

Таксономическое разнообразие и структура подледного фитопланктона Нижней Оби (март – апрель 2021 г.)

Taxonomic diversity and structure of the under-ice phytoplankton in Lower Ob (March-April 2021)

Митрофанова Е. Ю.

Mitrofanova E. Yu.

*Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия. E-mail: mitelena-09@mail.ru
Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia*

Реферат. Подледный фитопланктон Нижней Оби исследовали на трех створах в районе г. Салехарда в марте – апреле 2021 г. Выявлен 71 таксон водорослей из Cyanobacteria, Chrysophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta и Chlorophyta с преобладанием диатомовых водорослей (55 %), среди которых отмечены как истинные планктеры (представители 5 родов), а также те, что обитают в бентосе и обрастаниях (15 родов). *Aulacoseira granulata*, *Stephanodiscus hantzschii* и неизвестные мелкие шаровидные и нитчатые цианобактерии встречались на каждой станции и створе. Среди обследованных створов максимальное число таксонов было выявлено на створе Малой Оби (Азовы – 38), чуть менее на створах Большой Оби (Казым-Мыс – 36 и Салемал – 34). Количество отделов водорослей, напротив, на Азовы было ниже, чем на Казым-Мыс и Салемал (четыре и пять, соответственно). Эколого-географический анализ состава зимнего фитопланктона показал, что в нем преобладали представители планктона по местообитанию, космополиты по географической приуроченности, индифференты по отношению к pH среды и алкалофилы по отношению к минерализации воды, а также бетамезосапробионты по отношению к содержанию органических соединений.

Ключевые слова. Диатомовые, зеленые водоросли и цианобактерии, Нижняя Обь, соотношение, состав, фитопланктон, эколого-географический анализ.

Summary. The subglacial phytoplankton of the Lower Ob was studied at three sites in the area of Salekhard in March – April 2021. 71 taxa of algae from Cyanobacteria, Chrysophyta, Bacillariophyta, Cryptophyta and Chlorophyta were identified with a predominance of diatoms (55 %), among which they were noted as true plankters (representatives of 5 genera), as well as those that live in benthos and fouling (15 genera). *Aulacoseira granulata* and *Stephanodiscus hantzschii*, as well as unknown small spherical and filamentous cyanobacteria, were found at every station and section. Among the surveyed sections, the maximum number of taxa was found at the section of the Malaya Ob (Azovy – 38), slightly less at the sections of the Bolshaya Ob (Kazym-Mys – 36 and Salemal – 34). The number of algal divisions, on the contrary, was lower on Azovy than on Kazym-Mys and Salemal (four and five, respectively). An ecological and geographical analysis of the composition of winter phytoplankton showed that it was dominated by representatives of plankton in terms of habitat, cosmopolitans in terms of geographical confinement, indifferences in relation to the pH of the environment and alkaliphiles in relation to water salinity, as well as betamesosaprobionts in relation to the content of organic compounds.

Key words. Bacillariophyta, Chlorophyta and Cyanobacteria, composition, ecological and geographical analysis Lower Ob, phytoplankton, ratio.

Изучение разных стадий годовой сукцессии фитопланктона в крупных реках Голарктики представляет значительный интерес. Структурные перестройки в сообществе микроводорослей в ходе годового гидрологического цикла естественным образом делят процесс сезонного развития на отдельные фазы, сменяющие друг друга в ходе сукцессии и обладающие характерными особенностями качественного состава фитоценозов и продукционными характеристиками (Макаревич, 2008). На основе анализа оригинальных материалов, литературных и архивных данных эстуарных экосистем Баренцева

и Карского морей: Кольского залива, Печорской и Обской губы – П. Р. Макаревич выделил 4 фазы годового сукцессионного цикла: зимняя стадия покоя; фаза цветения криофлоры; весенняя стадия сукцессионного цикла и фаза летне-осеннего сбалансированного развития. Сроки и протяженность этих фаз различаются в разных эстуарных водоемах, находясь при этом в строгом соответствии с периодами гидрологических циклов. Вполне вероятно, что данные циклы характерны и для речной экосистемы, особенно на ее нижних участках, которые находятся в генетической связи с эстуарной. Для многих рек наименее изученным в годовом цикле пелагиофитопланктона является зимний подледный период ввиду достаточно сложной организации исследований в это время года. Так, при анализе данных по развитию и структуре растительного планктона р. Оби в нижнем течении в пределах Ямало-Ненецкого автономного округа в 1979–2007 гг. Л. А. Семенова (2008) отмечает только четыре года, когда был исследован подледный фитопланктон – 1982, 1990–1992 гг., а в обзорных работах М. С. Кукуш (1970) и М. С. Кукуш с соавт. (1972) о зимнем фитопланктоне Нижней Оби не упоминается вовсе. По оценке Л. А. Семеновой (2008), зимний фитопланктон Нижней Оби отличался бедным видовым составом и низкой продуктивностью, а главным его компонентом был диатомовый комплекс.

Цель работы – изучение таксономического состава и структуры фитопланктона Нижней Оби в подледный период 2021 г.

Фитопланктон Нижней Оби обследовали в районе г. Салехарда на трех створах (Казым-Мыс и Салемал на протоке «Большая Обь», Азовы – «Малая Обь»), восьми станциях, на глубинах 0 м, 0,2, 0,6 и 0,8 от общей глубины на станции в марте – апреле 2021 г. (рис. 1). Нижняя Обь отличается повышенной минерализацией воды, которая особенно возрастает зимой, например, в низовье, у г. Салехарда, в этот период она может достигать 200 мг/л (Плещев, Чекумарев, 1967). Пробы сгущали фильтрованием на мембранные фильтры Владипор с диаметром пор около 1 мкм, смывали с фильтров и просматривали под световым Laboval 4 (Carl Zeiss, Germany) и сканирующем электронном Hitachi S-3400N (Japan) микроскопах. Для идентификации водорослей использовали традиционные определители и современные сводки. Обработано и просмотрено 38 проб фитопланктона.



Рис. 1. Расположение створов отбора проб фитопланктона в Нижней Оби в марте – апреле 2021 г.

На трех обследованных створах выявлен 71 таксон водорослей рангом ниже рода из пяти отделов: *Cyanobacteria* – 11, *Chrysophyta* – 4, *Bacillariophyta* – 39, *Cryptophyta* – 1 и *Chlorophyta* – 15 (рис. 2). Более половины состава (55 %) приходилось на диатомовые водоросли, среди которых были отмечены как таксоны, обитающие в толще воды, или истинные планктёры – представители пяти родов (*Asterionella* Hass., *Aulacoseira* Thw., *Cyclotella* (Kütz.) Bréb., *Fragilaria*, Lyngb. и *Stephanodiscus* Ehr.), а также те, что обитают в бентосе и обрастаниях – 15 родов (*Achnanthes* (*Achnantheidium* Kütz., *Cymbella* Ag., *Dia-*

toma Bory, *Navicula* Bory, *Nitzschia* Hass., *Synedra* (*Ulnaria* Compère), *Tabellaria* Ehr. и др.). Большая доля донных форм и обрастателей в планктоне реки обусловлена в значительной степени влиянием пойменных водоемов, которые в Нижней Оби особенно развиты (Левадная, Сафонова, 1972). Стопроцентную встречаемость для различных станций имели центрические диатомеи *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. и *Stephanodiscus hantzschii* Grun., а также неизвестные мелкие шаровидные и нитчатые цианобактерии. Диаметр створок *A. granulata* был различным – от самых тонких, до более крупных, нити были прямые и изогнутые. Несколько меньшую встречаемость (87,5 %) имели *Phormidium tenue* (Menegh. Gom. из цианобактерий, *Aulacoseira distans* (Ehr.) Sim., *Cyclotella meneghiniana* Kütz. и *Fragilaria crotonensis* Kitt. из диатомовых и *Chrysococcus rufescens* Klebs из золотистых водорослей. Остальные водоросли встречались или на какой-то отдельной станции, или на нескольких из них. Это *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère и *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., а также разнообразные *Navicula* и *Cymbella*. Представители последних ведут донный образ жизни в свободном или прикрепленном к субстрату состоянии. Л. А. Семенова (2008), проанализировав данные по фитопланктону Нижней Оби в XX в., отмечала, что, начиная с 1930-х гг. структура сообществ водорослей в реке на протяжении многих лет относительно стабильная – для всех лет наблюдений характерна главенствующая роль видов рода *Aulacosira* Thw.

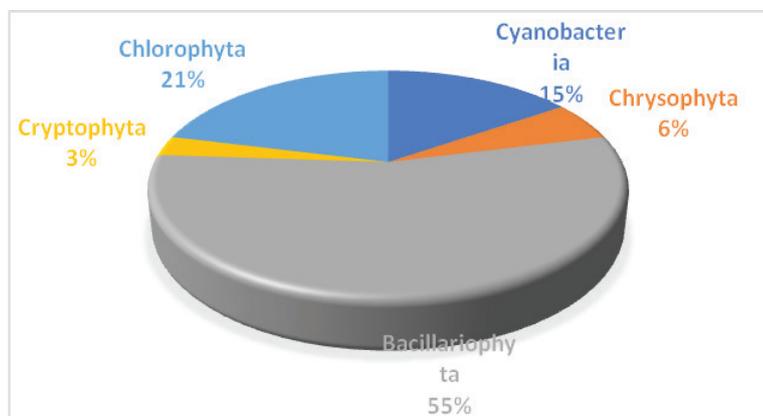


Рис. 2. Соотношение отделов водорослей в фитопланктоне Нижней Оби в марте – апреле 2021 г.

Chod., а также единичный представитель десмидиевых из р. *Cosmarium* Corda. Для сравнения, в летнем планктоне этого же района Нижней Оби (август 2020 г.) наряду с хлорококковыми можно найти зеленых вольвоксовых, улотриковых, зигнемовых, типичных обитателей мелководных участков и пойменных водоемов, которые попадают в основное русло реки с прилегающей территории.

Среди обследованных створов максимальное число таксонов было выявлено на створе Азовы – 38, чуть менее на Казым-Мыс – 36 и Салемал – 34 (рис. 3). Возможно, Малая Обь с более низкой проточностью и большим наличием мелководных местообитаний более благоприятна для развития водорослей. Количество отделов водорослей, напротив, на Азовы было ниже, чем на Казым-Мыс и Салемал – четыре и пять, соответственно, потому что на створе Азовы не обнаружено криптофитовых водорослей. Стоит отметить, что жгутиковых форм при данном исследовании фитопланктона Нижней Оби было встречено крайне мало, на что, возможно, мог повлиять способ сгущения планктонных проб фильтрацией через мембранные фильтры. Подо льдом разнообразие криптофитовых форм могло бы быть, вероятно, выше, потому что представители этого отдела относятся к гетеротрофам и могут выживать и развиваться в неблагоприятных по освещенности условиях в подледный период.

На разных станциях всех створов число таксонов водорослей колебалось от 9 до 29–30. При этом по пять отделов было отмечено на прибрежных станциях створов, в то время как на остальных станциях присутствовали водоросли из 3–4 отделов. Диатомеи на всех станциях преобладали по числу таксонов, наибольшее их количество их выявлено на станциях с максимальным числом таксонов. Разнообразные представители зеленых водорослей встречаются на разных станциях и горизонтах. Те водоросли, которые наиболее часто встречались в фитопланктоне, они же определяли и обилие фитопланктона, доминируя по численности и биомассе. Если по численности преобладали мелкоклеточные

Относительно бедным был состав зеленых водорослей, отмечены лишь отдельные их представители, причем на каждой станции разные, что может свидетельствовать о том, что в летний период разнообразие этой группы возрастет и сходство по их составу для каждой станции и створа может повыситься, потому что для зеленых водорослей зимний подледный период особенно неблагоприятен для их развития, в основном водоросли этого отдела формируют летний фитопланктон реки вместе с диатомовыми и цианобактериями. В зимнем планктоне были встречены хлорококковые из родов *Dictyosphaerium* Näg., *Monoraphidium* Kom.-Legn., *Scenedesmus* Meyen, *Tetraedron* Kütz. ex Korsch. И *Tetrastrum*

цианобактерии, неопределенные до вида и рода, то в биомассе наиболее значимы были диатомеи, имеющие более крупные панцири.

Эколого-географический анализ состава зимнего подледного фитопланктона Нижней Оби в марте – апреле 2021 г., сделанный по работе С. С. Бариновой с соавт. (2019), показал, что в нем преобладали истинные планктёры (29,6 % от общего числа выявленных таксонов и 50,0 % от числа таксонов с известной экологической характеристикой), космополиты по географической приуроченности (40,9

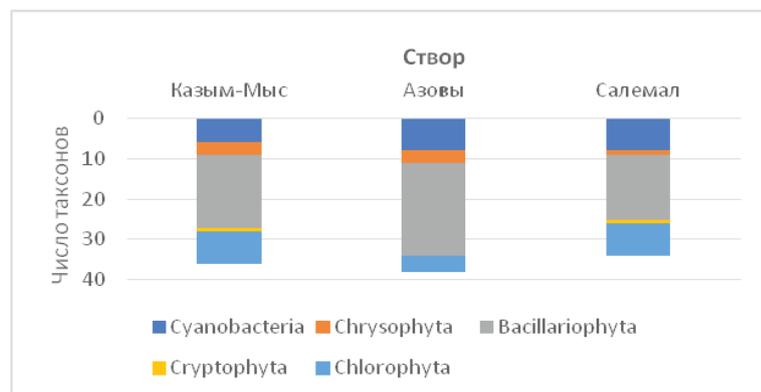


Рис. 3. Число таксонов в фитопланктоне р. Оби по створам в марте – апреле 2021 г.

и 67,4 %), индифференты по отношению к рН среды (42,3 и 65,2 %) и алкалифилы по отношению к минерализации воды (19,7 и 41,2 %), а также бетамезосапробионты по отношению к содержанию органических соединений (19,7 и 41,2 %, соответственно). При сравнении данных по фитопланктону Нижней Оби в зимний подледный период с таковыми для фитопланктона поздне-летнего периода (август 2020 г.) стоит отметить, что подо льдом преобладали те же водоросли с экологическими характеристиками, что и летом – космополиты по географической приуроченности, индифференты по отношению к рН среды и бетамезосапробионты по отношению к содержанию органических соединений, исключение составили алкалифилы, которые летом были заменены индифферентами по отношению к минерализации воды. Возможно, снижение уровня воды в реке подо льдом и увеличение общей минерализации за счет подземного питания и отсутствия поверхностного стока вызвало большее развитие тех водорослей, которые показывают большие оценки обилия в более минерализованных условиях. Такая же характеристика по составу была дана Ю. В. Науменко (1997), когда он проанализировал данные многолетних исследований фитопланктона Оби в разные сезоны года в 1979–1989 гг. Он также отметил, что это свойственно и другим крупным сибирским рекам бассейна Северного Ледовитого океана (Иртыш, Енисей, Лена). Ю. В. Науменко отметил, что во всех этих реках преобладают широко распространенные виды (от 29,1 до 35,4 %), за ними следуют бореальные и арктоальпийские. Последние играют также значительную роль в фитопланктоне сравнимых рек, особенно в средних и нижних течениях, в основной своей массе составляя древнее флористическое ядро, единое для всех этих рек. Это такие арктоальпийские водоросли, как *Aulacosira distans* var. *distans*, *A. distans* var. *alpigena* (Grun.) Sim., *A. islandica* (O. Mull.) Sim., *A. italica* var. *valida* (Grun.) Sim., *A. subarctica* (O. Mull.) Haworth. И в нашем исследовании многие из этих видов были встречены в фитопланктоне реки, но чаще была отмечена *A. granulata*. Из галофилов часто встречались широко распространенные в Северной Голарктике *Cyclotella meneghiniana* Kiitz. и *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag. Упоминаемые Ю. В. Науменко (1997) для этой группы *Melosira varians* Ag., *Gloeocapsa turgida* (Kiitz.) Hollerb. и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs в зимнем фитопланктоне Нижней Оби нами не отмечены. По подсчетам Ю. В. Науменко, наибольшее число галофилов зарегистрировано именно в Нижней Оби.

На всех других участках их было приблизительно одинаковое количество. Из индифферентов по отношению к рН среды отмечены такие виды, как *Aulacosira italica* (Ehr.) Sim. var. *italica*, *Fragilaria crotonensis*, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. А наиболее часто встречающаяся *A. granulata* относится к алкалифилам. Наибольшее их количество приурочено к Средней и Нижней Оби (Науменко, 1997). Встречаются и ацидофилы – *Tabellaria flocculosa*, *Aulacoseira distans*. Ю. В. Науменко отмечает, что представители ацидофилов из рода *Eunotia* и десмидиевых водорослей попадают в реку из сильно гумифицированных водоемов бассейна Средней и Нижней Оби, но в зимний период этот сток снижен, поэтому состав ацидофилов малоразнообразен. При преобладании бетамезосапробионтов в составе фитопланктона Нижней Оби индекс сапробности в целом для проб тоже находился в большинстве случаев в бетомезосапробной зоне. Так, на створе Казым-Мыс он изменялся в пределах 1,49–2,55 при среднем значении $2,00 \pm 0,09$, на створе Азовы – 1,58–3,20 и $2,28 \pm 0,18$, на створе Салемал – 1,57–3,34 и 2,17

± 0,11, соответственно. Средние значения индекса соответствуют бетамезосапробной зоне (1,51–2,50) и слабому загрязнению реки органическими веществами в подледный период. Хотя на некоторых станциях были отмечены высокие значения индекса сапробности, соответствовавшие альфамезосапробной зоне (2,51–3,50). Но в реках постоянная подвижность водных масс нивелирует загрязнение на каком-то отдельном участке, и говорить о кризисном состоянии экосистемы реки в целом не приходится.

Таким образом, фитопланктон Нижней Оби в подледный период (март – апрель) 2021 г. был мало разнообразен по составу, по числу таксонов преобладали диатомовые водоросли, наибольшую частоту встречаемости имели центрические диатомеи *A. granulata* and *S. hantzschii* наряду с мелкими неидентифицированными цианобактериями. Зеленые были немногочисленны. Эколого-географический анализ состава зимнего подледного фитопланктона Нижней Оби показал, что в нем преобладали истинные планктёры, космополиты по географической приуроченности, индифференты по отношению к рН среды и алкалофилы по отношению к минерализации воды, а также бетамезосапробионты по отношению к содержанию органических соединений.

Благодарности. Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН за организацию исследований и отбор проб. Работа выполнена в рамках госбюджетного задания № 0306-2021-0001 «Исследование разнообразия и структурно-функциональной организации водных экосистем для сохранения и рационального использования водных и биологических ресурсов Западной Сибири».

ЛИТЕРАТУРА

Барина С. С., Белоус Е. П., Царенко П. М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. – Хайфа, Киев: Изд-во Университета Хайфы, 2019. – 367 с.

Куксн М. С. Обзор изученности альгофлоры реки Оби // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1970. – Вып. 8, ч. 1. – С. 13–18.

Куксн М. С., Левадная Г. Д., Попова Т. Г., Сафонова Т. А. Водоросли Оби и ее поймы // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 1972. – Ч. 2(4). – С. 3–44.

Левадная Г. Д., Сафонова Т. А. Диатомовые водоросли водоемов поймы нижнего течения Оби и прилегающих районов лесотундры // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 1972. – Ч. 2(4). – С. 71–77.

Макаревич П. Р. Годовой сукцессионный цикл пелагических фитоценозов эстуарных экосистем северных морей России // Альгология, 2008. – Т. 18, № 4. – С. 386–392.

Науменко Ю. В. Эколого-географическая характеристика фитопланктона Оби // Бот. журн., 1997. – Т. 82, № 7. – С. 51–56.

Плащев А. В., Чекмарев В. А. Гидрография СССР. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1967. – 288 с.

Семенова Л. А. Многолетние исследования фитопланктона Нижней Оби // Вестн. экологии лесоведения и ландшафтоведения, 2008. – Вып. 9. – С. 163–173.