

УДК 581.526.325(282.257.5)

Т.В. Никулина<sup>1</sup>, С.Е. Кульбачный<sup>2\*</sup>

- <sup>1</sup> Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты  
Восточной Азии ДВО РАН,  
690022, г. Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159;  
<sup>2</sup> Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО),  
680038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а

### ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД Р. АМУР В РАЙОНЕ Г. ХАБАРОВСК В БЕЗЛЕДНЫЙ ПЕРИОД 2018–2019 ГГ.

В результате обследования основного русла р. Амур в районе г. Хабаровск (на участках выше и ниже подводного перехода) в весенне-осенний период 2018–2019 гг. выявлены структура и видовой состав фитопланктонных сообществ. Альгофлора включала 173 вида (с учетом разновидностей и форм — 187 таксонов) цианобактерий и водорослей из 8 отделов и 75 родов. Доля диатомей в альгофлоре составляла 94,7 % от общего видового состава. Фитопланктон р. Амур в районе подводного перехода в весенне-осенний период 2018–2019 гг. характеризовался массовым развитием диатомовых и харовых водорослей (*Asterionella formosa*, *Aulacoseira islandica*, *A. ambigua*, *A. granulata* var. *granulata*, *A. granulata* var. *angustissima*, *Ulnaria ulna*, *Diatoma tenue*, *Nitzschia acicularis*, *Stephanodiscus* sp., *Tabellaria flocculosa*, *Hannaea arcus* var. *rectus*, *Melosira varians*, *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *F. crotonensis* и *Mougeotia* sp. ster.). Общие показатели численности и биомассы цианобактерий и водорослей планктона в весенне-летний период 2018–2019 гг. варьировали в пределах  $N_{\text{общ}} = 1,74\text{--}5724,39$  млн кл./л и  $B_{\text{общ}} = 2,5\text{--}2648,5$  мг/л, а в осенний период —  $N_{\text{общ}} = 0,07\text{--}0,62$  млн кл./л и  $B_{\text{общ}} = 0,2\text{--}1,4$  мг/л. Воды Среднего Амура в районе г. Хабаровск отнесены к бетамезосапробной зоне, соответствовали III классу чистоты и классифицированы как слабозагрязненные (по методу Пантле-Бук в модификации Сладечека).

**Ключевые слова:** фитопланктон, диатомовые водоросли, альгофлора, Средний Амур, Дальний Восток.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-640-661.

**Nikulina T.V., Kulbachnyi S.E.** Characteristic of phytoplankton and water quality assessment in the Amur River at Khabarovsk in the ice-free period of 2018–2019 // *Izv. TINRO*. — 2021. — Vol. 201, Iss. 3. — P. 640–661.

\* Никулина Татьяна Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: nikulinatv@mail.ru, nikulina@biosoil.ru; Кульбачный Сергей Евгеньевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, e-mail: kulbachnyi@mail.ru.

Nikulina Tatiana V., Ph.D., senior researcher, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 159, Prospect 100<sup>th</sup> anniversary of Vladivostok, Vladivostok, 690022, Russia, e-mail: nikulinatv@mail.ru, nikulina@biosoil.ru; Kulbachnyi Sergey E., Ph.D., head of laboratory, Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO), 13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia, e-mail: kulbachnyi@mail.ru.

Species composition and taxonomic structure of phytoplankton communities in the main channel of the Amur at Khabarovsk (Russia) were monitored from spring to autumn of 2018–2019. In total, 187 species, varieties and forms of algae and cyanobacteria were found belonged to 8 phyla (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Heterokontophyta, Rhodophyta, Euglenozoa, and Miozoa) and 75 genera. Diatoms formed the basis of the algal flora (94.7 % of the total species number). Mass vegetations of the diatoms and charophytes were observed with dominance of *Asterionella formosa*, *Aulacoseira islandica*, *A. ambigua*, *A. granulata* var. *granulata*, *A. granulata* var. *angustissima*, *Ulnaria ulna*, *Diatoma tenue*, *Nitzschia acicularis*, *Stephanodiscus* sp., *Tabellaria flocculosa*, *Hannaea arcus* var. *rectus*, *Melosira varians*, *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *F. crotonensis*, and *Mougeotia* sp. ster. Total number and biomass of plankton algae and cyanobacteria varied in the ranges of 1.74–5724.39 million cells/L and 2.5–2648.5 mg/L in spring-summer and 0.07–0.62 million cells/L and 0.2–1.4 mg/L in autumn. The water quality was evaluated by Pantle-Buck method modified by Sládeček as the betamezosaprobic III class (slightly polluted).

**Key words:** phytoplankton, diatom, algal flora, Amur River, Far East.

## Введение

Изучение альгофлоры бассейна Среднего и Нижнего Амура проводится российскими альгологами продолжительное время. Большой массив данных о видовом составе и структуре фитопланктонных сообществ бассейна Среднего Амура изложен в ряде публикаций [Кухаренко и др., 1986; Кухаренко, 1998; Медведева, 1999, 2006, 2007; Саватеев, 2005, 2008; Саватеев, Медведева, 2005, 2008; Медведева, Саватеев, 2007; Медведева, Сиротский, 2007; Никулина, 2007, 2013; Медведева и др., 2008, 2015; Краснова и др., 2013, 2016; и др.]. В то же время альгофлора основного русла р. Амур в среднем течении изучена крайне слабо. Первые сведения о видовом составе сообществ фитопланктона Амура ниже устья р. Сунгари известны из работы Н.П. Мокеевой [1963]. Исследования по оценке экологического состояния Амура после техногенной аварии, случившейся в 2005 г. в бассейне р. Сунгари, были проведены коллективом ученых [Barinova et al., 2015]. Выявление видового состава диатомовых водорослей в агрегациях взвесей в водах Амура в районе г. Хабаровск проведено в осенний период 2015 г. [Стенина и др., 2016]; выявлено 16 видов и разновидностей диатомей (10 центрических и 6 пеннатных). В публикации Т.В. Никулиной [2019] изложены данные о видовом составе, количественных характеристиках фитопланктонных сообществ р. Амур в районе г. Благовещенск, а также — результаты оценки органического загрязнения вод этого участка реки.

Альгологическим исследованиям озерных систем нижнеамурской поймы посвящены публикации Б.В. Скворцова [1917], А.Г. Хахиной [1937, 1948] и других российских исследователей [Баринаова, Сиротский, 1991; Телекало, Чекань, 1996; Никулина, 2014], а диатомовая флора притоков нижнего течения Амура описана в работе С.С. Бариновой и Л.А. Медведевой [1989]. Результаты изучения видового богатства водорослей планктона и перифитона основного русла, проток Нижнего Амура и опресненной части Амурского лимана изложены в литературе [Скворцов, 1918; Skvortzow, 1931; Халфина, 1966; Генкал, Кухаренко, 1990; Кухаренко, Науменко, 1990; Баринаова, Сиротский, 1991; Никулина, 2014; и др.].

Наиболее полные сведения об истории изучения альгофлоры бассейна Среднего и Нижнего Амура и ее видовой состав приведены в обобщающих работах Л.А. Медведевой, С.Е. Сиротского, З.П. Оглы и Т.В. Никулиной [Медведева, 2001; Медведева, Сиротский, 2002; Медведева, Никулина, 2014; Nikulina, Medvedeva, 2019].

Своевременная, максимально полная и достоверная информация о качестве окружающей среды необходима в постоянно меняющихся условиях для выявления причин возникающих неблагоприятных экологических ситуаций и полезна для сравнения экологической обстановки в будущем.

Цель настоящего исследования — получение исходной информации об альгофлоре и структуре фитопланктонных сообществ в среднем течении Амура в районе проведения масштабного строительства нефтепровода. Для достижения цели были

получены данные о видовом составе, количественных характеристиках (численности и биомассе) цианобактерий и водорослей планктонных сообществ в основном русле р. Амур выше и ниже подводного нефтепровода, оценено качество вод по присутствию видов водорослей — индикаторов органического загрязнения в мае-октябре 2018–2019 гг.

### Материалы и методы

Водный режим бассейна р. Амур обусловлен муссонным характером климата и характеризуется преобладанием летне-осенних и менее ярко выраженных весенних паводков. Значительные колебания уровня воды в летне-осенний период происходят из-за выпадения обильных дождей, которые составляют до 75–80 % годового стока. Колебания уровня в русле реки относительно межени составляют от 10–15 м в Верхнем и Среднем и до 6–8 м на Нижнем Амуре. Наиболее значительные паводки проходят обычно в конце июля — начале августа и часто сопровождаются катастрофическими наводнениями [Ресурсы..., 1966; Карасев, Худяков, 1984].

Ледостав на Амуре наблюдается с октября по апрель, в зимнюю межень отмечается минимальный уровень воды в реках. В первой декаде марта начинается таяние льда, влекущее за собой весеннее половодье.

Начало подъема воды в 2018 г. приходилось на середину апреля, подъем воды продолжался равномерно до середины мая, уровень воды достиг 1,65 м. Далее, как и обычно, начался спад уровня воды вплоть до летнего паводка с интенсивным подъемом воды, вызванным продолжительными ливневыми дождями. К началу августа уровень воды Амурского гидропосту достигал 4,8–5,2 м\*.

Летом 2019 г. в бассейне р. Амур произошло очередное крупное наводнение, одно из крупнейших за всю историю гидрологических наблюдений с 1896 г., вызванное сильными ливнями. Уровень р. Амур в Хабаровске достигал отметки 6,44 м\*\*.

Работы по изучению цианобактерий и водорослей планктона выполнены в рамках производственно-экологического мониторинга при прокладке подводного нефтепровода через р. Амур (укладка нефтепровода выполнялась с 01.04.2018 по 01.11.2018 г. и с 01.04.2019 по 01.11.2019 г.). Место исследований расположено вблизи г. Хабаровск, в Хабаровском районе Хабаровского края, на стыке Среднего и Нижнего Амурского. Отбор альгологического материала проведен в основном русле р. Амур на двух станциях — выше и ниже строящегося подводного нефтепровода (рис. 1) в мае, июне, сентябре, октябре 2018 и 2019 гг.

Первая станция расположена в 30 км от г. Хабаровск — выше подводного нефтепровода (N 48°44,572' E 135°24,723'), вторая — ниже по течению от подводного нефтепровода (N 48°44,894' E 135°26,669'), расстояние между станциями — 3 км. Ширина русла Амурского в районе проведения работ в среднем составляет 3 км, скорость течения около 4 км/ч, грунты в основном песчано-галечные, с илистыми отложениями.

Количественные и качественные пробы фитопланктона отобраны сотрудниками ХабаровскНИРО по стандартным методикам, с использованием планктонной сети Апштейна. Собранный альгологический материал был зафиксирован раствором формалина при 4 %-ной конечной концентрации в пробе и обработан согласно общепринятым методикам [Голлербах, Полянский, 1951; Водоросли, 1989]. Всего исследовано 32 качественные и количественные пробы.

Для оценки степени органического загрязнения вод р. Амур использовали метод Пантле-Бук [Pantle, BUCK, 1955] в модификации Сладечека [1967], основанный на выявлении видов водорослей — индикаторов органического загрязнения. Определенные

---

\* Новости Хабаровска, 2018. <http://khabarovsk-news.net/society/2018/08/05/106869.html>.

\*\* Хабаровский край сегодня, 2019. [https://todaykhv.ru/news/society/22069/?sphrase\\_id=2771479](https://todaykhv.ru/news/society/22069/?sphrase_id=2771479).

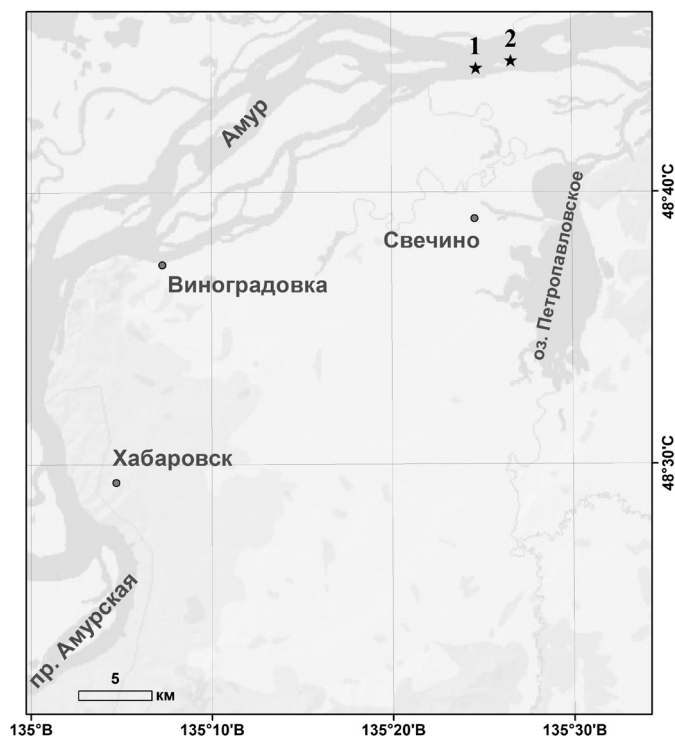


Рис. 1. Карта-схема района отбора альгологических проб (звездочками обозначены станции 1 и 2)

Fig. 1. Scheme of sampling (asterisks indicate the stations 1 and 2)

значения индексов сапробности ( $s$ ), присвоенные каждому из показательных видов, сведены в списки индикаторов сапробности [Унифицированные методы..., 1983\*; Sládeček, 1986; Водоросли, 1989; Барина и др., 2006]. Индекс сапробности водоема или его участка — это среднее арифметическое значение индексов сапробности всех качественных альгологических проб, которые вычисляли по формуле

$$S_s = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h},$$

где  $S_s$  — индекс сапробности пробы;  $s$  — индекс сапробности индикаторного вида;  $h$  — частота встречаемости сапробионта в пробе по шестибальной шкале Кордэ [1956].

При обработке качественных проб для каждого вида отмечалась относительная частота встречаемости по шестибальной шкале: 1 — единично, 2 — редко, 3 — нередко, 4 — часто, 5 — очень часто, 6 — масса [Кордэ, 1956]. При составлении видового списка водорослей учитывалась только относительная частота встречаемости, отражающая численность организмов без учета их биомассы. В списке водорослей названия внутри отделов располагали в алфавитном порядке; родовые и видовые названия водорослей приведены согласно общепризнанной мировой базе альгологических данных AlgaeBase\*\*. Виды водорослей рода *Closterium* отнесены к отделу Charophyta в соответствии с современными систематическими изменениями\*\*.

\* Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3: Методы биологического анализа вод. М.: СЭВ, 1983. 371 с.

\*\* Guiry M.D. and Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland, 2019. <https://www.algaebase.org>.

### Результаты и их обсуждение

В безледный период (май-октябрь) 2018–2019 гг. в основном русле р. Амур в районе г. Хабаровск, выше и ниже подводного нефтепровода, выявлен видовой состав водорослей планктона и описана структура фитопланктонных сообществ. Всего обнаружено 173 вида (с учетом видов, разновидностей и форм — 187 таксонов) цианобактерий и водорослей из 8 отделов и 75 родов (табл. 1, 2).

Таблица 1  
Таксономический состав водорослей планктона р. Амур в районе г. Хабаровск, май-октябрь 2018–2019 гг.

Table 1

Taxonomic composition of plankton algae in the Amur River at Khabarovsk, May-October 2018–2019

Отдел	Род	Вид	Вид, разновидность, форма
Cyanobacteria (Cyanoprokaryota)	5	5	5
Euglenozoa (Euglenophyta)	2	2	2
Miozoa (Dinophyta)	1	1	1
Bacillariophyta	44	130	143
Chlorophyta	16	21	22
Charophyta (Chlorophyta)	4	10	10
Heterokontophyta (Chrysophyta, Xanthophyta)	2	3	3
Rhodophyta	1	1	1
<b>Всего</b>	<b>75</b>	<b>173</b>	<b>187</b>

Таблица 2

Видовой состав водорослей планктона р. Амур в районе г. Хабаровск, май-октябрь 2018–2019 гг.

Table 2

Species composition of plankton algae in the Amur River at Khabarovsk, May-October 2018–2019

№	Вид	Станция 1		Станция 2		Сапробная характеристика	Индекс сапробности
		2018	2019	2018	2019		
<b>Cyanobacteria (Cyanoprokaryota)</b>							
1	<i>Anabaena</i> sp.	1	1	–	1	–	–
2	<i>Chamaesiphon confervicola</i> A. Braun	–	–	1	–	$\chi$ - $\beta$	0,9
3	<i>Lyngbya aestuarii</i> (Mertens) Liebman ex Gomont	2	1	1	1	o	1,3
4	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kützing emend. Elenkin	1	–	–	–	$\beta$ -o	1,8
5	<i>Phormidium limosum</i> (Dillwyn) P.C. Silva	1	–	–	–	$\beta$	2,3
<b>Euglenozoa (Euglenophyta)</b>							
6	<i>Euglena acus</i> Ehrenberg	–	1	–	–	$\beta$	2,2
7	<i>Trachelomonas caudata</i> (Ehrenberg) Stein	–	1	–	–	o- $\alpha$	2,0
<b>Miozoa (Dinophyta)</b>							
8	<i>Peridiniopsis quadridens</i> (Stein) Bourrelly	–	–	1	–	–	–
<b>Bacillariophyta</b>							
9	<i>Achnantheidium coarctatum</i> Brébisson ex W. Smith	–	1	–	1	o- $\alpha$	1,90
10	<i>A. exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	1	–	1	–	o- $\beta$	1,50
11	<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1	1–2	1–2	1	o- $\beta$	1,50
12	<i>Achnanthes inflata</i> (Kützing) Grunow	–	1	–	–	–	–
13	<i>Achnanthes</i> sp.	1	–	–	–	–	–
14	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	1	–	1	–	–	–
15	<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow ex A. Schmidt	1	–	–	–	o- $\beta$	1,40
16	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	2–6	3–6	1–6	3–6	o	1,0
17	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	1–3	2–4	1–3	3–4	$\alpha$ - $\beta$	2,60
18	<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>granulata</i>	2–4	3–4	2–4	2–3	$\beta$ - $\alpha$	2,40

№	Вид	Станция 1		Станция 2		Сапробная характеристика	Индекс сапробности
		2018	2019	2018	2019		
19	<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> f. <i>curvata</i> (Hustedt) Davidova et Moisseeva	1	–	–	–	–	–
20	<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Hustedt	1–3	2–4	1–3	3–4	$\beta$ - $\alpha$	2,40
21	<i>A. islandica</i> (O. Müller) Simonsen	2–4	4–5	2–5	4–5	$\alpha$ - $\chi$	0,60
22	<i>A. subarctica</i> (O. Müller) Haworth	1–2	3	1	3	$\alpha$ - $\beta$	1,30
23	<i>Brebissonia boeckii</i> (Ehrenberg) E. O'Meara	1	–	1	1	–	–
24	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	–	1	–	–	$\chi$	0,30
25	<i>Caloneis</i> sp.	–	–	1	–	–	–
26	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	2	–	1	–	$\alpha$ - $\beta$	1,40
27	<i>C. placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	1–2	1	1	1	–	–
28	<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	1	–	–	–	$\chi$	0,40
29	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann	–	–	1	–	$\alpha$ - $\beta$	1,20
30	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	1–2	1–2	1	1	$\alpha$ - $\alpha$	1,80
31	<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	1	1	1	–	$\beta$	2,35
32	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	–	1	1	1	$\beta$ - $\alpha$	1,70
33	<i>C. aspera</i> (Ehrenberg) H. Peragallo	–	–	1	1	$\beta$ - $\alpha$	1,60
34	<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	–	1	–	–	$\alpha$	1,20
35	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Van Heurck	1	–	1	–	$\chi$	0,20
36	<i>C. turgidula</i> Grunow	1	–	1	–	–	–
37	<i>Cymboplectra angustata</i> (W. Smith) Krammer	–	–	1	–	–	–
38	<i>C. cuspidata</i> (Kützing) Krammer	1	–	1	–	$\alpha$	1,20
39	<i>C. naviculiformis</i> (Auerswald) Krammer	–	1	–	1	$\alpha$	1,60
40	<i>C. subcuspidata</i> (Krammer) Krammer	1	–	1	–	–	–
41	<i>Diatoma hiemale</i> (Lyngbye) Heiberg	2	–	–	–	$\beta$ - $\alpha$	1,70
42	<i>D. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	1	4	1	–	$\alpha$ - $\beta$	1,0
43	<i>D. moniliforme</i> Kützing	2	5	1	1	–	–
44	<i>D. tenue</i> C. Agardh	3–4	1–6	1–5	1–6	$\beta$ - $\alpha$	2,50
45	<i>D. vulgare</i> Bory	1–2	–	1–2	1	$\beta$ - $\alpha$	2,40
46	<i>Encyonema gracile</i> Ehrenberg	–	–	1	–	$\chi$	0,40
47	<i>E. minutum</i> (Hilse ex Rabenhorst) Mann	1	1	–	1	$\alpha$ - $\beta$	1,40
48	<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	1–2	1–3	1	1–3	$\chi$ - $\alpha$	0,50
49	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson var. <i>adnata</i>	1	1	1	–	$\beta$ - $\alpha$	2,50
50	<i>E. adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kützing) Ross	–	1	1	1	$\beta$	–
51	<i>E. sorex</i> Kützing	1	–	1	–	$\alpha$ - $\alpha$	1,90
52	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	1	1	1	1	$\alpha$	1,0
53	<i>E. diodon</i> Ehrenberg	1	–	1	–	$\alpha$ - $\chi$	0,70
54	<i>E. exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	–	–	1	–	$\alpha$ - $\beta$	1,50
55	<i>E. implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles	–	–	–	1	–	–
56	<i>E. monodon</i> Ehrenberg	–	–	1	–	$\beta$ - $\alpha$	1,60
57	<i>E. pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst var. <i>pectinalis</i>	1	1	1	–	$\beta$ - $\alpha$	1,60
58	<i>E. pectinalis</i> var. <i>undulata</i> (Kützing) Rabenhorst	1	–	1	–	–	–
59	<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	1	3	1	1	$\beta$	2,0
60	<i>Eunotia</i> sp.	–	–	1	–	–	–
61	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	1	–	2–3	–	$\alpha$	1,0
62	<i>F. capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst	1	1	1–2	2	–	–
63	<i>F. capucina</i> var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot ex Bukhtiyarova	–	3	1	1	$\alpha$	1,30

№	Вид	Станция 1		Станция 2		Сапробная характеристика	Индекс сапробности
		2018	2019	2018	2019		
64	<i>F. capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1–3	4–6	1–2	4–5	о–β	1,50
65	<i>F. crotonensis</i> Kitton	–	5	–	4	о–β	1,40
66	<i>Fragilaria</i> sp.	–	3	1–2	1–4	–	–
67	<i>Frustulia amphipleuroides</i> (Grunow) Cleve-Euler	1	1	–	–	–	–
68	<i>F. rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	1	–	1	–	χ–β	0,90
69	<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1	–	1	–	χ–β	0,90
70	<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Hornemann) Dawson ex Ross et Sims	2	1–2	–	1–2	β–α	2,50
71	<i>G. quadripunctatum</i> (Oestrup) Dawson ex Ross et Sims	1	–	–	–	–	–
72	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	1	1	–	–	χ–β	0,90
73	<i>G. affine</i> Kützing	–	1	–	–	о–β	1,50
74	<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	–	1	–	β	2,0
75	<i>G. angustum</i> C. Agardh	1	1	1	–	о–β	1,40
76	<i>G. brebissonii</i> Kützing	1	1	1	–	–	–
77	<i>G. clevei</i> Fricke	1	–	1	–	χ	0,30
78	<i>G. micropus</i> Kützing	1	–	1	–	χ–β	1,0
79	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	1	1	1	1	χ	0,10
80	<i>G. truncatum</i> Ehrenberg var. <i>capitatum</i> (Ehrenberg) Patrick	–	1	–	1	–	–
81	<i>G. ventricosum</i> Gregory	1	–	–	–	о–χ	0,70
82	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	1	1	1	о–χ	0,70
83	<i>G. attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	–	1	–	χ	0,40
84	<i>G. spenserii</i> (Quekett) Griffith et Henfrey	1	–	1	–	–	–
85	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick var. <i>arcus</i>	1	2–3	1	1	о	1,0
86	<i>H. arcus</i> var. <i>amphioxys</i> (Rabenhorst) Patrick	–	–	1	–	–	–
87	<i>H. arcus</i> var. <i>linearis</i> (Holmboe) Ross	–	1	–	1	–	–
88	<i>H. arcus</i> var. <i>rectus</i> (Cleve) M. Idei	4–5	1–5	4–6	2	о	1,0
89	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	1	1	1–2	1	β–о	1,70
90	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	–	–	1	–	χ–о	0,50
91	<i>H. hungarica</i> (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	1	–	1	–	β–о	1,70
92	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) Mann	1	1	1	–	о	1,0
93	<i>Melosira varians</i> C. Agardh	2–6	1–5	1–5	2–3	α–β	2,70
94	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh var. <i>circulare</i>	1	1–4	1	1–2	о–β	1,50
95	<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck	1	4	–	1	χ	–
96	<i>Navicula avenacea</i> (Brébisson et Godey) Brébisson ex Grunow	1	1	1	–	о–β	1,40
97	<i>N. cryptocephala</i> Kützing	1	1	1	–	χ	0,20
98	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1	1	1	1	о–β	1,40
99	<i>N. meniscus</i> Schumann	1	1	–	–	–	–
100	<i>N. radiosa</i> Kützing	1	–	–	–	о	1,10
101	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	1	1	1	1	β	–
102	<i>N. slesvicensis</i> Grunow	–	1	1	1	α–β	–
103	<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer	–	–	–	1	–	–
104	<i>N. bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve	1	–	1	–	о–β	1,50

Продолжение табл. 2  
Table 2 continued

№	Вид	Станция 1		Станция 2		Сапробная характеристика	Индекс сапробности
		2018	2019	2018	2019		
105	<i>N. dubium</i> (Ehrenberg) Cleve	1	–	–	–	χ	0,30
106	<i>N. iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	–	–	1	–	о–χ	0,60
107	<i>N. productum</i> (W. Smith) Cleve	–	–	–	1	о–β	1,50
108	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	1–6	1–3	1–5	1–2	о–β	1,50
109	<i>N. capitellata</i> Hustedt	–	–	–	1	о	–
110	<i>N. clausii</i> Hantzsch	–	–	1	–	–	–
111	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Grunow	1	–	1	–	χ	0,20
112	<i>N. fruticosa</i> Hustedt	–	–	–	3	о–β	1,50
113	<i>N. linearis</i> (C. Agardh) W. Smith	–	1	1	1	χ	0,0
114	<i>N. nana</i> Grunow	–	–	–	1	α–β	–
115	<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	1–2	2	1–2	1–2	α–β	2,75
116	<i>N. paleacea</i> (Grunow) Grunow	1	1–4	1–2	1–3	β	2,20
117	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	1	1	1	1	β	2,30
118	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	1	–	–	–	о–β	1,40
119	<i>P. eifelana</i> Krammer	1	1	1	–	–	–
120	<i>P. grunowii</i> Krammer	1	–	–	–	–	–
121	<i>P. infirma</i> Krammer	1	–	–	–	–	–
122	<i>P. neomajor</i> Krammer	–	1	–	–	о–χ	0,60
123	<i>P. viridiformis</i> Krammer	–	1	1	1	–	–
124	<i>Pinnularia</i> sp.	1	1	1	1–2	–	–
125	<i>Planothidium ellipticum</i> (Cleve) Edlund	–	1	–	–	–	–
126	<i>P. conspicuum</i> (A. Mayer) M. Aboal	1	–	1	–	–	–
127	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek et Stoermer	1	–	1	1	–	–
128	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	1	–	1	1	χ–о	0,40
129	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	1	1	1	–	β	2,20
130	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	1	1	1	–	χ	0,30
131	<i>S. phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	1	–	1	1	χ–о	0,50
132	<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg var. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hamilton	–	–	1	–	–	–
133	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams et Round	2–3	–	–	–	–	–
134	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	1	–	1–2	2–3	α–β	–
135	<i>S. minutulus</i> (Kützing) Cleve et Möller	1	–	1	–	о	1,40
136	<i>Stephanodiscus</i> sp.	1–3	1	1–4	2	–	–
137	<i>Surirella angusta</i> Kützing	1	1	1	–	о	1,10
138	<i>S. brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot	–	–	1	–	χ	0,30
139	<i>S. brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	–	1	–	–	–	–
140	<i>S. linearis</i> W. Smith	1	1	1	–	β	–
141	<i>S. minuta</i> Brébisson	1	1	1	–	о–α	–
142	<i>S. robusta</i> Ehrenberg	–	–	1	–	β–о	1,70
143	<i>S. tenera</i> Gregory	1	1	1	–	χ–β	1,0
144	<i>S. tientsinensis</i> Skvortzow	–	–	1	–	–	–
145	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	1	1–3	1	1–2	χ	0,20
146	<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	1–6	3–6	4–6	3–6	о–α	1,90
147	<i>Tryblionella levidensis</i> (W. Smith) Grunow	1	–	1	–	–	–
148	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	1	1–3	1–2	3	о–α	1,85
149	<i>U. danica</i> (Kützing) Compère et Bukhtiyarova	1–3	1–3	1–2	1–3	о–χ	0,80
150	<i>U. inaequalis</i> (H.Kobayasi) M. Idei	1	1–3	1	1–2	–	–
151	<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère	2–6	2–5	2–6	1–5	о–α	1,90



№	Вид	Станция 1		Станция 2		Сапробная характеристика	Индекс сапробности
		2018	2019	2018	2019		
<b>Chlorophyta</b>							
152	<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim var. <i>hantzschii</i>	1	–	2	–	β	2,3
153	<i>A. hantzschii</i> Lagerheim var. <i>subtile</i> Woloszynska	1	1	1–2	2	β	2,3
154	<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda ex Korschikov	–	1	–	–	–	–
155	<i>Bulbochaete</i> sp. ster.	–	2	–	–	–	–
156	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	–	–	–	1	β	2,1
157	<i>Desmodesmus bicaudatus</i> (Dedussenko) Tsarenko	–	–	1	–	о–α	2,0
158	<i>D. communis</i> (Hegewald) Hegewald	–	1	1	1	β	2,2
159	<i>D. maximus</i> (W. West et G.S. West) Hegewald	1	1	1	–	β	2,1
160	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood	1	1–2	2	1	β	2,3
161	<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius	2	–	2	–	β–α	2,5
162	<i>Microspora stagnorum</i> (Kützing) Lagerheim	1	–	–	–	β–о	1,6
163	<i>Oedogonium</i> sp. ster.	1	1	–	–	–	–
164	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	1	–	–	–	β–о	1,8
165	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	1	–	–	–	β	2,2
166	<i>S. ellipticus</i> Corda	–	–	1	1	–	–
167	<i>S. falcatus</i> Chodat	1	–	–	–	–	–
168	<i>Selenastrum gracile</i> Reinsch	–	–	1	–	–	–
169	<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korschikov) Bourrelly	–	2	2	1	–	–
170	<i>Stigeoclonium</i> aff. <i>tenu</i> e (C. Agardh) Kützing	–	–	–	1	–	–
171	<i>Tetrastrum komarekii</i> Hindák	–	–	–	2	–	–
172	<i>T. staurogeniaeforme</i> (Schröder) Lemmermann	1	–	1	–	β	2,2
173	<i>Ulothrix zonata</i> (Weber et Mohr) Kützing	1	–	1–2	–	β–о	1,8
<b>Charophyta (Chlorophyta)</b>							
174	<i>Closterium acerosum</i> (Schränk) Ehrenberg var. <i>elongatum</i> Brébisson	–	1	–	–	–	–
175	<i>C. aciculare</i> T. West	–	–	1	–	β–о	1,7
176	<i>C. ehrenbergii</i> Meneghini	–	–	1	1	β–о	1,8
177	<i>C. gracile</i> Brébisson	–	–	1	–	–	–
178	<i>C. kuetzingii</i> Brébisson	–	–	1	1	χ–β	0,9
179	<i>C. moniliferum</i> (Bory) Ehrenberg	1	–	1	–	β	2,1
180	<i>C. tumidulum</i> Gay	–	1	–	–	–	–
181	<i>Klebsormidium rivulare</i> (Kützing) Morison et Sheath	2	1	1	1	о–β	–
182	<i>Mougeotia</i> sp. ster.	1	2	1–2	1–2	о	1,0
183	<i>Spirogyra</i> sp. ster.	–	1	–	1	–	–
<b>Heterokontophyta (Chrysophyta, Xanthophyta)</b>							
184	<i>Dinobryon divergens</i> Imhof	1	1	–	–	β–о	1,8
185	<i>Tribonema affine</i> (Kützing) G.S. West	–	–	1–2	–	–	–
186	<i>T. vulgare</i> Pascher	2	–	1	–	о	1,2
<b>Rhodophyta</b>							
187	<i>Audouinella chalybaea</i> (Roth) Bory	1–2	–	2	2	χ–о	0,5

*Примечания.* Частота встречаемости организмов указана по шестибальной шкале: 1 — единично, 2 — редко, 3 — нередко, 4 — часто, 5 — очень часто, 6 — масса [Кордэ, 1956]. «–» — нет данных. Сапробная характеристика: χ — ксеносапробионт, χ–о — ксено-олигосапробионт, о–χ — олиго-ксеносапробионт, χ–β — ксено-бетамезосапробионт, о — олигосапробионт, о–β — олиго-бетамезосапробионт, β–о — бета-олигосапробионт, о–α — олиго-альфамезосапробионт, β — бетамезосапробионт, β–α — бета-альфамезосапробионт, α–β — альфа-бетамезосапробионт.

Диатомовые водоросли формировали основу изученной альгофлоры, на их долю пришлось 94,7 % от общего числа таксонов. В систематической структуре флоры наибольшее количество внутривидовых таксонов принадлежало родам *Surirella* (8), *Eunotia* (9), *Gomphonema* и *Nitzschia* (по 10) (табл. 2).

**Станция 1 (выше нефтепровода). Май-июнь 2018 г.** Видовой состав весенне-летних фитопланктонных сообществ участка р. Амур выше подводного нефтепровода включал 78 (май) и 61 (июнь) вид, разновидность и форму цианобактерий и водорослей, принадлежащих к 5 отделам (*Cyanobacteria* (*Cyanoprokaryota*), *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Heterokontophyta* (*Chrysophyta*, *Xanthophyta*) и *Rhodophyta*). В весенний период массовое развитие отмечено для диатомовых водорослей *Asterionella formosa*, *Hannaea arcus* var. *rectus*, *Melosira varians*, *Nitzschia acicularis* и *Tabellaria flocculosa*. Из них наиболее высокие показатели численности зарегистрированы для видов *H. arcus* var. *rectus*, *A. formosa* и *M. varians*: соответственно  $N = 1,44$ ,  $1,04$  и  $0,68$  млн кл./л; по биомассе преобладали диатомеи *M. varians*, *H. arcus* var. *rectus* и нитчатка *Mougeotia* sp. ster.: соответственно  $B = 3,42$ ,  $1,44$  и  $1,44$  мг/л.

В июне комплекс преобладающих видов изменился, к числу доминантов, кроме *A. formosa*, *T. flocculosa* и *N. acicularis*, добавился вид *Aulacoseira islandica*, в то время как численность *M. varians* и *H. arcus* var. *rectus* стала незначительной. Максимальные значения численности принадлежали *A. formosa* и *T. flocculosa* ( $N = 1,20$  и  $0,35$  млн кл./л), а биомассы — *A. formosa* и *A. islandica* ( $B = 0,55$  и  $0,47$  мг/л).

**Сентябрь-октябрь 2018 г.** В фитопланктоне Амура в сентябре зафиксировано 57, в октябре — 58 видов и разновидностей цианобактерий, диатомовых, зеленых, харовых и красных водорослей. Индивидуальные количественные показатели цианобактерий и водорослей в этот период оказались невысокими, тем не менее наибольшие величины численности и биомассы имели виды рода *Aulacoseira*: *A. islandica* ( $N = 0,01$ – $0,06$  млн кл./л,  $B = 0,04$ – $0,16$  мг/л), *A. granulata* var. *granulata* ( $N = 0,05$  млн кл./л,  $B = 0,18$  мг/л), *A. granulata* var. *angustissima* ( $N = 0,05$  млн кл./л,  $B = 0,09$  мг/л).

Общие значения численности и биомассы в 2018 г. варьировали от  $0,22$  (сентябрь) до  $6,25$  млн кл./л (май) и от  $0,27$  (сентябрь) до  $9,62$  мг/л (май) (табл. 3).

**Май-июнь 2019 г.** Видовой состав планктонных сообществ участка р. Амур выше подводного нефтепровода в мае и июне 2019 г. был представлен соответственно 57 и 48 внутривидовыми таксонами цианобактерий, диатомовых и зеленых водорослей (см. табл. 2).

В весенний период массовое развитие отмечено для диатомовых водорослей *A. formosa*, *Ulnaria ulna* и *Diatoma tenue*, а в июне в фитопланктоне доминировал только один вид — *A. formosa*, для него зарегистрированы высокие количественные показатели:  $N = 3,29$  млн кл./л,  $B = 1,51$  мг/л. Общие значения численности в мае-июне варьировали от  $1,74$  (июнь) до  $5,18$  млн кл./л (май), а биомассы — от  $2,50$  (июнь) до  $4,77$  мг/л (май) (табл. 4).

**Сентябрь-октябрь 2019 г.** Развитие осеннего фитопланктона было умеренным, наблюдались водоросли из 4 отделов (*Euglenozoa*, *Heterokontophyta*, *Bacillariophyta* и *Chlorophyta*): в сентябре — 34, в октябре — 35 видов, разновидностей и форм (см. табл. 2). Водоросли имели низкие количественные показатели, но из них можно выделить несколько видов диатомей, у которых значения численности и биомассы были несколько выше, чем у остальных: в сентябре — *A. islandica* ( $N = 0,05$  млн кл./л,  $B = 0,14$  мг/л) и *A. granulata* ( $N = 0,04$  млн кл./л,  $B = 0,12$  мг/л), *A. formosa* ( $N = 0,05$  млн кл./л,  $B = 0,02$  мг/л), в октябре — *A. granulata* ( $N = 0,17$  млн кл./л,  $B = 0,61$  мг/л), *A. granulata* var. *angustissima* ( $N = 0,06$  млн кл./л,  $B = 0,11$  мг/л), *T. flocculosa* ( $N = 0,12$  млн кл./л,  $B = 0,14$  мг/л), *A. formosa* ( $N = 0,06$  млн кл./л,  $B = 0,03$  мг/л). Эти виды и определили суммарные показатели численности и биомассы водорослей осеннего фитопланктона ( $N_{\text{общ}} = 0,41$  (сентябрь) и  $0,62$  (октябрь) млн кл./л;  $B_{\text{общ}} = 0,65$  (сентябрь) и  $1,38$  мг/л (октябрь)).

Таблица 3  
Table 3

Количественные показатели фитопланктонных сообществ р. Амур в районе г. Хабаровск (май, июнь, сентябрь и октябрь 2018 г.)

Quantitative parameters of phytoplankton communities in the Amur River at Khabarovsk in May, June, September and October of 2018

Станция	Дата	Суанобактерия (Суанопрокaryota)	Мiozoa (Dinophyta)	Вациллариофита	Chlorophyta+Charophyta	Гетероконтрофита (Xanthophyta, Chrysophyta)	Rhodophyta	Всего
1	18.05.2018	0,9000 0,0855	-	4,4046 6,9743	0,5388 1,7777	0,2880 0,4320	0,1152 0,3456	6,2466 9,6151
	05.06.2018	0,2120 0,0095	-	0,0022 2,2879	0,1812 0,4652	0,0028 0,0017	-	2,6236 2,7643
	11.09.2018	0,0500 0,0030	-	0,1300 0,1991	0,0255 0,0270	-	0,0140 0,0420	0,2195 0,2711
	10.10.2018	0,0693 0,0059	-	0,2400 0,6356	0,0261 0,2448	-	0,0159 0,0387	0,3513 0,9250
	18.05.2018	0,1020 0,0074	0,0006 0,0017	5723,4630 2647,1134	0,6486 0,8604	0,0288 0,0374	0,1500 0,4500	5724,3930 2648,4703
2	05.06.2018	-	-	3,6616 3,5680	0,1576 0,6908	0,180 0,2340	-	3,9992 4,4928
	11.09.2018	-	-	0,0392 0,1536	0,0200 0,0378	0,0072 0,0108	-	0,0664 0,2023
	10.10.2018	-	-	0,1458 0,2698	0,0654 0,2060	-	-	0,2112 0,4758

Примечание. Здесь и далее в числителе — численность водорослей (N, млн кл./л), в знаменателе — биомасса (B, мг/л).

**Станция 2 (ниже нефтепровода). Май-июнь 2018 г.** Фитопланктон р. Амур ниже подводного нефтепровода характеризовался наличием 70 (май) и 58 (июнь) видов, разновидностей и форм цианобактерий и водорослей из отделов Cyanobacteria, Miozoa, Bacillariophyta, Chlorophyta, Heterokontophyta, Charophyta и Rhodophyta, а также обильным развитием мелкоклеточной диатомеи *A. formosa*, имевшей максимально высокие значения численности (в мае — 5713,80 млн кл./л, в июне — 1,81 млн кл./л) и биомассы (в мае — 2628,40 мг/л, в июне — 0,83 мг/л), кроме того, в качестве преобладающих в весенний период отмечены диатомовые — *A. islandica*, *N. acicularis*, *Stephanodiscus* sp. и *T. flocculosa*. В летний период все эти виды остались в числе доминирующих в комплексе с *H. arcus* var. *rectus*, также имевшим высокие количественные показатели. Для данного участка Амура в мае отмечены самые высокие суммарные показатели численности и биомассы за весь период исследования 2018–2019 гг. ( $N_{\text{общ}} = 5723,5$  млн кл./л и  $B_{\text{общ}} = 2647,11$  мг/л) (табл. 3, 4), сформированные в основном массовым развитием диатомеи *A. formosa*.

**Сентябрь-октябрь 2018 г.** Видовой состав планктонных сообществ данного участка р. Амур включает 63 (сентябрь) и 56 (октябрь) видов, разновидностей и форм водорослей, принадлежащих к трем отделам — Bacillariophyta, Chlorophyta и Heterokontophyta. За весь осенний период, при умеренном видовом богатстве водорослей, их численность и биомасса были незначительными, в основном они представлены центрическими диатомовыми водорослями: в сентябре — *M. varians* ( $N = 0,02$  млн кл./л,  $B = 0,12$  мг/л) и в октябре — *A. islandica* ( $N = 0,04$  млн кл./л,

Таблица 4

Количественные показатели фитопланктонных сообществ р. Амур в районе г. Хабаровск (май, июнь, сентябрь и октябрь 2019 г.)

Table 4

Quantitative parameters of phytoplankton communities in the Amur River at Khabarovsk in May, June, September and October of 2019

Станция	Дата	Суанобактерия (Cyanoprokaryota)	Euglenozoa (Euglenophyta)	Heterokontophyta (Chrysophyta)	Bacillariophyta	Chlorophyta+Charophyta	Rhodophyta	Всего
1	15.05.2019	0,0480 0,0039	—	—	5,1066 4,6253	0,0312 0,1420	—	5,1837 4,7711
	06.06.2019	—	—	—	1,7240 2,4931	0,0160 0,0093	—	1,7400 2,5024
	20.09.2019	—	0,0030 0,0372	—	0,2910 0,5065	0,1170 0,1034	—	0,4110 0,6471
	07.10.2019	—	0,0045 0,0597	0,0030 0,0018	0,5730 1,2807	0,0345 0,0326	—	0,6150 1,3748
2	15.05.2019	0,0177 0,0011	—	—	4,7079 3,8812	0,0171 0,1331	—	4,7427 4,0153
	06.06.2019	0,1060 0,0101	—	—	1,5400 3,1447	0,1400 0,6035	0,0860 0,2580	1,8720 4,0163
	20.09.2019	—	—	—	0,5985 1,1862	0,0120 0,0060	—	0,6105 1,1922
	07.10.2019	—	—	—	0,3300 0,6513	0,0720 0,0062	—	0,4020 0,6575

$V = 0,11$  мг/л). Общие показатели численности и биомассы имели следующие значения:  $N_{\text{общ}} = 0,07\text{--}0,21$  млн кл./л и  $V_{\text{общ}} = 0,20\text{--}0,48$  мг/л (табл. 3).

**Май-июнь 2019 г.** В фитопланктоне р. Амур ниже подводного нефтепровода в мае зарегистрировано 45 видов, разновидностей и форм цианобактерий, диатомовых и зеленых водорослей, а в июне — 50 таксонов цианобактерий, диатомовых, зеленых, харовых и красных водорослей. Фитопланктонные сообщества характеризовались обильным развитием диатомеи *A. formosa*, имевшей максимально высокие значения численности (в мае — 2,89 млн кл./л, в июне — 0,23 млн кл./л) и биомассы (в мае — 1,33 мг/л), кроме того, в качестве преобладающих в весенний период отмечены диатомовые — *D. tenue*, *A. islandica* и *T. flocculosa*, а в летний — *A. islandica*. Общие количественные показатели были сходными с данными этого же периода для участка выше Хабаровска, численность организмов варьировала в пределах 1,87–4,74 млн кл./л, биомасса составляла около 4,02 мг/л (табл. 4).

**Сентябрь-октябрь 2019 г.** Видовой состав осенних планктонных сообществ был немногочисленным, представлен диатомовыми и зелеными водорослями — соответственно 18 и 15 внутривидовыми таксонами (см. табл. 2). Водоросли имели низкие количественные показатели, но наиболее обильное вегетирование было характерно для *A. islandica* ( $N = 0,21$  (сентябрь) и 0,08 (октябрь) млн кл./л,  $V = 0,59$  (сентябрь) и 0,24 (октябрь) мг/л), *A. granulata* var. *angustissima* ( $N = 0,10$  млн кл./л (сентябрь),  $V = 0,18$  мг/л (сентябрь)) и *T. flocculosa* ( $N = 0,07$  млн кл./л (октябрь),  $V = 0,09$  мг/л (октябрь)).

Стоит отметить, что бедный альгофлористический состав сопровождался наличием большой доли пустых и поврежденных створок диатомей, не имевших клеточного содержимого. Этот факт косвенно свидетельствует о неблагоприятной экологической ситуации в районе исследования, возможно, связанной в том числе с выпадением значительного количества осадков. Суммарные показатели численности и биомассы:  $N_{\text{общ}} = 0,61$  (сентябрь) и 0,40 (октябрь) млн кл./л;  $V_{\text{общ}} = 1,19$  (сентябрь) и 0,66 (октябрь) мг/л (табл. 4).

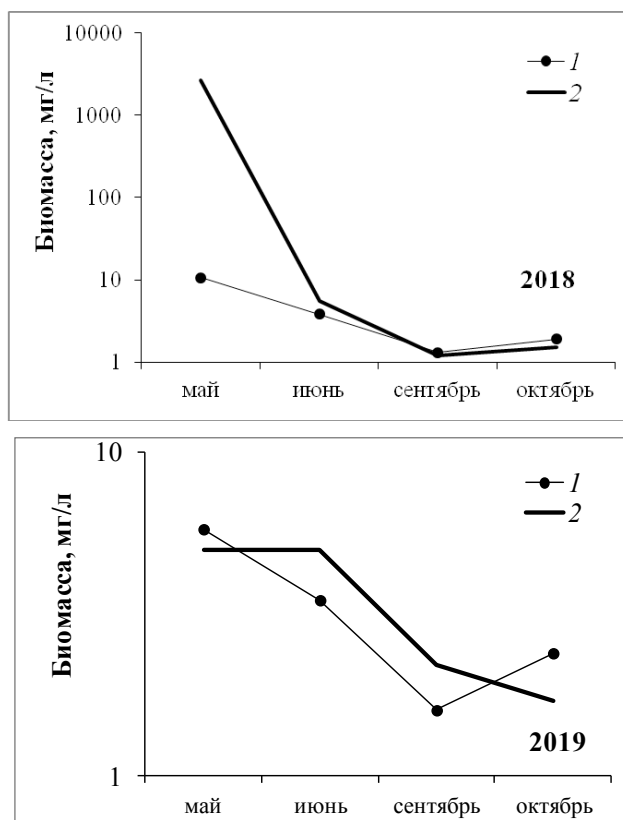
В целом, рассматривая сезонную динамику изменения биомассы планктонных цианобактерий и водорослей, можно отметить сходную картину в 2018 и 2019 гг. — снижение от мая к сентябрю и последующее увеличение в октябре (рис. 2). Наблюдаемая ситуация объясняется особенностями водного режима р. Амур — незначительными весенними колебаниями уровня воды и мощными летне-осенними паводками в 2018 и 2019 гг., вызванными продолжительными ливневыми дождями и повлекшими снижение биомассы фитопланктона в сентябре. Можно предположить, что стабильно более высокие значения биомассы диатомовых водорослей в мае 2018–2019 гг. выше и ниже нефтепровода и особенно обильное развитие фитопланктона преимущественно за счет *A. formosa* ( $V = 2648,5$  мг/л) в мае 2018 г. ниже нефтепровода (ст. 2) объясняются незначительными весенними колебаниями уровня воды в реке, особенностями биологии развития вида *A. formosa*, а также общим изменением экологической обстановки во время производства трубоукладочных работ.

Планктонная диатомея *A. formosa* — обычный представитель альгофлоры бассейна р. Амур, как правило, отмечалась альгологами в основном русле реки и ее протоках с невысокими значениями частоты встречаемости «единично»–«часто» [Скворцов, 1918; Кухаренко, Науменко, 1990; Барина, Сиротский, 1991; Юрьев, 1996; Краснова и др., 2013]. В качестве доминанта вид *A. formosa* был зафиксирован в летний период в фитопланктоне Бурейского водохранилища и бассейне Буреи [Медведева и др., 2015; Медведева, Никулина, 2019], а в весенне-летний период в основном русле Амура (в районе г. Благовещенск) и протоке Каникурганской [Никулина, 2019].

В мировом масштабе нет четко выраженной зависимости интенсивного вегетирования *A. formosa* от времени года, при описании сезонных циклов и пиков ее массового развития в планктонных сообществах указываются различные временные периоды: в озерах северо-восточной Польши всплеск развития водорослей этого вида наступает в летний период [Zębek, 2009], северо-западного Китая — в осенний [Wang et al., 2015],

Рис. 2. Сезонная динамика биомассы фитопланктона в основном русле р. Амур на станциях 1 и 2 (2018 и 2019 гг.)

Fig. 2. Seasonal dynamics of phytoplankton biomass in the main channel of the Amur River at the stations 1 and 2 (2018, 2019)



в водохранилищах Ирана наблюдались зимний и весенний пики массовой вегетации [Darki, 2015], в водоемах Великобритании — весенний [Krivtsov et al., 2000]. Для Южного бассейна Уиндермира (Англия) проанализированы изменения численности *A. formosa* за период долгосрочного исследования с 1946 по 1990 г., средний сезонный цикл за 45-летний период показывает, что массовое развитие водорослей возникает весной и осенью [Maberly et al., 1994]. А в умеренно эвтрофном озере (Шируотер, Англия) для *A. formosa* был замечен четко выраженный сезонный цикл — самые холодные и светлые периоды были благоприятными для роста этой водоросли — зафиксированы два пика (поздняя зима/весна и весна/лето), максимума достигали количественные показатели в весенний период [Sen, 2006].

Ученые из Канады описывают неординарный случай — увеличение биомассы и относительной численности *A. formosa* в оз. Бореал Шилд по мере значительного снижения уровня питательных веществ в водоеме [Sivarajah et al., 2016].

**Оценка качества вод р. Амур по методу Пантле-Бук в модификации Сладечка.** Исследования по определению качества вод (наличия органического загрязнения) проведены для двух участков — выше (ст. 1) и ниже (ст. 2) подводного нефтепровода в районе Хабаровска. Анализ полученных данных выявил, что показателями степени сапробности воды являются 130 видов, разновидностей и форм водорослей, составляющих 69,5 % от общего числа таксонов. Группы олигосапробионтов и бетамезосапробионтов равноценно представлены и объединяют соответственно 27,8 и 27,3 % (табл. 5).

На протяжении всего периода обследования качество вод Амура было сходным и не претерпевало значительных изменений. В безледный (май-октябрь) период 2018 г. значения индекса сапробности (S) изменялись от 1,51 до 1,60, а в 2019 г. варьировали от 1,55 до 1,76. Согласно рассчитанным индексам S, воды Амура в районе г. Хабаровск имели степень сапробности  $\beta$ - $\sigma$ , что соответствует бетамезосапробной зоне, III классу чистоты, и классифицировались как умеренно загрязненные (табл. 6).

Таблица 5

Соотношение индикаторных видов водорослей по степени сапробности  
(р. Амур в районе г. Хабаровск, 2018–2019 гг.)

Table 5

Ratio of indicator algae species, by saprobity degree  
(the Amur River at Khabarovsk, 2018–2019)

Сапробиологическая группа	Степень сапробности видов-индикаторов	Количество таксонов		Доля от общего числа таксонов, %
Ксеносапробионты (S = 0–0,50)	$\chi$	15	20	10,7
	$\chi$ -o	5		
Олигосапробионты (S = 0,51–1,50)	o- $\chi$	7	52	27,8
	$\chi$ - $\beta$	7		
	o	17		
	o- $\beta$	21		
Бетамезосапробионты (S = 1,51–2,50)	$\beta$ -o	15	51	27,3
	o- $\alpha$	9		
	$\beta$	20		
	$\beta$ - $\alpha$	7		
Альфамезосапробионты (S = 2,51–3,50)	$\alpha$ - $\beta$	7	7	3,7
	$\beta$ - $\rho$	–		
	$\alpha$	–		
	$\alpha$ - $\rho$	–		
Полисапробионты (S = 3,51–4,50)	$\rho$ - $\alpha$	–	–	–
	$\rho$	–		
Нет данных		57	57	30,5
<b>Всего</b>		<b>187</b>		<b>100</b>

Таблица 6

Сапробные показатели вод в р. Амур в районе г. Хабаровск  
(май, июнь, сентябрь и октябрь 2018–2019 гг.)

Table 6

Saprobity indices for the Amur River water at Khabarovsk  
(May, June, September and October of 2018–2019)

Станция	Дата	Индекс сапробности (S)	Зона сапробности	Степень сапробности	Класс чистоты воды
1	18.05.2018	1,52	Бетамезосапробная	$\beta$ -o	III
	05.06.2018	1,54			
	11.09.2018	1,53			
	10.10.2018	1,60			
	15.05.2019	1,64			
	06.06.2019	1,59			
	20.09.2019	1,62			
	07.10.2019	1,76			
2	18.05.2018	1,57	Бетамезосапробная	$\beta$ -o	III
	05.06.2018	1,51			
	11.09.2018	1,51			
	10.10.2018	1,57			
	15.05.2019	1,66			
	06.06.2019	1,55			
	20.09.2019	1,73			
	07.10.2019	1,56			

## Заключение

Таким образом, в безледный (май-октябрь) период 2018–2019 гг. планктонные цианобактерии и водоросли р. Амур (на участках выше и ниже подводного нефтепровода в районе г. Хабаровск) были представлены 173 видами (с учетом внутривидовых таксонов — 187 таксонами) из 8 отделов и 75 родов. Диатомеи составляли 94,7 % от общего списка таксонов, в систематической структуре альгофлоры наиболее значимыми были роды диатомовых водорослей — *Surirella*, *Eunotia*, *Gomphonema* и *Nitzschia*. Суммарные значения количественных показателей водорослей из отдела Bacillariophyta также имели максимально высокие величины в сравнении с водорослями из других отделов.

За весь период исследования к числу преобладающих по численности и биомассе отнесены 15 видов, разновидностей и форм диатомовых и харовых водорослей. В весенне-летний период в качестве доминантов и субдоминантов отмечены *A. formosa*, *A. islandica*, *A. ambigua*, *A. granulata* var. *granulata*, *A. granulata* var. *angustissima*, *U. ulna*, *D. tenue*, *N. acicularis*, *Stephanodiscus* sp., *T. flocculosa*, *H. arcus* var. *rectus*, *M. varians*, *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*, *F. crotonensis* и *Mougeotia* sp. ster. В осенний период в планктонных сообществах доминировали диатомовые водоросли *A. formosa*, *A. islandica*, *A. granulata* var. *granulata*, *A. granulata* var. *angustissima*, *M. varians* и *T. flocculosa*.

Общие показатели численности и биомассы цианобактерий и водорослей планктона в мае-июне 2018–2019 гг. варьировали в пределах  $N_{\text{общ}} = 1,74\text{--}5724,39$  млн кл./л и  $V_{\text{общ}} = 2,50\text{--}2648,47$  мг/л, а в сентябре-октябре —  $N_{\text{общ}} = 0,07\text{--}0,62$  млн кл./л и  $V_{\text{общ}} = 0,20\text{--}1,38$  мг/л. В целом наблюдается снижение количественных показателей фитопланктона от весны к осени, связанное с особенностями водного режима р. Амур и мощными летне-осенними паводками, вызванными продолжительными ливневыми дождями 2018 и, особенно, 2019 гг. Стабильно более высокие значения численности и биомассы диатомовых водорослей в мае 2018–2019 гг. выше и ниже нефтепровода, возможно, объясняются незначительными весенними колебаниями уровня воды в реке, особенностями биологии развития вида *A. formosa*, являвшегося основным весенним доминантом, а также общим изменением экологической обстановки во время производства трубоукладочных работ.

Показателями степени сапробности воды служат 130 видов, разновидностей и форм водорослей (69,5 % от общего числа таксонов). Воды обследованных участков Амура принадлежали к бетамезосапробной зоне и соответствовали III классу чистоты (умеренно загрязненные воды).

## Благодарности

Выражаем глубокую признательность руководителю СахНИРО, д.б.н. Н.В. Колпакову за прочтение рукописи и критические замечания, а также сотрудникам Хабаровского филиала ВНИРО (ХабаровскНИРО) вед. инженеру О.А. Кудревскому и инженеру С.А. Пуките за сбор альгологического материала в 2018–2019 гг. в р. Амур в районе г. Хабаровск.

## Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## Соблюдение этических стандартов

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

## Список литературы

Барнинова С.С., Медведева Л.А. Водоросли // Грибы, лишайники, водоросли и мохообразные Комсомольского заповедника (Хабаровский край). — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — С. 66–109.



- Барнинова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.** Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды : метод. пособие. — Тель-Авив : Pilies Studio, 2006. — 498 с.
- Барнинова С.С., Сиротский С.Е.** Биогеохимическая и продукционная характеристики фитопланктона р. Амур и водоемов его придаточной системы // Биогеохимические ореолы рассеяния химических элементов в экосистемах Дальнего Востока. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1991. — С. 123–145.
- Водоросли. Справочник** / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. — Киев : Наук. думка, 1989. — 608 с.
- Генкал С.И., Кухаренко Л.А.** Новые данные к флоре диатомей реки Амур // Криптогамические исследования на Дальнем Востоке. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1990. — С. 45–47.
- Голлербах М.М., Полянский В.И.** Определитель пресноводных водорослей СССР. — М. : Советская наука, 1951. — Вып. 1 : Общая часть. — 200 с.
- Карасев М.С., Худяков Г.И.** Речные системы на примере Дальнего Востока : моногр. — М. : Наука, 1984. — 143 с.
- Кордэ Н.В.** Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. — М. ; Л. : АН СССР, 1956. — Т. 4, ч. 1. — С. 383–413.
- Краснова Е.Д., Никулина Т.В., Власова С.Н. и др.** Гидробиологические исследования р. Гильчин и водоемов ее бассейна // Бассейн реки Гильчин: История. Водно-болотные угодья. Водные ресурсы. — Владивосток : Дальнаука, 2016. — С. 134–197.
- Краснова Е.Д., Никулина Т.В., Власова С.Н. и др.** Оценка санитарно-биологического состояния водоемов бассейна р. Гильчин в июне 2011 г. // Бюл. МОИП. Отд. биол. — 2013. — Т. 118, вып. 5. — С. 31–39.
- Кухаренко Л.А.** Водоросли // Флора и растительность Хинганского заповедника (Амурская область). — Владивосток : Дальнаука, 1998. — С. 11–32.
- Кухаренко Л.А., Медведева Л.А., Барнинова С.С., Батенок И.Н.** Водоросли // Флора и растительность Большехехирского заповедника (Хабаровский край). — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 13–29.
- Кухаренко Л.А., Науменко Ю.В.** Оценка качества воды реки Амур по сапробности водорослей // Криптогамические исследования на Дальнем Востоке. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1990. — С. 48–59.
- Медведева Л.А.** К альгофлоре Ботчинского заповедника // 4-я дальневост. конф. по заповедному делу : тез. докл. — Владивосток : Дальнаука, 1999. — С. 105–106.
- Медведева Л.А.** Результаты альгологического обследования средней части бассейна реки Бурей // Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Бурейского гидроузла. — Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2007. — С. 64–80.
- Медведева Л.А.** Структурная характеристика сообществ водорослей перифитона водотоков бассейна реки Бурей (Хабаровский край, Российская Федерация) // Гидробиол. журн. — 2006. — Т. 42, № 6. — С. 22–40.
- Медведева Л.А., Никулина Т.В.** Каталог пресноводных водорослей южной части Дальнего Востока. — Владивосток : Дальнаука, 2014. — 271 с.
- Медведева Л.А., Никулина Т.В.** Сравнительный анализ таксономической структуры флоры пресноводных водорослей южной части Дальнего Востока России // Растительный мир Азиатской России: Вестн. Центр. сибирского бот. сада СО РАН. — 2019. — № 1(33). — С. 3–14. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2019-1(3-14).
- Медведева Л.А., Никулина Т.В., Сиротский С.Е.** Биомониторинг экологического состояния Бурейского водохранилища // Регионы нового освоения: экологические проблемы и пути их решения : мат-лы Межрегион. конф. — Хабаровск, 2008. — С. 594–596.
- Медведева Л.А., Никулина Т.В., Сиротский С.Е.** Оценка состояния водной экосистемы Бурейского водохранилища по данным анализа фитопланктонных сообществ // Вод. ресурсы. — 2015. — Т. 42, № 2. — С. 199–211. DOI: 10.7868/S0321059615020078.
- Медведева Л.А., Саватеев И.Н.** Водоросли // Флора, микобиота и растительность заповедника «Бастак». — Владивосток : Дальнаука, 2007. — С. 37–82.
- Медведева Л.А., Сиротский С.Е.** Аннотированный список водорослей реки Амур и водоемов его придаточной системы // Биогеохимические и геоэкологические исследования наземных и пресноводных экосистем. — Владивосток : Дальнаука, 2002. — Вып. 12. — С. 130–218.
- Медведева Л.А., Сиротский С.Е.** Фитопланктон Бурейского водохранилища в первый год его наполнения // Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Бурейского гидроузла. — Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2007. — С. 95–104.

**Медведева Л.А., Сиротский С.Е., Оглы З.П.** Водоросли бассейна реки Амур (Россия) // Биогеохимические и гидроэкологические особенности экосистем бассейна реки Амур. — Владивосток : Дальнаука, 2001. — Вып. 11. — С. 151–174.

**Моисеева Н.П.** Новые данные о фитопланктоне среднего течения р. Амур // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. — 1963. — Т. 13. — С. 90–93.

**Никулина Т.В.** Видовой состав альгофлоры и определение качества воды р. Тырма (приток реки Бурей) // Гидроэкологический мониторинг зоны влияния Бурейского гидроузла. — Хабаровск : ИВЭП ДВО РАН, 2007. — С. 80–94.

**Никулина Т.В.** Видовой состав альгофлоры Нижнего Амура в 2005–2014 гг. и оценка качества воды по данным биологического анализа // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — 2014. — Вып. 6. — С. 483–500.

**Никулина Т.В.** Видовой состав фитопланктона и оценка качества воды р. Амур в районе г. Благовещенск (весенне-летний период 2018 г.) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — 2019. — Вып. 8. — С. 114–125. DOI: 10.25221/levanidov.08.11.

**Никулина Т.В.** Дополнение к диатомовой флоре Хинганского государственного природного заповедника // 10-я дальневост. конф. по заповедному делу : мат-лы конф. — Благовещенск : БГПУ, 2013. — С. 239–240.

**Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность** / под ред. С.Д. Шабалина. — Л. : Гидрометеиздат, 1966. — Т. 18 : Дальний Восток, вып. 1 : Амур. — 487 с.

**Саватеев И.Н.** Водоросли озера Забеловского (Еврейская автономная область) // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. — Владивосток : Дальнаука, 2008. — С. 99–110.

**Саватеев И.Н.** Микрофитобентос реки Митрофановка государственного природного заповедника «Бастак» // 7-я дальневост. конф. по заповедному делу : мат-лы конф. — Биробиджан : ИКАРП ДВО РАН, 2005. — С. 234–236.

**Саватеев И.Н., Медведева Л.А.** Диатомовые (*Bacillariophyta*) лентических водоемов государственного природного заповедника «Бастак» (Еврейская автономная область) // Ботан. журн. — 2008. — Т. 93, № 2. — С. 254–262.

**Саватеев И.Н., Медведева Л.А.** Предварительные сведения о диатомовых водорослях некоторых водотоков заповедника «Бастак» // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — 2005. — Вып. 3. — С. 237–245.

**Скворцов Б.В.** Материалы по флоре водорослей Азиатской России. 3. О фитопланктоне озера Чля Приамурской области // Журн. Рус. Ботан. о-ва. — 1917. — Т. 2. — С. 15–20.

**Скворцов Б.В.** Материалы по флоре водорослей Азиатской России. 7. Первые сведения о фитопланктоне р. Амура. // Журн. Рус. Ботан. о-ва. — 1918. — Т. 3. — С. 1–9.

**Сладечек В.** Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология : мат-лы 1-го съезда Всесоюз. гидробиол. о-ва. — М. : Наука, 1967. — С. 26–31.

**Стенина А.С., Генкал С.И., Харитонов Г.В. и др.** Состав диатомовых водорослей в речных взвезях Среднего Амура (Дальний Восток) // Изв. Коми науч. центра УрО РАН. — 2016. — № 4(28). — С. 29–37.

**Телекало И.Д., Чекань В.С.** Краеведческий материал к разделу «Водоросли» // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока. Чтения памяти Л.М. Черепнина : тез. докл. 2-й Рос. конф. — Красноярск, 1996. — С. 378–380.

**Халфина Н.А.** О видах рода *Melosira* Ag. планктона реки Амур // Новости систематики низш. раст. — 1966. — Т. 3. — С. 43–46.

**Хахина А.Г.** Микрофлора озера Болонь в связи с вопросами питания толстолоба // Изв. ТИНРО. — 1948. — Т. 27. — С. 187–219.

**Хахина А.Г.** Фитопланктон озер нижнего течения р. Амура // Тр. ДВФАН СССР. — 1937. — Т. 2. — С. 333–373.

**Юрьев Д.Н.** Речной лед как субстрат развития планктонных водорослей // Эколого-биогеохимические исследования на Дальнем Востоке. — Владивосток : Дальнаука, 1996. — Вып. 1. — С. 79–96.

**Barinova S.S., Medvedeva L.A., Kondratieva L.M., Shesterkin V.P.** Bio-indication in the Amur River, Russian Far East // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2015. — Vol. 6, № 1. — P. 1171–1187.

**Darki B.Z.** Spatial Distribution of *Asterionella formosa* Hassall, *Cyclotella ocellata* Pantocsek and *Fragilaria crotonensis* Kitton in the Zayandehrud Reservoir Dam, Iran // Ecopersia. — 2015. — Vol. 3, № 3. — P. 1119–1132.

**Krivtsov V., Bellinger E.G., Sigee D.C.** Changes in the elemental composition of *Asterionella formosa* during the diatom spring bloom // J. Plankt. Res. — 2000. — Vol. 22, Iss. 1. — P. 169–184. DOI: 10.1093/plankt/22.1.169.

**Maberly S.C., Hurley M.A., Butterwick C. et al.** The rise and fall of *Asterionella formosa* in the South Basin of Windermere: analysis of a 45-year series of data // *Freshwater Biology*. — 1994. — Vol. 31, Iss. 1. — P. 19–34. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1994.tb00835.x.

**Nikulina T.V., Medvedeva L.A.** Diatoms of the southern part of the Russian Far East // *Diatoms: Fundamentals and Applications*. — Wiley-Scrivener, Beverly, MA, USA, 2019. — Vol. 1. — P. 355–389. DOI: 10.1002/9781119370741.ch16.

**Pantle R., Buck H.** Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Gas- und Wasserfach*. — 1955. — Vol. 96, № 18. — S. 604.

**Sen B.** The seasonal periodicity of the diatom *Asterionella formosa* Hassall in a moderately eutrophic lake // *Microalgal Biology, Evolution and Ecology : Nova Hedwigia*. — 2006. — Vol. 15. — P. 127–136.

**Sivarajah B., Rühland K.M., Labaj A.L. et al.** Why is the relative abundance of *Asterionella formosa* increasing in a Boreal Shield lake as nutrient levels decline? // *J. Paleolimnol.* — 2016. — Vol. 55, Iss. 4. — P. 357–367. DOI: 10.1007/s10933-016-9886-2.

**Skvortzov B.W.** Phytoplankton from Siberia. III. From the Amur River // *J. Botany, Brit. and Fokeign*. — 1931. — Vol. 69. — P. 69–72.

**Sládeček V.** Diatoms as indicators of organic pollution // *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* — 1986. — Vol. 14, Iss. 5. — P. 555–566. DOI: 10.1002/aheh.19860140519.

**Wang Q., Yang X., Anderson N.J., Ji J.** Diatom seasonality and sedimentation in a subtropical alpine lake (Lugu Hu, Yunnan-Sichuan, Southwest China) // *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. — 2015. — Vol. 47, № 3. — P. 461–472. DOI: 10.1657/AAAR0014-039.

**Zębek E.** Seasonal changes in net phytoplankton in two lakes with differing morphometry and trophic status (northeast Poland) // *Arch. Pol. Fish.* — 2009. — Vol. 17, № 4. — P. 267–278. DOI: 10.2478/v10086-009-0019-7.

## References

**Barinova, S.S. and Medvedeva, L.A.,** *Algae, Griby, lishayniki, vodorosli i mokhoobraznyye Komsomol'skogo zapovednika (Khabarovskiy kray)* (Mushrooms, lichens, algae and bryophytes of the Komsomolsky Reserve (Khabarovsk Territory)), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1989, pp. 66–109.

**Barinova, S.S., Medvedeva, L.A., and Anisimova, O.V.,** *Bioraznoobraziye vodorosley-indikatorov okruzhayushchey sredy* (Biodiversity of algae-indicators of the environment), Tel'-Aviv: Pilies Studio, 2006.

**Barinova, S.S. and Sirotkiy, S.E.,** Biogeochemical and production characteristics of phytoplankton of the river Cupid and reservoirs of its subordinate system, *Biogeokhimiicheskiye oreoly rasseyaniya khimicheskikh elementov v ekosistemakh Dal'nego Vostoka* (Biogeochemical halos of dispersion of chemical elements in the ecosystems of the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1991, pp. 123–145.

**Vasser, S.P., Kondratyeva, N.V., Masyuk, N.P., Kordyum, E.L., Moshkova, N.A., Prikhodkova, L.P., Kovalenko, O.V., Stupina, V.V., Tsarenko, P.M., Yunger, V.P., Radchenko, M.I., Vinogradova, O.N., Bukhtiyarova, L.N., and Razumna, L.F.,** *Vodorosli. Spravochnik* (Algae: A Reference Book), Kiev: Naukova Dumka, 1989.

**Genkal, S.I. and Kukharenko, L.A.,** New data on the flora of diatoms of the Amur River, *Kriptogamicheskiye issledovaniya na Dal'nem Vostoke* (Cryptogamic research in the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1990, pp. 45–47.

**Gollerbakh, M.M. and Polyansky, V.I.,** *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR*. Vyp. 1: *Obshchaya chast'* (Keys to freshwater algae of the USSR. Iss. 1: General part), Moscow: Sovetskaya nauka, 1951.

**Karasev, M.S. and Khudyakov, G.I.,** *Rechnyye sistemy na primere Dal'nego Vostoka* (River systems on the example of the Far East), Moscow: Nauka, 1984.

**Korde, N.V.,** Method of biological study of bottom sediments of lakes (field work and biological analysis), in *Zhizn' presnykh vod SSSR* (Life in Fresh Waters of the USSR), Moscow: Akad. Nauk. SSSR, 1950, vol. 4, part 1, pp. 383–413.

**Krasnova, E.D., Nikulina, T.V., Vlasova, S.N., Mardashova, M.V., and Smirensky, S.M.,** Hydrobiological studies of the river Gilchin and the reservoirs of its basin, *Basseyn reki Gil'chin: Istoriya. Vodno-bolotnyye ugod'ya. Vodnyye resursy* (Basin of the Gilchin River: History. Wetlands. Water resources), Vladivostok : Dal'nauka, 2016, pp. 134–197.

**Krasnova, E.D., Nikulina, T.V., Vlasova, S.N., Mardashova, M.V., and Smirensky, S.M.,** Evaluation of the sanitary and biological status of water bodies in Gyltchin River watershed in June 2011, *Byull. Mosk. O-va. Ispyt. Prir., Otd. Biol.*, 2013, vol. 118, no. 5, pp. 31–39.

**Kukhareno, L.A.,** Algae, *Flora i rastitel'nost' Khinganskogo zapovednika (Amurskaya oblast')* (Flora and vegetation of the Khingansky reserve (Amur region)), Vladivostok : Dal'nauka, 1998, pp. 11–32.

**Kukhareno, L.A., Medvedeva, L.A., Barinova, S.S., and Batenok, I.N.,** Algae, *Flora i rastitel'nost' Bol'shekhkhtsirskogo zapovednika (Khabarovskiy kray)* (Flora and vegetation of the Bolshekhkhtsirsky Reserve (Khabarovsk Territory)), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1986, pp. 13–29.

**Kukhareno, L.A. and Naumenko, Yu.V.,** Assessment of the water quality of the Amur River by the saprobity of algae, *Kriptogamicheskiye issledovaniya na Dal'nem Vostoke* (Cryptogamic research in the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1990, pp. 48–59.

**Medvedeva, L.A.,** To the algoflora of the Botchinsky Reserve, in *Tezisy dokl. 4<sup>th</sup> Dal'nevost. konf. po zapovednomu delu* (Proc. 4<sup>th</sup> Far East. Conf. on Conservation Matter), Vladivostok: Dal'nauka, 1999, pp. 105–106.

**Medvedeva, L.A.,** Results of algological survey of the middle part of the Bureya river basin, in *Gidroekologicheskij monitoring zony vliyaniya Bureyskogo gidrouzla* (Hydro-ecological monitoring in Bureyskaya hydro-electric power station zone influences), Khabarovsk: Institut vodnykh i ekologicheskikh problem Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2007, pp. 64–80.

**Medvedeva, L.A.,** Structural characteristics of algal communities in the periphyton of watercourses in the Bureya river basin (Khabarovsk Territory, Russian Federation), *Gidrobiol. Zh.*, 2006, vol. 42, no. 6, pp. 22–40.

**Medvedeva, L.A. and Nikulina, T.V.,** *Katalog presnovodnykh vodorosley yuzhnoy chasti Dal'nego Vostoka* (Catalogue of freshwater algae of the southern part of the Russian Far East), Vladivostok : Dal'nauka, 2014.

**Medvedeva, L.A. and Nikulina, T.V.,** Comparative analysis of taxonomical structure of the freshwater algal flora of the south of the Far East of Russia, *Rastitel'nyj mir Aziatskoj Rossii: Vestn. Tsentr. sibirskogo bot. sada SO RAN*, 2019, no. 1(33), pp. 3–14. doi 10.21782/RMAR1995-2449-2019-1(3-14)

**Medvedeva, L.A., Nikulina, T.V., and Sirotskiy, S.E.,** Biomonitoring of the ecological state of the Bureya reservoir, in *Mater. Mezhhregion. konf. "Regiony novogo osvoeniya: ekologicheskiye problemy i puti ikh resheniya"* (Materials of the Inter-Regional conf. "Regions of new development: environmental problems and solutions"), Khabarovsk, 2008, pp. 594–596.

**Medvedeva, L.A., Nikulina, T.V., and Sirotskii, S.E.,** Assessing the state of the aquatic ecosystem of the Bureya reservoir based on analysis of phytoplankton community, *Vodn. Resur.* 2015, vol. 42, no. 2, pp. 220–231. doi 10.1134/S0097807815020074

**Medvedeva, L.A. and Savateev, I.N.,** Algae, in *Flora, mikrobiota i rastitel'nost' zapovednika «Bastak»* (Flora, mycobiota and vegetation of the Bastak reserve), Vladivostok: Dal'nauka, 2007, pp. 37–82.

**Medvedeva, L.A. and Sirotskiy, S.E.,** Annotated list of algae of the Amur River and water bodies of its adjunct system, *Biogeochemicheskiye i geoekologicheskiye issledovaniya nazemnykh i presnovodnykh ekosistem* (Biogeochemical and geoecological studies of terrestrial and freshwater ecosystems), Vladivostok: Dal'nauka, 2002, no. 12, pp. 130–218.

**Medvedeva, L.A. and Sirotskiy, S.E.,** Phytoplankton of the Bureya reservoir in the first year of its filling, in *Gidroekologicheskij monitoring zony vliyaniya Bureyskogo gidrouzla* (Hydro-ecological monitoring in Bureyskaya hydro-electric power station zone influences), Khabarovsk: Institut vodnykh i ekologicheskikh problem Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2007, pp. 95–104.

**Medvedeva, L.A., Sirotskiy, S.E., and Ogly, Z.P.,** Algae of the Amur River Basin (Russia), *Biogeochemicheskiye i gidroekologicheskiye osobennosti ekosistem basseyna reki Amur* (Biogeochemical and Hydroecological Features of the Amur River Basin Ecosystems), Vladivostok: Dal'nauka, 2001, no. 11, pp. 151–174.

**Mokeyeva, N.P.,** New data on phytoplankton in the middle reaches of the river. Cupid, *Tr. Vsesoyuz. gidrobiol. o-va*, 1963, vol. 13, pp. 90–93.

**Nikulina, T.V.,** The species composition of the algoflora and the determination of the water quality of the r. Tyrma (tributary of the Bureya river), in *Gidroekologicheskij monitoring zony vliyaniya Bureyskogo gidrouzla* (Hydro-ecological monitoring in Bureyskaya hydro-electric power station zone influences), Khabarovsk: Institut vodnykh i ekologicheskikh problem Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2007, pp. 80–94.

**Nikulina, T.V., Species composition of algal flora of Amur River low part in 2005–2014 and water quality evaluation by biological analysis data**, in *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* (Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings), 2014, no. 6, pp. 483–500.

**Nikulina, T.V.**, Phytoplankton species composition and biological assessment of the Amur River in the Blagoveshensk town section (spring-summer 2018), in *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* (Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings), 2019, no. 8, pp. 114–125. doi 10.25221/levanidov.08.11

**Nikulina, T.V.**, Supplement to the diatom flora of the Khingan State Natural Reserve, in *Mater. 10-y Dal'nevost. konf. po zapovednomu delu* (Proc. 10<sup>th</sup> Far East. Conf. on Conservation Matter), Blagoveshchensk: Blagoveshch. Gos. Pedagog. Univ., 2013, pp. 239–240.

*Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost'. T. 18: Dal'niy Vostok, vyp. 1: Amur* (Surface Water Resources of the USSR, Hydrological study, vol. 18: Far East, Iss. 1: Cupid), Shabalin, S.D., ed., Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966.

**Savateev, I.N.**, Algae of Lake Zabelovsky (Jewish Autonomous Region), *Presnovodnyye ekosistemy basseyna reki Amur* (Freshwater ecosystems of the Amur River basin), Vladivostok : Dal'nauka, 2008, pp. 99–110.

**Savateev, I.N.**, Microphytobenthos of the Mitrofanovka River of the Bastak State Nature Reserve, in *Mater. 7-y Dal'nevost. konf. po zapovednomu delu* (Proc. 7<sup>th</sup> Far East. Conf. on Conservation Matter), Birobidzhan: IKARP DVO RAN, 2005, pp. 234–236.

**Savateev, I.N. and Medvedeva, L.A.**, Diatoms (*Bacillariophyta*) from lentic reservoirs of the state Nature Reserve “Bastak”, *Botan. Zh.*, 2008, vol. 93, no. 2, pp. 254–262.

**Savateev, I.N. and Medvedeva, L.A.**, Preliminary information about diatom algae of some rivers in «Bastak» Nature Reserve, in *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* (Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings), 2005, no. 3, pp. 237–245.

**Skvortsov, B.V.**, Materials on the flora of algae of Asian Russia. 3. About phytoplankton of Lake Chlya, Priamurskaya oblast, *Zhurn. Rus. Botan. o-va*, 1917, vol. 2, pp. 15–20.

**Skvortsov, B.V.**, Materials on the flora of algae of Asian Russia. 7. The first information about phytoplankton r. Cupid, *Zhurn. Rus. Botan. o-va*, 1918, vol. 3, pp. 1–9.

**Sladечek, V.**, General biological scheme of water quality, in *Mater. 1-go s'yezda Vsesoyuz. gidrobiol. o-va “Sanitarnaya i tekhnicheskaya gidrobiologiya”* (Proc. 1<sup>st</sup> Meet. All-Union Hydrobiol. Soc. “Sanitary and technical hydrobiology”), Moscow: Nauka, 1967, pp. 26–31.

**Stenina, A.S., Genkal, S.I., Kharitonova, G.V., Konovalova, N.S., and Kim, V.I.**, The diatoms composition in the river suspended matter of the Mid-Amur (Russian Far East), *Izv. Komi Nauch. Tsentra Ural'skogo Otdel. Ross. Akad. Nauk*, 2016, no. 4(28), pp. 29–37.

**Telekalo, I.D. and Chekan, V.S.**, Regional material for the section “Algae”, in *Tezisy dokl. 2-y Ros. konf. “Flora i rastitel'nost' Sibiri i Dal'nego Vostoka”*. Chteniya pamyati L.M. Cherepnina (Proc. 2<sup>nd</sup> Ros. Conf. “Flora and vegetation of Siberia and the Far East”. Readings in memory of L.M. Cherepnin, Krasnoyarsk, 1996, pp. 378–380.

**Khalfina, N.A.**, Species of the genus *Melosira* Ag. plankton of the Amur River, *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy*, 1966, vol. 3, pp. 43–46.

**Khakhina, A.G.**, Microflora of Lake Bolon in connection with the nutritional issues of silver carp, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1948, vol. 27, pp. 187–219.

**Khakhina, A.G.**, Phytoplankton of lakes in the lower reaches of the river. Cupid, *Tr. Dal'nevost. Filiala Akad. Nauk SSSR*, 1937, vol. 2, pp. 333–373.

**Yuriev, D.N.**, River ice as a substrate for the development of planktonic algae, in *Ekologo-biogeokhimicheskiye issledovaniya na Dal'nem Vostoke* (Ecological and biogeochemical studies in the Far East), Vladivostok : Dal'nauka, 1996, no. 1, pp. 79–96.

**Barinova, S.S., Medvedeva, L.A., Kondratieva, L.M., and Shesterkin, V.P.**, Bio-indication in the Amur River, Russian Far East, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2015, vol. 6, no 1, pp. 1171–1187.

**Darki, B.Z.**, Spatial Distribution of *Asterionella formosa* Hassall, *Cyclotella ocellata* Pantocsek and *Fragilaria crotonensis* Kitton in the Zayandehrud Reservoir Dam, Iran, *Ecopersia*, 2015, vol. 3, no. 3, pp. 1119–1132.

**Krivtsov, V., Bellinger, E.G., and Sigeo, D.C.**, Changes in the elemental composition of *Asterionella formosa* during the diatom spring bloom, *J. Plankt. Res.*, 2000, vol. 22, no. 1, pp. 169–184. doi 10.1093/plankt/22.1.169

**Maberly, S.C., Hurley, M.A., Butterwick, C., Corry, J.E., Heaney, S.I., Irish, A.E., Jaworski, G.H.M., Lund, J.W.G., Reynolds, C.S., and Roscoe, J.V.**, The rise and fall of *Asterionella formosa*

in the South Basin of Windermere: analysis of a 45-year series of data, *Freshwater Biology*, 1994, vol. 31, no. 1, pp. 19–34. doi 10.1111/j.1365-2427.1994.tb00835.x

**Nikulina, T.V. and Medvedeva, L.A.**, Diatoms of the southern part of the Russian Far East, *Diatoms: Fundamentals and Applications*, Wiley-Scrivener, Beverly, MA, USA, 2019, vol. 1, pp. 355–389. doi 10.1002/9781119370741.ch16

**Pantle, R. and Buck, H.**, Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse, *Gas- und Wasserfach*, 1955, vol. 96, no. 18, s. 604.

**Sen, B.**, The seasonal periodicity of the diatom *Asterionella formosa* Hassall in a moderately eutrophic lake, *Microalgal Biology, Evolution and Ecology: Nova Hedwigia*, 2006, vol. 15, pp. 127–136.

**Sivarajah, B., Rühländ, K.M., Labaj, A.L., Paterson, A.M., and Smol, J.P.**, Why is the relative abundance of *Asterionella formosa* increasing in a Boreal Shield lake as nutrient levels decline?, *J. Paleolimnol.*, 2016, vol. 55, no. 4, pp. 357–367. doi 10.1007/s10933-016-9886-2

**Skvortzov, B.W.**, Phytoplankton from Siberia. III. From the Amur River, *J. Botany, Brit. and Fokeign*, 1931, vol. 69, pp. 69–72.

**Sládeček, V.**, Diatoms as indicators of organic pollution, *Acta Hydrochim. Hydrobiol.*, 1986, vol. 14, no. 5, pp. 555–566. doi 10.1002/ahch.19860140519

**Wang, Q., Yang, X., Anderson, N.J., and Ji, J.**, Diatom seasonality and sedimentation in a subtropical alpine lake (Lugu Hu, Yunnan-Sichuan, Southwest China), *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2015, vol. 47, no. 3, pp. 461–472. doi 10.1657/AAAR0014-039

**Zębek, E.**, Seasonal changes in net phytoplankton in two lakes with differing morphometry and trophic status (northeast Poland), *Arch. Pol. Fish.*, 2009, vol. 17, no. 4, pp. 267–278. doi 10.2478/v10086-009-0019-7

*Novosti Khabarovska, 2018* (Khabarovsk News, 2018). <http://khabarovsk-news.net/society/2018/08/05/106869.html>. Cited March 27, 2021.

*Khabarovskiy kray segodnya, 2019* (Khabarovsk Territory today, 2019). [https://todaykhv.ru/news/society/22069/?sphrase\\_id=2771479](https://todaykhv.ru/news/society/22069/?sphrase_id=2771479). Cited March 27, 2021.

*Unifitsirovannyye metody issledovaniya kachestva vod. Ch. 3: Metody biologicheskogo analiza vod* (Unified Methods to Study the Water Quality, Part 3: Methods of Biological Water Analysis, Atlas of Saprobic Organisms), Moscow: SEV, 1984.

**Guiry, M.D. and Guiry, G.M.**, *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, Galway: National University of Ireland, 2019. <https://www.algaebase.org>. Cited March 27, 2021.

*Поступила в редакцию 11.05.2021 г.*

*После доработки 15.07.2021 г.*

*Принята к публикации 16.08.2021 г.*