расположенных в юго-восточной части о. Сахалин и впадающих в Охотское море (рис. 1).

Р. Найба – третья по протяжённости река Сахалинской области, она берёт начало на хребте Шренка в системе Западно-Сахалинских гор. Длина реки – 119 км, площадь водосборного бассейна – 1660 км². Общее направление течения – с северо-запада на юго-восток и только в самом нижнем течении водоток поворачивает на север. Вдоль реки расположены город Долинск, сёла Быков, Углезаводск, и размещен рыбоперерабатывающий завод Залом. Название реки произошло от айнского Найбучи – «речные устья».

Р. Ай – небольшой водоток, его истоки находятся на Долинском хребте, имеет длину 33 км и площадь водосборного бассейна 140 км². В районе устья р. Ай располагается село Советское. Название реки произошло от айнского Аи – «приток реки».

Р. Очепуха – малый «лососевый» водоток, его истоком является р. Луга, берущая начало к северу от г. Пушкинская на восточном склоне Сусунайского хребта. Общее направление течения – юго-восточное. Длина реки 31 км, площадь водосборного бассейна – 206 км². Около устья реки лежит село Лесное (Ресурсы..., 1973; Хоменко, 2003).

Материалом для данной работы послужили пробы перифитона, отобранные с естественных субстратов в устьевой зоне р. Найба в августе 2001 г., в нижнем течении р. Ай в августе 2002 г., в верхнем течении (по всей ширине русла) р. Очепуха в июне и июле 2017 г.

Перифитонные пробы были отобраны, зафиксированы 4 % формалином и обработаны согласно стандартным методикам (Водоросли, 1989). Постоянные препараты

для диатомового анализа изготавливали методом прожигания альгологического материала в перекиси водорода, с последующим заключением створок в кедровый или канадский бальзам (Swift, 1967). Идентификацию цианобактерий и водорослей проводили с использованием световых микроскопов «Alphaphot-2 YS-2» (Nikon), «Axioskop 40» (Carl Zeiss Jena), «Leica» (Leica Microsystems) при увеличениях в 400 и 1600 раз.

Видовая принадлежность цианобактерий и водорослей, включенных в таксономический список, указана в соответствии с мировой базой данных AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2016–2024). Внутри отделов таксоны расположены в алфавитном порядке. Для каждого вида отмечена 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 оценки количественных характеристик цианобактерий и водорослей проводили подсчет клеток, талломов и колоний в камере Нажотта с объемом 0,05 мл, при увеличении в 320 раз. Биомассу (В) рассчитывали счетно-объемным методом, учитывая численность (N) каждого таксона и объем его клеток (Методика изучения..., 1975; Водоросли, 1989). Объем клеток определяли методом геометрического подобия (Кольцова, 1970; Макарова, Пичкилы, 1970).

Для сравнения флористического состава водорослей перифитона в разные месяцы на р. Очепуха использовали коэффициент видового сходства Чекановского-Серенсена (J):

$$J = \frac{2a}{b+c},$$

где a – число общих видов, b и c – число видов в сравниваемых списках (Песенко, 1982).

Санитарно-биологическое состояние вод водотоков оценено по методу Пантле-Бук в модификации Сладечека (Pantle, Buck, 1955; Сладечек, 1967), основанного на присутствии в альгосообществах водорослей-индикаторов органического загрязнения. Экологические характеристики указаны в соответствии со сводками: Барина и др., 2006; Корнева, 2015; Барина и др., 2019.

Результаты и обсуждение

Р. Найба. В альгофлоре реки в летний период зарегистрированы 86 видов и разновидностей цианобактерий и водорослей из 41 рода (табл. 1), из них на долю диатомовых водорослей приходится 97,7 % (84 вида). В систематической структуре флоры наибольшее количество таксонов принадлежит также родам диатомовых водорослей: *Nitzschia* – 10 и *Navicula* – 8 видов. Перифитонные сообщества устьевого участка р. Найба характеризуются обильным развитием цианобактерий вида *Microcoleus autumnalis* (частота встречаемости оценена как 5 «очень часто»), в качестве доминантов можно назвать диатомеи *Luticola muticopsis* и *Melosira inflexa*, в роли субдоминантов отмечены *Ctenophora pulchella*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia palea*, *N. brevissima* и *Luticola mutica*. Следует отметить, что значительное число видов, представляющих комплекс доминантов и субдоминантов, являются галофилами и мезогалолами.

Эколого-географический анализ альгофлоры р. Найба показал, что в ее составе преобладают цианобактерии и водоросли, относящиеся к обитателям бентоса, индифферентные к изменению солёности воды, алкалифильные, а также

Таблица 1

Видовой состав и эколого-географическая характеристика цианобактерий и водорослей рек Найба, Ай, Очепуха в летний период 2001, 2002 и 2017 гг.

№	Таксон	Найба август 2001	Ай август 2002	Очепуха		Индекс сапроб- ности, s	Сапроб- ность, S	Место- обитание	Галоб- ность	Отно- шение к рН	Распрос- транение
				июнь 2017	июль 2017						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Phylum CYANOBACTERIA										
1.	<i>Microcoleus autumnalis</i> (Gomont) Strunecky, Komarek et Johansen	1-5	-	3	-	2,1	β	B-P	-	-	k
2.	<i>Phormidium uncinatum</i> Gomont	1	-	-	-	-	-	B	-	-	-
3.	<i>Ph. granulatum</i> (Gardner) Anagnostidis	-	-	2	-	-	-	B-P	-	-	k
4.	<i>Tapinothrix varians</i> (Geitler) Bohunicá et Johansen	-	-	2-4	1-3	1,0	o	B	-	-	k
	Phylum DINOFLAGELLATA										
5.	<i>Ceratium hirundinella</i> (O. Müller) Dujardin	-	-	-	1	1,2	o	P	i	ind	k
	Phylum HETEROKONTOPHYTA										
	Subphylum BACILLARIOPHYTINA										
6.	<i>Achnanthes brevipes</i> C. Agardh	1-3	1	-	-	2,0	β	B	mh	alf	k
7.	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1	1	1	1	1,5	o-β	B	i	ind	k
8.	<i>A. pusillum</i> (Grunow) Czarnecki	-	-	-	1	-	o	B	-	-	-
9.	<i>Amphipleura pellicuda</i> (Kützing) Kützing	1	-	-	-	0,8	χ-β	B-P	i	alf	k
10.	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	-	1	-	-	1,5	o-β	B	i	alf	k
11.	<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow	-	-	1-2	1	1,4	o-β	B	i	alf	k
12.	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	-	-	1	1	1,0	o	P	i	alf	k
13.	<i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müller) Haworth	-	-	1	-	1,3	o	P	hb	acf	k
14.	<i>Bacillaria paxillifera</i> (O. Müller) Marsson [= <i>Bacillaria paradoxa</i> Gmelin]	1-3	-	-	-	2,3	β	B-P	hl	ind	k
15.	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	-	1	-	-	1,3	o	B	i	alf	k

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16.	<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	–	1	1–3	1–3	1,3	o	B-P	hb	acf	k
17.	<i>C. lineata</i> Ehrenberg	–	–	–	1	0,4	χ	B	i	alf	k
18.	<i>C. pediculus</i> Ehrenberg	–	–	1	1	1,8	β	B	–	alf	k
19.	<i>C. placentula</i> Ehrenberg	1	1	2	1	1,4	o-β	B	i	alf	k
20.	<i>C. scutellum</i> Ehrenberg	1	–	–	–	2,0	β	B	hl	alf	k
21.	<i>Cocconeis</i> sp.	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–
22.	<i>Ctenophora pulchella</i> (Kützing) Williams et Round	1–5	–	–	–	2,3	β	B-P	mh	alf	–
23.	<i>Cyclotella</i> sp.	–	–	1	2	–	–	–	–	–	–
24.	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	1	–	1	–	1,7	o-β	B	i	alf	b
25.	<i>C. aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	–	–	–	1	1,6	o	B	i	alf	k
26.	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Van Heurek	1	1	–	–	2,2	β	B	i	alf	k
27.	<i>Diatoma moniliformis</i> (Kützing) Williams	–	–	1	–	–	–	B-P	hl	ind	–
28.	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve	1	–	–	1	2,0	o-α	B	i	alf	k
29.	<i>D. smithii</i> (Brébisson) Cleve	1	–	–	–	2,0	o-α	B	i	alf	k
30.	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	1	1–2	1–3	1	1,4	o-β	B	i	ind	k
31.	<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	1	3–6	1	1	0,5	χ-o	B	i	ind	k
32.	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg [= <i>Amphiprora alata</i> Kützing]	1	–	–	–	2,0	β	B-P	mh	alf	–
33.	<i>Eucocconeis laevis</i> (Østrup) Lange-Bertalot	–	–	1	1	1,5	o-β	B	–	–	–
34.	<i>Eunoia incisa</i> W. Smith ex Gregory	1	–	–	–	0,5	χ-o	B	i	acf	k
35.	<i>E. pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	–	–	–	1	0,9	o	B	hb	acf	k
36.	<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	1	–	–	–	0,4	χ-o	B	i	acf	a-a
37.	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	1	–	–	–	1,6	β-o	B-P	i	ind	k
38.	<i>F. vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	1	2	1–4	1–2	1,5	o-β	B-P	i	alf	k
39.	<i>Frustulia amphipleuroides</i> (Grunow) Cleve	–	–	1	1	0,5	χ-o	B	hb	acf	–

40.	<i>F. rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	–	2	–	–	–	χ-β	B	hb	acf	a-a
41.	<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	–	–	1	1	1,7	β-o	B	hb	alf	b
42.	<i>Gogorevia exilis</i> (Kützing) Kulikovskiy et Kociolek [= <i>Achnanthes exigua</i> Grunow]	1	–	2	1	1,5	o-β	B	i	alf	k
43.	<i>Gomphonella quadripunctata</i> (Østrup) Tuji	1	–	–	–	–	–	B	i	ind	b
44.	<i>G. olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst	1	1	1-2	1	1,45	o-β	B	i	alf	k
45.	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	–	–	–	1	1,7	β-o	B	i	alf	k
46.	<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	1	1-3	1	2,0	β	B	i	alf	k
47.	<i>G. angustum</i> C. Agardh	1	1	–	1	1,4	o	B	i	alf	b
48.	<i>G. gracile</i> Ehrenberg	–	1	–	1	1,7	β-o	B	i	ind	k
49.	<i>G. grunowii</i> Patrick et Reimer	–	–	1	1	0,4	χ-o	B-P	i	alf	k
50.	<i>G. micropus</i> Kützing	–	1	–	–	1,3	o	B	i	ind	k
51.	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	1	1	1-2	1	0,1	χ	B	i	ind	k
52.	<i>G. productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt	–	–	1	–	0,4	β	B	i	alf	k
53.	<i>G. tenue</i> Fricke	–	–	–	1	–	o	B	–	–	–
54.	<i>G. truncatum</i> Ehrenberg	–	1	–	–	1,4	o-β	B	i	alf	k
55.	<i>Gomphonema</i> sp.	1	1-3	–	–	–	–	–	–	–	–
56.	<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	–	–	–	1,8	o-α	B-P	i	alf	k
57.	<i>Halamphora coffeiformis</i> (C. Agardh) Mereschkowsky [= <i>Amphora coffeaeformis</i> (C. Agardh) Kützing]	1	–	–	–	3,0	α	B	i	alf	k
58.	<i>H. veneta</i> (Kützing) Levkov [= <i>Amphora veneta</i> Kützing]	1	–	–	–	2,6	α-β	B	i	alf	k
59.	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick	1-3	1	1-4	1	1,0	o	B	i	alf	a-a
60.	<i>H. inaequidentata</i> (Lagerstedt) Genkal et Kharitonov	1	–	–	–	–	o	B-P	i	alf	a-a
61.	<i>H. linearis</i> (Holmboe) Álvarez-Blanco et Blanco	1	–	1	1	0,3	χ	B	i	alf	a-a

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
62.	<i>H. recta</i> (Skvortzov et Meyer) Liu, Glushchenko, Kulikovskiy et Kociolek	1	–	1–2	1–2	1,0	o	B	i	alf	a-a
63.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow f. <i>amphioxys</i>	–	–	1–2	–	1,7	β -o	B-P	i	ind	k
64.	<i>H. amphioxys</i> f. <i>capitata</i> O. Müller	–	–	1	–	0,5	χ -o	B	i	alf	k
65.	<i>Haslea spicula</i> (Hickie) Bukhtiyarova	1–2	–	–	–	–	–	–	mh	–	–
66.	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	1	–	–	–	2,1	β	B	i	alf	k
67.	<i>H. hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	1	1	–	1	1,7	β -o	B	i	alf	k
68.	<i>Luticola cohni</i> (Hilse) Mann	1	1	–	–	1,0	o	B	i	ind	k
69.	<i>L. mutica</i> (Kützing) Mann	1–5	–	–	–	1,9	o- α	B	hl	ind	k
70.	<i>L. muticopsis</i> (Van Heurck) Mann	1–6	2–3	–	–	–	–	B	–	–	–
71.	<i>L. nivalis</i> (Ehrenberg) Mann	1	–	–	–	1,9	o- α	B	hl	ind	–
72.	<i>Melosira inflexa</i> (Roth) Guiry [= <i>Melosira moniliformis</i> (O. Müller) C. Agardh]	4–6	1	–	–	2,0	β	B-P	mh	alf	k
73.	<i>M. lineata</i> (Dillwyn) C. Agardh	1	–	–	–	1,8	o- α	B-P	mh	alf	–
74.	<i>M. nummuloides</i> C. Agardh	1	1	–	–	2,0	β	B-P	mh	alf	–
75.	<i>M. varians</i> C. Agardh	1	1	1	–	2,7	α - β	B-P	hb	alf	k
76.	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	–	–	1	1	1,5	o- β	B-P	i	alf	k
77.	<i>M. constrictum</i> Ralfs	1	1	1	1	–	χ	B-P	i	alf	k
78.	<i>Navicula avenacea</i> (Rabenhorst) Brébisson ex Grunow	–	5	2	–	1,4	o- β	B	hl	alf	–
79.	<i>N. capitatoradiata</i> Germain ex Gasse	–	1	1	1	2,2	β - α	B	i	alf	k
80.	<i>N. cryptocephala</i> Kützing	1	1	1	1	0,2	χ	B-P	i	alf	k
81.	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1	1	1	1	1,4	o- β	B	i	alf	k
82.	<i>N. lanceolata</i> Ehrenberg	1–3	1	1–2	1–3	3,4	α - ρ	B	hl	alf	k

83.	<i>N. menisculus</i> Schumann	–	–	–	–	1	2,1	β - α	B	i	alf	k
84.	<i>N. radiosa</i> Kützing	2	–	–	–	1	1,1	o	B	i	ind	k
85.	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	1	–	–	–	–	2,9	β	B	hl	alf	k
86.	<i>N. slesvicensis</i> Grunow	1	1–2	–	–	–	2,6	α - β	B-P	hl	alf	k
87.	<i>N. tripunctata</i> (O. Mu	1–5	1	–	–	–	1,7	β -o	B-P	i	ind	k
88.	<i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	1	1	1	1	1	1,3	o- β	B	i	alf	k
89.	<i>N. vulpina</i> Kützing	–	–	1	1	1	–	o	B	i	alf	b
90.	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	1–5	–	–	–	–	1,9	o- α	–	hl	alf	–
91.	<i>N. capitellata</i> Hustedt	1–2	–	–	–	–	3,0	α	B	mh	alf	k
92.	<i>N. clausii</i> Hantzsch	1–3	–	–	–	–	3,0	α	B-P	i	ind	k
93.	<i>N. commutata</i> Grunow	–	–	–	–	1	2,0	β	B-P	mh	alf	k
94.	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst	1–2	–	1	1	1	1,2	o	B	i	alf	k
95.	<i>N. frustulum</i> (Kützing) Grunow	1	1	–	–	–	2,3	β	B-P	i	alf	k
96.	<i>N. inconspicua</i> Grunow	1	1	–	–	–	3,0	α	B	hl	alf	–
97.	<i>N. intermedia</i> Hantzsch ex Cleve et Grunow	–	–	–	–	1	–	β	B-P	i	ind	k
98.	<i>N. linearis</i> W. Smith	–	–	1	1	1	1,3	o- β	B	i	alf	k
99.	<i>N. tenuis</i> W. Smith [= <i>Nitzschia linearis</i> var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow]	–	1	–	–	–	1,7	β -o	B	i	alf	b
100.	<i>N. nana</i> Grunow	1	–	1	–	–	–	α - β	–	–	–	–
101.	<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	1–5	1	1–2	1	1	2,8	β - ρ	B-P	i	ind	k
102.	<i>N. paleacea</i> (Grunow) Grunow	–	1	–	1	1	2,2	β	B-P	i	alf	k
103.	<i>Nitzschia</i> cf. <i>recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	1	–	1	1	1	0,0	χ	B-P	i	alf	k
104.	<i>Nitzschia</i> cf. <i>sigma</i> (Kützing) W. Smith	1	–	–	–	–	3,0	α	B	mh	alf	k
105.	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	–	–	–	1	1	1,3	o	B	i	alf	k
106.	<i>Nitzschia</i> sp.	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–
107.	<i>Odontidium anceps</i> (Ehrenberg) Ralfs [= <i>Diatoma anceps</i> (Ehrenberg) Kirchner]	1	–	–	–	–	0,6	o- χ	B-P	hb	ind	k

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
108.	<i>O. hyemale</i> (Roth) Kützing [= <i>Diatoma hyemalis</i> (Lyngbye) Heiberg]	1	–	–	–	0,3	χ	B-P	i	alf	k
109.	<i>O. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing [= <i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing]	–	–	1–3	1–3	1,0	α - β	B	hb	alf	b
110.	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	1	1	–	–	0,4	χ - α	B	i	ind	a-a
111.	<i>P. interrupta</i> W.Smith	–	–	–	1	0,3	β - α	B	i	acf	k
112.	<i>P. rupestris</i> Hantzsch	–	–	–	1	–	–	B	–	acf	–
113.	<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	–	1	1	–	0,6	α - β	B	i	ind	k
114.	<i>Placoneis elginensis</i> (Gregory) Cox	–	1	–	–	1,4	α - β	B	i	ind	k
115.	<i>Planolithidium delicatulum</i> (Kützing) Round et Bukhtiyarova	–	1	–	1	2	β	B-P	hl	alf	k
116.	<i>P. ellipticum</i> (Cleve) Edlund	–	–	–	1	–	–	B	i	alf	k
117.	<i>P. haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot	–	–	1	1	–	β - α	B-P	i	alf	k
118.	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot	1	1	1	1	2,5	β - α	B-P	i	alf	k
119.	<i>P. rostratum</i> (Østrup) Lange-Bertalot	–	–	1	1	–	–	B	i	alf	k
120.	<i>Pleurosigma</i> sp.	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
121.	<i>Prestauroneis integra</i> (W.Smith) Bruder [= <i>Navicula integra</i> (W. Smith) Ralfs]	1	–	–	–	0,4	χ - α	B	mh	ind	b
122.	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek et Stoermer f. <i>sinuata</i>	1	1–5	1–2	1	1,5	α - β	B-P	i	ind	k
123.	<i>R. sinuata</i> f. <i>antiqua</i> (Grunow) Kociolek et Stoermer	–	–	–	1	–	–	B-P	i	–	k
124.	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	1	1	2	1	0,5	χ - α	B	hl	alf	k
125.	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	1	–	–	–	1,9	α - α	B	hl	ind	k

космополитные виды (табл. 2). Из числа видов-индикаторов, являющихся показателями степени сапробности воды, наиболее представлены бетамезосапробионты (табл. 3).

Оценка качества вод по методу Пантле-Бук в модификации Сладечека показала, что в летний период 2001 г. значения индекса сапробности (S) для р. Найба изменяются в пределах от 1,71 до 1,86 (табл. 4), это означает, что воды реки имеют степень сапробности β -о-о-а, соответствуют бетамезосапробной зоне и III классу чистоты (умеренно загрязненные).

Р. Ай. На обследованном участке в нижнем течении р. Ай выявленная флора отличается невысоким разнообразием водорослей, представленных 53 видами и разновидностями диатомей из 28 родов. К числу ведущих могут быть отнесены роды *Navicula* (8 видов), *Gomphonema* (7) и *Nitzschia* (5). Частота встречаемости диатомей в р. Ай – «единично»–«нередко», и только у четырех видов оценка относительного обилия превышает эти значения. В обрастаниях твердых субстратов и высших растений, погруженных в воду, преобладает единственный вид *Encyoneta*

Таблица 2

Распределение цианобактерий и водорослей рек Найба, Ай и Очепуха по экологическим группам

Экологическая группа	Водоток			Общее число таксонов для альгофлоры	% от общего числа таксонов
	Найба	Ай	Очепуха		
Местообитание					
бентосные	47	35	48	83	59,3
планктонные	1	-	4	5	3,6
бентосно-планктонные	32	16	25	44	31,4
нет данных	6	1	4	8	5,7
Всего:	86	53	81	140	100
Галобность					
мезогалобы	10	3	1	11	7,8
галофилы	15	8	5	18	12,9
индифференты	49	36	55	83	59,3
галофобы	3	3	8	10	7,1
нет данных	9	3	12	18	12,9
Всего:	86	53	81	140	100
Отношение к pH					
алкалибионты	1	-	-	1	0,7
алкалофилы	53	35	49	83	59,3
индифференты	19	13	14	28	20,0
ацидофилы	3	2	7	10	7,1
нет данных	10	3	11	18	12,9
Всего:	86	53	81	140	100
Географическое распространение					
космополиты	60	41	62	99	70,7
бореальные	4	2	5	8	5,7
аркто-альпийские	6	3	3	7	5,0
нет данных	16	7	11	26	18,6
Всего:	86	53	81	140	100

Таблица 3

**Соотношение индикаторных видов водорослей по степени сапробности
(реки Найба, Ай и Очепуха)**

№	Сапробиологическая группа	Количество таксонов			Общее число таксонов для альгофлоры	% от общего числа таксонов
		Найба	Ай	Очепуха		
1.	Ксеносапробионты (χ , χ -о); $S = 0,0-0,50$	13	7	12	17	12,1
2.	Олигосапробионты (о- χ , χ - β , о, о- β); $S = 0,51-1,50$	21	20	34	45	32,1
3.	Бетамезосапробионты (β -о, о- α , β , β - α); $S = 1,51-2,50$	30	17	22	47	33,6
4.	Альфамезосапробионты (α - β , β - ρ , α , α - ρ); $S = 2,51-3,50$	14	6	4	14	10,0
5.	Полисапробионты (ρ - α , ρ); $S = 3,51-4,50$	-	-	-	-	-
	Нет данных	8	3	9	17	12,1
	Всего:	86	53	81	140	100

Таблица 4

Сапробные показатели воды рек Найба, Ай, Очепуха (2001, 2002, 2017 гг.)

Водоток	Индекс сапробности (S)	Степень сапробности	Класс чистоты воды
Найба	1,71–1,86	β -о-о- α	III
Ай	1,55–1,58	β -о	III
Очепуха	1,38–1,40	о	II

silesiacum, а в роли субдоминантов отмечены *Reimeria sinuata* и *Navicula avenacea* (табл. 1).

При проведении экологического анализа речной альгофлоры было выявлено, что в перифитонных сообществах находятся в большинстве бентосные виды, индифферентные по отношению к солености воды, предпочитающие слабощелочную среду обитания и космополитные виды (табл. 1, 2). По степени сапробности наиболее представлены группы олигосапробионтов и бетамезосапробионтов (табл. 3).

Согласно рассчитанным индексам сапробности для р. Ай ($S = 1,55-1,58$), ее воды в августе 2002 года имеют степень сапробности β -о, соответствуют бетамезосапробной зоне, III классу чистоты (табл. 4).

Р. Очепуха. Видовой состав перифитона в верхней ритрали р. Очепуха формируют цианобактерии, динофлагелляты, диатомовые и зеленые водоросли. Флористически наиболее разнообразно представлены диатомовые водоросли (94 % от общего количества видов, 74 вида и внутривидовых таксона). По количеству видов в тройку лидирующих отнесены роды *Gomphonema*, *Navicula* (по 8 видов и внутривидовых таксонов) и *Nitzschia* (9). Отдел Cyanobacteria включает три вида, один из которых – *Tapinothrix varians* – развивается на камнях и в июне, и в июле. Два других представителя этой группы (*Microcoleus autumnalis* и *Phormidium granulatum*) отмечены только в июне. Динофлагелляты и зеленые водоросли представлены по одному виду (*Ceratium hirundinella* и *Ulothrix zonata*). Зеленые обнаружены в июне, динофлагелляты – в июле (табл. 1).

Наибольшее количество видов зарегистрировано в июле (66 таксонов рангом ниже рода против 56 в июне). В целом, видовой состав водорослей перифитона в июне незначительно отличается от такового в июле. Коэффициент видового сходства Чекановского-Серенсена, рассчитанный для двух месяцев, достаточно высокий и составляет 0,80.

Почти повсеместно (частота встречаемости 80–85 %) в обрастаниях природных субстратов в исследуемый период встречаются *Cocconeis euglypta*, *Gomphonema angustatum*, *G. parvulum*, *Odontidium mesodon*.

В июне численность водорослей на разных участках варьирует в пределах 0,08–45,68 млрд кл./м², биомасса – 0,007–2,63 г/м². Наиболее многочисленными являются обрастания в зоне левобережной и правобережной рипали, где на глубинах 0,13–0,16 м при скорости течения 0,30–0,51 м/с доминируют цианобактерии *T. varians* (49–98 % от общей численности) и диатомовые *Fragilaria vaucheriae* (28 %). Здесь же зарегистрированы и наибольшие значения биомассы. При этом на станции 2 доминируют *Navicula viridula* (49 % от общей биомассы) и *U. zonata* (20 %), на станции 6 – *O. mesodon* (56 %).

На срединных станциях (станции 4–5), где глубина составляет 0,04–0,10 м, а скорость течения – 0,36–0,46 м/с, численность водорослей не превышает 5,1 млрд кл./м², биомасса – 0,28 г/м². Доминируют на этом участке *T. varians* (62–72 % от общей численности) и *O. mesodon* (25–54 % от общей биомассы).

Особняком выделяется мелководная станция 3 (глубина 0,02 м), характеризующаяся минимальными количественными характеристиками в июне (рис. 2). Здесь на галечно-каменистых субстратах при скорости течения 0,26 м/с не обнаружены цианобактерии, и обрастания представлены исключительно диатомовыми водорослями, численность которых составляет 0,08 млрд кл./м², биомасса – 0,007 г/м².

В июле – в период летней межени – наблюдается резкое снижение показателей развития водорослей перифитона. Предельные значения численности составляют 0,03–6,99 млрд кл./м², биомассы – 0,0004–2,118 г/м². Наибольшего развития водоросли достигают в обрастаниях левобережной рипали, где на глубине 0,15 м при скорости течения 0,56 м/с доминируют *Navicula lanceolata* (37 % от общей численности, 69 % от общей биомассы) и *C. euglypta* (27 % от общей численности). В отличие от левобережной рипали, в правобережной ее стороне с галечно-песчаным типом грунта при небольшой скорости придонного течения (0,00–0,34 м/с) наблюдаются низкие количественные показатели альгосообществ: численность изменяется от 0,05 до 0,41 млрд кл./м², биомасса – от 0,0004 до 0,003 г/м². Основу численности на камнях в стоячей воде (станция 1) составляют *T. varians* (98 %), биомассы – *C. euglypta* (27 %) и *Navicula vulpina* (24 %). На станции 2, расположенной в 2,45 м от берега при скорости 0,34 м/с доминируют *Cocconeis pediculus* (24 % от общей численности, 36 % от общей биомассы) и *Encyonema minutum* (27 % от общей численности).

В центральной части исследуемой зоны водотока максимальная численность (2,48 млрд кл./м²) за счет вегетации *T. varians* (99 %) зарегистрирована на станции 5, максимальная биомасса (0,059 г/м²) при доминировании *C. euglypta* – на станции 4 (рис. 3).

В эколого-географическом отношении преобладают бентосные формы (62 % от общего количества видов), алкалифилы (61 %), космополиты (73 %), в санитарно-биологическом – олигосапробионты (21 %) и олиго-бетамезосапробионты (19 %) (табл. 1, 2, 3).

В результате оценки качества воды р. Очепуха на наличие органического загрязнения в летний период 2017 г. получены следующие данные: средние значения

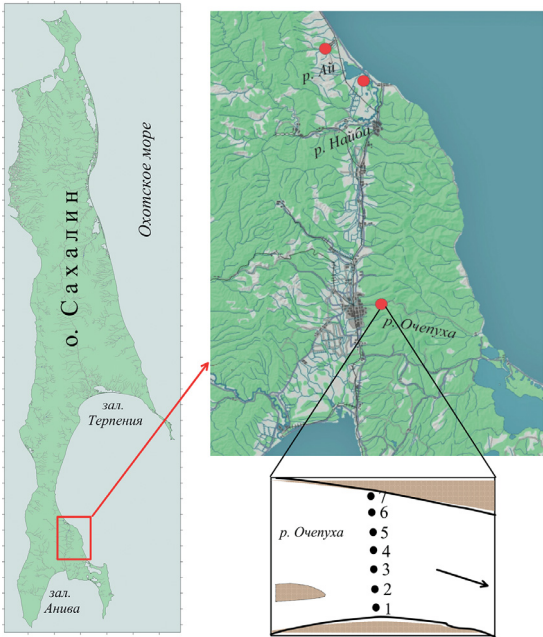


Рис. 1. Карта-схема района исследований (1–7 – номера станций отбора проб на р. Очепуха)

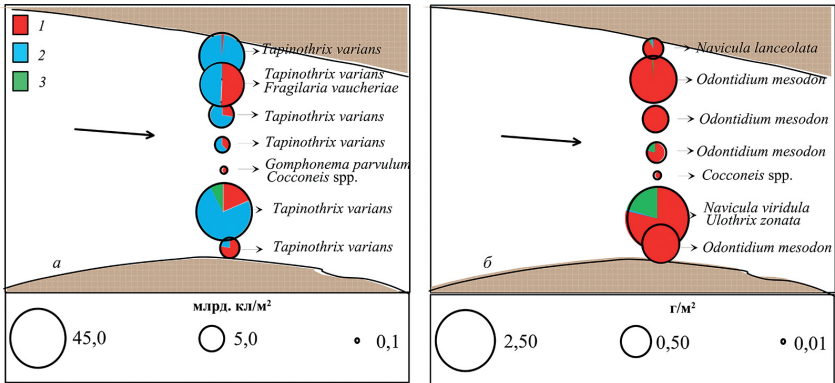


Рис. 2. Распределение водорослей перифитона в эпиритрали р. Очепуха в июне 2017 г.: а – общей численности и доминирующих видов по численности, б – общей биомассы и доминирующих видов по биомассе. 1 – диатомовые, 2 – цианобактерии, 3 – зеленые

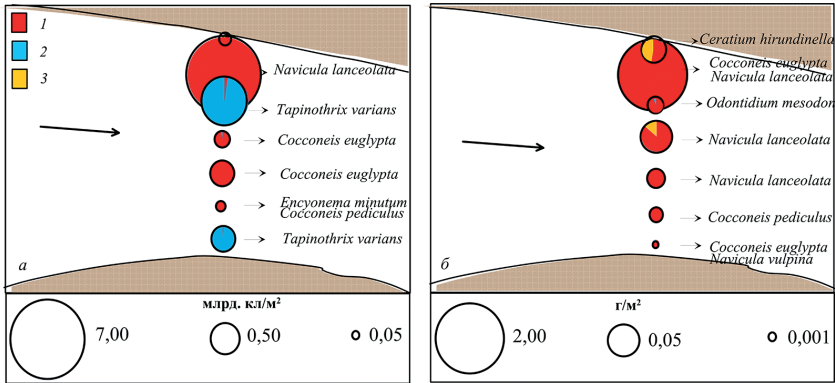


Рис. 3. Распределение водорослей перифитона в эпиритрали р. Очепуха в июле 2017 г.: а – общей численности и доминирующих видов по численности, б – общей биомассы и доминирующих видов по биомассе. 1 – диатомовые, 2 – цианобактерии, 3 – динофлагелляты

S в июне равны 1,38, в июле – 1,40 и степень сапробности оценена как о, воды отнесены к олигосапробной зоне и II классу (чистые) (табл. 4).

Видовое богатство цианобактерий и водорослей объединенной флоры обследованных водотоков (р. Найба, р. Ай и р. Очепуха) в летний период 2001, 2002 и 2017 гг. представлено 140 видами, разновидностями и формами из 4 отделов и 54 родов (табл. 1). Основу изученной альгофлоры составляют диатомовые водоросли (подотдел Bacillariophytina), включающие 132 вида (134 с учетом внутривидовых таксонов), и на долю которых приходится 95,7 % от общего видового состава. Такое соотношение, как правило, свойственно флорам речных экосистем Дальнего Востока (Никулина, 2006, 2009, 2011; Коновалова, Мотылькова, 2008, 2011а, б; Медведева, 2013 и др.). В систематической структуре альгофлоры наибольшее количество таксонов принадлежит родам диатомовых водорослей: *Nitzschia* – 17, *Navicula* – 12 и *Gomphonema* – 11 видов, что характерно для перифитонных сообществ водотоков разных географических областей (Беляева, 2011).

В обследованных нами водотоках комплексы преобладающих видов с учетом относительной и абсолютной численности формируют цианобактерии *Microcoleus autumnalis*, *Tapinothrix varians* и диатомеи *Cocconeis euglypta*, *Ctenophora pulchella*, *Gomphonema angustatum*, *G. parvulum*, *Encyonema silesiacum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Luticola mutica*, *L. muticopsis*, *Melosira inflexa*, *Navicula avenacea*, *N. tripunctata*, *Nitzschia palea*, *N. brevissima*, *Odontidium mesodon*, *Reimeria sinuata*. В число доминирующих видов с высокими значениями биомассы входят *Ceratium hirundinella*, *Cocconeis pediculus*, *C. euglypta*, *Encyonema minutum*, *Navicula lanceolata*, *N. viridula*, *N. vulpina*, *Odontidium mesodon*, *Ulothrix zonata*.

Эколого-географический анализ объединенной альгофлоры показал, что сведения о приуроченности водорослей к местообитанию известны для 94,3 % от общего числа видов, разновидностей и форм, отмеченных для исследованного района. Большинство найденных водорослей относится к обитателям бентоса (59,3 %). Для 122 видов, разновидностей и форм водорослей известны данные по отношению к солености (87,1 %). Самая многочисленная группа – водоросли, индифферентные к изменению солености, их доля составляет 59,3 % от общего числа таксонов. Данные по отношению к pH среды известны для 87,1 % видов, разновидностей и форм водорослей от общего числа таксонов, среди них преобладают алкалифилы (59,3 %). Географическое распространение известно для 81,4 % внутривидовых таксонов от общего их числа. Доля широко распространенных или космополитных видов – 70,7 % (табл. 1, 2). Показателями степени сапробности воды являются 87,9 % от общего числа таксонов в альгофлоре изученного района. Наиболее представлены олигосапробионты и бетамезосапробионты, которых отмечено 32,1 и 33,6 %, соответственно (табл. 3).

В результате оценки качества вод по методу Пантле-Бук в модификации Сладчека, с целью выявления органического загрязнения в реках Найба, Ай и Очепуха, установили, что водотоки могут быть отнесены к олиго- и бетамезосапробной зонам, II и III классу чистоты вод (чистые и умеренно загрязненные).

Заключение

Сводный видовой список водорослей перифитона рек Найба, Ай, Очепуха представлен 140 видами и внутривидовыми таксонами из отделов Cyanobacteria, Heterokontophyta (подотдел Bacillariophytina), Dinoflagellata и Chlorophyta. В обработках реки Найба зарегистрировано 86 видов и разновидностей цианобактерий

и водорослей, р. Ай – 53, р. Очепуха – 81. Во всех водотоках основу альгофлоры составляют диатомовые водоросли (93–100 %), среди которых ведущими родами являются *Gomphonema*, *Navicula* и *Nitzschia*. По отношению к местообитанию повсеместно преобладают бентосные формы, pH среды – алкалифилы, галобности – виды, индифферентные к изменению солености. В санитарно-биологическом отношении наблюдается превалирование олигосапробионтов и бетамезосапробионтов.

В перифитонных сообществах устьевого участка р. Найба доминируют *Luticola muticopsis* и *Melosira inflexa* (субдоминанты – *Microcoleus autumnalis*, *Ctenophora pulchella*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia palea*, *N. brevissima* и *Luticola mutica*), в нижнем течении р. Ай – *Encyonema silesiacum* (субдоминанты – *Reimeria sinuata* и *Navicula avenacea*), в среднем течении р. Очепуха – *Cocconeis euglypta*, *C. pediculus*, *Encyonema minutum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula lanceolata*, *Tapinothrix varians*.

Численность водорослей в р. Очепуха варьирует в пределах 0,03–45,68 млрд кл./м², биомасса – 0,004–2,63 г/м². Наибольшего развития водоросли достигают в июне. Средняя численность цианобактерий и водорослей перифитона в июне составляет 1,83 млрд кл./м², в июле – 0,15 млрд кл./м².

Большинство найденных водорослей относится к обитателям бентоса (59,3 % от общего числа видов, разновидностей и форм). Для 122 внутривидовых таксонов известны данные по отношению к солености (87,1 %), самая многочисленная группа – индифференты и их доля составляет 59,3 %. Данные по отношению к pH среды известны для 87,1 %, среди них преобладают алкалифилы (59,3 %). Географическое распространение известно для 81,4 % внутривидовых таксонов, доля широко распространенных или космополитных видов – 70,7 %. Показателями степени сапробности воды являются 87,9 % от общего числа таксонов в альгофлоре изученного района. Наиболее обильно представлены олигосапробионты и бетамезосапробионты, которых отмечено 32,1 и 33,6 %, соответственно. Согласно методу Пантле-Бук в модификации Сладечека водотоки являются чистыми и умеренно загрязненными, их воды относятся к олиго- и бетамезосапробной зонам, что соответствует II и III классу чистоты вод.

Благодарности

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

Авторы выражают искреннюю благодарность д. б. н., ведущему научному сотруднику «СахНИРО» В.С. Лабаю за отбор проб перифитона и предоставление гидрофизических данных р. Очепуха.

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.
- Беляева П.Г. 2011. Структура фитоперифитонных сообществ в речных экосистемах (Обзор) // Известия Пензенского гос. педагогического университета имени В.Г. Белинского. № 4. С. 484–492.
- Водоросли. Справочник. 1989. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Киев: Наукова думка. 608 с.
- Живоглядова Л.А., Лабай В.С., Даирова Д.С., Мотылькова И.В., Никитин В.Д., Полтева А.В., Галанина Е.В. 2016. Структура донных сообществ малых рек южного Сахалина в летне-осенний период на примере притоков р. Лютога // Изв. ТИНРО. Т. 184, № 1. С. 178–185.
- Кольцова Т.И. 1970. Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. № 6. С. 114–120.

- Коновалова Н.В., Мотылькова И.В. 2008.** Микроперифитон р. Поронай (о. Сахалин) // Перифитон и обрастание: теория и практика: тез. междунар. науч.-практ. конф. СПб. С. 50–51.
- Коновалова Н.В., Мотылькова И.В. 2011а.** Фитоперифитон бассейна реки Новоселка // Тр. СахНИРО. Т. 12. С. 119–130.
- Коновалова Н.В., Мотылькова И.В. 2011б.** Фитоперифитон нижнего течения р. Тымь в сентябре 2009 г. (о. Сахалин) // Разнообразие почв и биоты северной и центральной Азии: материалы II междунар. науч. конф. Улан-Удэ (Россия), 20–25 июня 2011 г.: в 3 т. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. Т. 2. С. 194–195.
- Кордэ Н.В. 1956.** Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР. Т. 4, ч. 1. С. 383–413.
- Корнева Л.Г. 2015.** Фитопланктон водохранилищ бассейна Волги. Кострома: Костромской печатный дом. 284 с.
- Лабай В.С., Живоглядова Л.А., Полтева А.В., Мотылькова И.В., Коновалова Н.В., Заварзин Д.С., Баранчук-Червонный Л.Н., Кордюков А.В., Даирова Д.С., Никитин В.Д., Живоглядов А.А., Заварзина Н.К., Сафронов С.Н. 2015.** Естественная история Сахалина и Курильских островов. Водотоки острова Сахалин: жизнь в текучей воде. Южно-Сахалинск: Сах. обл. краеведч. музеев. 236 с.
- Лабай В.С., Живоглядова Л.А., Никитин В.Д., Коновалова Н.В., Мотылькова И.В. 2017.** Трофодинамика экосистемы ритрала «лососевой» реки южного Сахалина на примере реки Лютога // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 7. Владивосток: Дальнаука. С. 90–117.
- Латковская Е.М., Никулина Т.В., Могильникова Т.А., Корнева Т.Г. 2014.** Материалы к изучению гидрохимических параметров и альгофлоры рек южной части о-ва Сахалин // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 6. Владивосток: Дальнаука. С. 380–392.
- Макарова И.В., Пичкилы Л.О. 1970.** К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Бот. журн. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
- Медведева Л.А., Миски А.В. 2011.** Материалы к флоре пресноводных водорослей западного побережья острова Сахалин // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С. 346–359.
- Медведева Л.А. 2013.** Первые результаты альгологического обследования реки Даги (о. Сахалин) // Жизнь пресных вод. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. С. 38–48.
- Медведева Л.А., Никулина Т.В. 2014.** Каталог пресноводных водорослей юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 271 с.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. 1975.** М.: Наука. 241 с.
- Могильникова Т.А., Латковская Е.М., Никулина Т.В. 2013.** Пространственная изменчивость гидрохимических показателей и водорослевых сообществ на границе река–море // Жизнь пресных вод. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука. С. 212–225.
- Мотылькова И.В. 2021.** Видовой состав и эколого-географическая характеристика фитоперифитона бассейна р. Лютога (о. Сахалин) // Геосистемы переходных зон. Т. 5, № 4. С. 399–427.
- Никулина Т.В. 2005.** Диатомовые водоросли (Bacillariophyta) юга острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин (материалы Международного Сахалинского проекта). Ч. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 8–20.
- Никулина Т.В. 2006.** Структура альгосообществ и оценка качества воды в р. Раздольная и ее притоке р. Комаровка (Приморье, Россия) // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: тез. докл. междунар. конф. СПб. С. 112–113.
- Никулина Т.В. 2009.** Структура альгосообществ и оценка качества воды рек Тымь и Поронай (о. Сахалин, Россия) // X Съезд Гидробиологического общества при РАН: тез. докл. Владивосток: Дальнаука. С. 291–292.
- Никулина Т.В. 2011.** Пространственная динамика перифитонных альгосообществ и изменение качества воды в бассейне р. Тымь (о-в Сахалин, Россия) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука. С. 395–410.
- Песенко Ю.А. 1982.** Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва: Наука. 287 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973.** Т. 18. Дальний Восток. Вып. 4. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеониздат. 262 с.
- Сладечек В. 1967.** Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука. С. 26–31.
- Хоменко З.Н. 2003.** Справочник по физической географии Сахалинской области. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство. 110 с.

- Guiry M.D., Guiry G.M. 2016–2024.** AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (accessed 15.08.2024).
- Nikulina T.V. 2009.** Diatoms of hot springs of Sakhalin Island (Far East, Russia) // *Phycologia*. Vol. 48, N 4. P. 93.
- Nikulina T.V. 2013.** Diatom flora of fresh and brackish water bodies of the Sakhalin Island (Far East, Russia) // *Diatoms diversity and distribution, role in biotechnology and environmental impacts*. New York: Nova Science Publ. P. 35–86.
- Nikulina T.V., Kociolek J.P. 2011.** Diatoms from hot springs from Kuril and Sakhalin Islands (Far East, Russia) // *The Diatom World*. London. New York: Springer. P. 333–363.
- Pantle F., Buck H. 1955.** Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Bd 96, 18. 604 S.
- Swift E. 1967.** Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // *Phycologia*. Vol. 6, N 2–3. P. 161–163.