

УДК 574.583(571)

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ВОДОРΟΣЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ НИЗОВЬЕВ  
АРКТИЧЕСКИХ РЕК СЕВЕРО-ВОСТОКА СИБИРИ****Габышев В.А.***ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны» Сибирского отделения  
Российской академии наук, Якутск, e-mail: v.a.gabyshev@yandex.ru*

Крупные реки арктического бассейна северо-востока Сибири, в отличие от рек Западной и Средней Сибири, менее населены человеком и до сих пор сохраняют естественный водный режим. Тем не менее водные экосистемы рек региона испытывают антропогенную нагрузку, которая связана с деятельностью предприятий добывающей промышленности. В последнее время промышленное освоение северо-востока Сибири ускоряется не только на водосборных бассейнах рек, но и на шельфе Северного Ледовитого океана. Поэтому возрастает актуальность изучения биологического разнообразия водорослевых сообществ низовьев арктических рек и их устьев, так как они представляют собой экотоны и имеют большое значение в поддержании биоразнообразия. Имеется ряд публикаций о флоре водорослей крупных арктических рек региона. Цель настоящего исследования: на основе оригинальных данных и опубликованных материалов выявить основные особенности таксономического состава водорослевых сообществ низовьев арктических рек северо-востока Сибири. В результате определено видовое богатство низовьев шести крупнейших рек региона: Лены (637 видов), Колымы (187), Индигирки (185), Яны (111), Оленёка (80) и Анабара (51 вид). Различия в богатстве флор объясняются неоднородностью их изученности. Показано, что основу флор составляют представители зеленых и диатомовых водорослей. Выявленные особенности водорослевых сообществ свидетельствуют о том, что водные экосистемы низовьев арктических рек региона на данном этапе находятся преимущественно под влиянием природных факторов.

**Ключевые слова:** водоросли, флора, биоразнообразие, арктические реки, низовья рек, северо-восток Сибири

**ALGAL COMMUNITIES FEATURES OF LOWER REACHES OF ARCTIC RIVERS  
OF NORTH-EASTERN SIBERIA****Gabyshev V.A.***Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: v.a.gabyshev@yandex.ru*

Large rivers of the Arctic basin of northeastern Siberia, in contrast to the rivers of Western and Central Siberia, are less inhabited by humans and still retain a natural water regime. Nevertheless, the water ecosystems of the rivers in the region are subject to anthropogenic pressure, which is associated with the activities of extractive industries. Recently, industrial development of the north-eastern Siberia is accelerating not only in the catchment areas of rivers, but also on the shelf of the Arctic Ocean. Therefore, the relevance of studying the biodiversity of algal communities of the lower reaches of Arctic rivers and their estuaries is growing, as they are ecotones and are of great importance in maintaining biodiversity. There are a number of publications on the algal flora of the large Arctic rivers of the region. The purpose of this study is to reveal the key characteristics of the taxonomic composition of algal communities of Large Rivers of the Arctic basin of northeastern Siberia on the basis of original data and published materials to identify. The aim of this study is to identify the main features of the taxonomic composition of algal communities based on original data and published materials. As a result, the species richness of the lower reaches of the six largest rivers of the region was determined: Lena (637 species), Kolyma (187), Indigirka (185), Yana (111), Olenek (80) and Anabar (51 species). Differences in the richness of floras are due to the different level of knowledge. We have demonstrated that the basis of the flora is made up of representatives of green and diatom algae. The revealed features of algal communities indicate that the water ecosystems of the lower reaches of the Arctic rivers of the region at this stage are mainly influenced by natural factors.

**Keywords:** algae, flora, biodiversity, Arctic rivers, the lower reaches of rivers, north-eastern Siberia

Северо-восток Сибири обладает густой речной сетью. Наиболее крупные арктические реки региона (Анабар, Оленёк, Лена, Яна, Индигирка, Колыма) принадлежат бассейнам морей Лаптевых и Восточно-Сибирского и, в отличие от рек Западной и Средней Сибири (рр. Обь и Енисей), менее населены человеком и до сих пор сохраняют естественный водный режим. Тем не менее экосистемы рек северо-востока Сибири испытывают на себе воздействие человеческой деятельности, которое связано с работой предприятий добывающей промышленности. В последнее время отмечается повышение активности промышлен-

ного освоения арктического сектора Восточной Сибири не только в водосборных бассейнах рек, но и в прибрежной части акватории Северного Ледовитого океана. Так, в 2017 г. компанией Роснефть начата сейсморазведка на шельфе моря Лаптевых, следовательно, антропогенная нагрузка будет усиливаться. В этих условиях возрастает актуальность исследований биоразнообразия водных экосистем региона, в особенности низовьев крупных арктических рек и их устьев, которые представляют собой маргинальную зону, так как рядом исследователей [1] показано большое значение экотонов в поддержании биоразнообразия.

В альгологическом отношении водоемы устьев арктических рек региона изучены недостаточно, наиболее полные данные о водорослях относятся к дельте р. Лены. Обобщающей работой, содержащей видовой список, сравнительный флористический анализ водорослей и сведения о сапробиологическом состоянии водоемов устья реки, является депонированная статья И.И. Васильевой и П.А. Ремигайло [2]. Водорослям низовьев р. Колымы посвящены работы М.М. Тяптиргянова и др. [3], а также А.М. Никанорова и др. [4]. В последнее время нами были опубликованы работы о фитопланктоне крупных арктических рек Якутии [5–7]. Имеется также ряд публикаций, содержащих сведения о флоре водорослей р. Лена [8] и Колыма [9, 10]. Цель настоящего исследования – обобщение вновь полученных и всех имеющихся альгологических данных о низовьях арктических рек региона, изучение особенностей таксономического состава водорослевых сообществ.

#### Материалы и методы исследования

Исследование основано на альгологическом материале, отобранном в сентябре 2009 г. на р. Лене в районе о. Тит-Ары, в августе-сентябре 2014 г. в бухте Тикси, заливе Неелова, а также в озерах окрестностей бухты Тикси, залива Неелова и Оленёкской протоки дельты. Использованы фондовые, ранее не опубликованные материалы ИБПК СО РАН, собранные на участках дельты Хохочу, Чай-Тумус и Буор-Хая, в протоке Гусинка и в районе устья р. Тыллах (сентябрь 1994 г.). Использованы также фондовые материалы Усть-Ленского заповедника сборов 1980–1990 гг., выполненных в бухте Тикси и р. Лене в районе о. Столб. Обработка материала проведена в лаборатории флористики и геоботаники ИБПК СО РАН. Для сбора полевого материала применялась планктонная сеть Апштейна, изготовленная из газа производства SEFAR NITEX, размером ячеи 30 мкм. Наблюдения проводились как в литорали, так и в пелагиали водоемов в поверхностном горизонте воды, на глубине до 0,3 м. Собрано и микроскопировано 100 планктонных проб.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Фитопланктон устьевого участка р. Анабар относительно богат, так как в единственной пробе, которая была отобрана в Анабарской губе, нами был выявлен 51 вид (52 вида и разновидностей) водорослей, представителей пяти отделов [7]. Основой планктонной флоры были диатомовые водоросли, которые составили 49,0% от общего числа видов. Разнообразно были представлены зеленые (25,5%) и золотистые (11,8%) водоросли, цианопрокариот (9,8%) и желто-зеленых (3,9%) было отмечено меньше. Численность водорослей достигала в среднем 57,25 тыс. кл/л, а биомасса 0,028 мг/л.

В ценотической, как и во флористической структуре планктона преобладали диатомеи, составляя 38,9% общей численности и 60,8% биомассы фитопланктона. На втором месте по количественным показателям развития были представители Chrysophyta, их доля в общей численности фитопланктона была 33,3%, а в биомассе – 37,0%. На долю цианопрокариот приходилось 22,2% общей численности, но из-за преобладания мелкоклеточных видов их вклад в биомассу фитопланктона был незначительным. Несмотря на весомый вклад во флору планктона, представители Chlorophyta составляли лишь 5,6% общей численности, а их доля в биомассе планктонных водорослей была еще меньше. Низкий уровень численности и биомассы был отмечен для водорослей отдела Xanthophyta.

Доминирующими видами планктона Анабарской губы являлись представители Bacillariophyta и Chrysophyta: *Asterionella formosa* Hass., *Nitzschia acicularis* W. Sm., *Dinobryon sociale* Ehr. var. *americana* (Brunnth.) Bachm., *Cyclotella meneghiniana* Kütz [7].

Фитопланктон предустьевого участка р. Оленёк представлен 80 видами (83 видами и разновидностями) из 5 отделов водорослей. Во флористической структуре водорослевых сообществ планктона низовья р. Оленёк преобладали Chlorophyta, составляя 55,0% от общего числа видов. Представителей Bacillariophyta (25,0%) и Cyanoprokaryota (11,3%) было отмечено меньше. Еще меньше был вклад во флору водорослей отдела Chrysophyta (6,3%). Из отдела Euglenophyta было встречено лишь два вида: *Euglena viridis* Ehr. и *Lepocinclis fusiformis* (Carter) Lemm. [7].

В нижнем течении р. Оленёк, сильное влияние на речной планктон оказывают водорослевые сообщества, развивающиеся в р. Бур, крупном левом притоке Оленёка. В планктоне устья р. Бур нами было зафиксировано массовое развитие представителей цианопрокариот двух видов: *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. с численностью 1802,5 тыс. кл/л и биомассой 0,045 мг/л, и *Anabaena affinis* Lemm. (158,7 тыс. кл/л; 0,018 мг/л). Тогда как количественные показатели развития фитопланктона в целом в устье р. Бур составляли 2300,8 тыс. кл/л и 0,087 мг/л. Повышенный уровень вегетации цианопрокариот был отмечен нами и в самой реке Оленёк, на значительном отрезке ниже впадения р. Бур.

В среднем для низовья р. Оленёк численность фитопланктона равнялась 1201,2 тыс. кл/л, а биомасса – 0,051 мг/л. По уровню количественного развития преобладали

представители Cyanoprokaryota, достигая 94,9% общей численности фитопланктона и 60,5% его биомассы. Доля водорослей из других отделов была незначительна и составляла у Bacillariophyta – 2,4%, Chlorophyta – 1,7%, а у Chrysophyta и Euglenophyta – по 1,0%. Весомый вклад в биомассу фитопланктона кроме Cyanoprokaryota вносили также представители Bacillariophyta (25,2%), доля Chrysophyta и Chlorophyta была меньше, соответственно – 11,4 и 2,8%. Роль представителей Euglenophyta в формировании биомассы планктонных водорослей низовья р. Оленёк была незначительна.

Доминирующими видами водорослевого планктона низовья Оленёка были представители Cyanoprokaryota и Bacillariophyta: *Aphanizomenon flos-aquae*, *Asterionella formosa* и *Nitzschia acicularis* [7]. Звездчатые колонии *Asterionella formosa*, развивающиеся в обилии на этом участке р. Оленёк наблюдали также Л.Е. Комаренко и И.И. Васильева [11] в середине прошлого века.

В водоемах дельты р. Лены было выявлено 637 видов водорослей (686 видов и разновидностей) из 232 родов, 94 семейств, 43 порядков, 18 классов и 11 отделов. Основу флоры составили представители четырех отделов водорослей: диатомовые – 292 таксона (42,4% альгофлоры), зеленые – 114 (17,9%), стрептофитовые – 97 (15,2%) и цианопрокариоты – 81 (2,7%). Представители отделов желто-зеленых и золотистых водорослей были обнаружены в равном количестве по 21 виду (3%), динофитовых – 16 (2,4%), эвгленовых – 13 видов (2%). Единично были встречены водоросли из отделов эустигматофитовых – 4 (0,6%), криптофитовых – 2 (0,3%) и красных – 1 (0,2%).

Наиболее богатыми в видовом отношении классами альгофлоры дельты р. Лены являются Bacillariophyceae (36,5% общего числа видов), Zygnematomphyceae (15,1%), Cyanophyceae (12,7%) и Chlorophyceae (12,4%). Среди порядков выделяются три: Raphales (31,4%), Desmidiaceae (14,3%) и Sphaeropleales (9,4%). Два наиболее крупных семейства относятся к диатомовым и стрептофитовым водорослям: Naviculaeae (11,9% видового состава) и Desmidiaceae (10,8%). Десятку ведущих родов составили *Cosmarium* (27 видов), *Closterium* (20), *Navicula* и *Eunotia* (по 18), *Pinnularia* и *Nitzschia* (по 17), *Gomphonema* (15), *Suriella* (13), *Symbella* (11) и *Staurastrum* (10). Значительную часть флоры объединяют одно- и двувидовые роды, включая 33,4% видового состава, при этом они составляют 71,6% общего числа родов. Пропорции флоры 1:2,4:6,6:7,2 (относительное число семейств, принятое за 1 : среднее число ро-

дов в семействе : среднее число видов в семействе : среднее число видов и разновидностей в семействе). Родовая насыщенность видами – 2,8. Вариабельность вида – 1,1.

Видовое богатство водорослей, отмеченных в планктоне дельтового участка р. Яны, достигает 111 видов (123 таксона рангом ниже рода) из 7 отделов [7]. На первом месте по видовому богатству находятся представители зеленых водорослей, составляя 43,2% общего числа видов. Второе место занимают представители диатомей (39,6%), разнообразно представлены водоросли отдела Cyanoprokaryota (6,3%); Chrysophyta и Dinophyta меньше – соответственно 4,5% и 3,6%; беден состав Xanthophyta (1,8%) и Euglenophyta (0,9%).

Средние показатели численности и биомассы водорослей планктона дельты р. Яны составили соответственно 45,0 тыс. кл/л и 0,069 мг/л. По численности преобладают представители Bacillariophyta, доля которых в планктоне равнялась 86,7%. При этом один массово развивающийся вид диатомей (*Asterionella formosa*) формировал от 81,1% до 87,7% численности фитопланктона. Представители отдела Chrysophyta вносили значительный вклад в развитие альгогруппировок, составляя в среднем в фитопланктоне дельты р. Яны 10,8% общей численности. Биомасса фитопланктона низовья р. Яны представлена преимущественно водорослями двух отделов – зеленых (46,8% от общей биомассы) и диатомовых (45,4%) [7].

Доминирующими видами фитопланктона низовья р. Яны были представители диатомей *Asterionella formosa* и *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., и золотистых водорослей – *Dinobryon sociale*.

Видовое богатство фитопланктона в нижнем течении р. Индигирки достигает 185 видов (206 внутривидовых таксонов) из 7 отделов. Основной вклад вносят представители отдела зеленых водорослей, которые составляют 46,5% видового состава. Доля Bacillariophyta во флоре планктона достигает 31,9% от общего числа видов. Роль золотистых (6,5%), эвгленовых, синезеленых (по 5,4%), динофитовых (2,7%) и желто-зеленых (1,6%) водорослей меньше.

Численность фитопланктона низовья Индигирки составила 49,5 тыс. кл/л, биомасса – 0,027 мг/л [5]. В низовье реки лучше вегетировали мелкоклеточные истинно-планктонные виды водорослей, этим объясняется низкое значение биомассы фитопланктона при высокой его численности. Основной вклад в количественные показатели развития фитопланктона принадлежал водорослям отдела Bacillariophyta, кото-



рые составляли 61,8% общей численности и 64,6% общей биомассы. Значительную роль в формировании планктонных альгоценозов низовья р. Индигирки играли представители отдела Chrysophyta, доля которых в численности фитопланктона равнялась 22,7%, а в биомассе – 28,7%. Доля зелёных водорослей была меньше (15,5% численности и 5,7% биомассы фитопланктона). Представители других отделов составляли незначительную долю в количественном развитии планктонных водорослей низовья Индигирки.

Нами была выявлена особенность, заключающаяся в том, что в устьях притоков нижней Индигирки, золотистые и зелёные водоросли вегетировали интенсивнее, чем в самой реке [5]. Так, в устье правого притока Индигирки, р. Бадярихе, и во флористическом и в ценотическом отношении преобладали зелёные водоросли, составляя 66,7% видового состава фитопланктона, 61,8% общей численности и 64,6% общей биомассы водорослей. В устье р. Большая Эрча по видовому богатству преобладали зелёные водоросли (47,1% видового состава), а по обилию – золотистые, составляя 67,6% общей численности и 88,3% общей биомассы водорослей. Таким образом, многие виды золотистых и зеленых водорослей вносятся в планктон р. Индигирки из приточной системы, но лишь некоторые виды продолжают там успешно вегетировать.

В число видов-доминантов наряду с диатомеями входили представители зелёных и золотистых: *Asterionella formosa*, *Monoraphidium komarkovae* Nygaard, *Dinobryon suecicum* Lemm., *Synedra ulna*, *S. tabulata* (Ag.) Kütz. Так как низовье р. Индигирки имеет равнинный характер, закономерно наличие среди доминантов двух истинно планктонных видов – *Asterionella formosa* и *Dinobryon suecicum*, а также двух факультативно планктонных видов – *Monoraphidium komarkovae* и *Synedra ulna*. Наличие среди доминантов представителя арктоальпийской флоры (*Dinobryon suecicum*) объясняется географическим положением низовья р. Индигирки.

В фитопланктоне низовья р. Колымы было выявлено 187 видов водорослей (205 видов и разновидностей) из 7 отделов [6]. Основу планктонной флоры составили зеленые водоросли (49,7% общего числа видов). Второе место по видовому богатству принадлежит диатомеям (34,2% флоры планктона). Водоросли отделов Cyanoprokaryota и Chrysophyta объединили соответственно 9,1% и 3,2% флоры. Видовой состав Dinophyta и Xanthophyta был

беден и составил для каждого из отделов по 1,6% обнаруженных в реке видов водорослей, а из отдела Euglenophyta нами был встречен один вид.

Численность фитопланктона достигала в среднем для низовья р. Колымы 221,4 тыс. кл/л, биомасса – 0,057 мг/л. Основа ценотической структуры фитопланктона представлена водорослями отдела Bacillariophyta, доля которых в общей численности была 47,8%, а в общей биомассе – 70,8%. Важную роль играют Cyanoprokaryota, составляя 42,8% численности и 16,2% биомассы планктонных водорослей. Роль Chlorophyta (6,8% общей численности и 7,7% общей биомассы фитопланктона) и Chrysophyta (2,6% и 4,1%) в альгоценозах меньше, а вклад водорослей других отделов является незначительным.

Доминирующими видами фитопланктона низовья р. Колымы являются представители двух отделов: Bacillariophyta и Cyanoprokaryota. Это планктонные и планктонно-бентосные водоросли, космополиты: *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simon., *Asterionella gracillima* (Hantzsch) Heib. и *Aphanizomenon flos-aquae*.

Таким образом, среди низовьев исследованных рек наиболее богата в видовом отношении флора водорослей дельты р. Лены (637 видов). Значительно уступают ей низовья р. Колыма (187 видов) и Индигирка (185 видов). Беднее видовой состав низовьев Яны (111 видов) и Оленёка (80 видов). Меньше всего видов отмечено в альгофлоре устья р. Анабар (51 вид). Столь значительные различия объясняются неоднородностью изученности низовьев арктических рек региона.

Основу флоры всех исследованных рек составляют представители зеленых и диатомовых водорослей.

Следует отметить, что роды *Navicula* и *Aulacoseira* находящиеся в головной части спектра низовьев исследованных нами рек северо-востока Сибири, входят также в число ведущих родов и в устьях других крупных арктических рек – Енисея и Оби [12, 13]. В устьях этих двух рек, после зарегулирования их стока, отмечено повышение видового разнообразия представителей рода *Stephanodiscus*, которое исследователи связывают с прогрессирующим процессом эвтрофирования вод. Например, в низовье Енисея число видов этого рода увеличилось за два десятилетия с 6 [12] до 10 [14]. По нашим данным, в низовье р. Лены этот род представлен только тремя видами, в устье р. Анабар – одним, а в низовьях других исследованных нами рек представителей данного рода отмечено не было.

### Выводы

Фитопланктон низовьев исследованных рек характеризуется относительным видовым богатством, а его флористическому составу свойственны типические черты альгоценозов ненарушенных водоемов Арктики. По уровню количественного развития водорослей и таксономическому составу флоры устья рек характеризуются как олиготрофные северные водоемы. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что водные экосистемы низовьев арктических рек региона на данном этапе находятся преимущественно под влиянием природных факторов. Сведения о таксономическом составе водорослевых сообществ низовьев исследованных рек являются фоновыми и послужат основой биомониторинга речных экосистем северо-востока Сибири.

*Работа выполнена в рамках госзадания ИБПК СО РАН на 2017–2020 гг. по теме «Фундаментальные и прикладные аспекты изучения разнообразия растительного мира Северной и Центральной Якутии» (0376-2018-0001; рег. номер АААА-А17-117020110056-0).*

### Список литературы

- Schilthuizen M. Ecotone: Speciation-prone / M. Schilthuizen // Trends Ecol. Evol. – 2000. – V. 15. № 4. – P. 130–131.
- Васильева И.И. Флора пресноводных водорослей Ленской дельты / И.И. Васильева, П.А. Ремигайло. – Якутск, 1986. – 24 с.
- Современное состояние гидробионтов нижнего течения реки Колымы / М.М. Тяптиргянов [и др.] // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2016. – № 2 (52). – С. 23–33.
- Устьевая область р. Колыма в современных условиях антропогенного воздействия / А.М. Никаноров [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 8. – С. 74–88.
- Габышев В.А. Особенности развития фитопланктона и физико-химических свойств воды р. Индигирка / В.А. Габышев, О.И. Габышева // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2011. – № 3. – С. 42–50.
- Габышев В.А. Структура фитопланктона и физико-химические параметры вод реки Колымы (Северо-Восточная Сибирь) в летний период / В.А. Габышев, О.И. Габышева // Сибирский экологический журнал. – 2013. – Т. 20, № 3. – С. 341–351.
- Габышев В.А. Фитопланктон крупных рек Якутии и сопредельных территорий Восточной Сибири / В.А. Габышев, О.И. Габышева. – Новосибирск, 2018. – 416 с.
- Ремигайло П.А. Эколого-географическая структура таксономического разнообразия фитопланктона реки Лены / П.А. Ремигайло // Наука и образование. – 2014. – № 1. – С. 90–96.
- Васильева-Кралина И.И., Копырина Л.И., Пшеничкова Е.В. Водоросли бассейна реки Колымы // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: материалы II всероссийской конф. – Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. – С. 198–200.
- Харитонов В.Г. Диатомовые водоросли Колымы / В.Г. Харитонов. – Магадан: Кордис, 2014. – 496 с.
- Комаренко Л.Е. К исследованию водорослей (микророслы) бассейна р. Оленёк / Л.Е. Комаренко, И.И. Васильева // Любите и охраняйте природу Якутии. – Якутск, 1967. – С. 103–110.
- Приймаченко А.Д. Продукционно-гидробиологические исследования Енисея / А.Д. Приймаченко, Н.Г. Шевелева, Т.Н. Покатилова. – Новосибирск: Наука, 1993. – 197 с.
- Семенова Л.А. Многолетние исследования фитопланктона Нижней Оби / Л.А. Семенова // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – № 9. – С. 163–173.
- Бессудова А.Ю. Современное состояние вод нижнего участка реки Енисей / А.Ю. Бессудова [и др.] // География и природные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 93–99.