

## ФИТОПЛАНКТОН КАК КОМПОНЕНТ КОРМОВОЙ БАЗЫ МУНОЗЕРА (БАССЕЙН ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА)<sup>1</sup>

Ю. Л. Сластина

*Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук,  
Республика Карелия, Петрозаводск, Российская Федерация*

Представлены результаты исследования фитопланктона оз. Мунозеро в вегетационный период 2018 г. Рассмотрена сезонная динамика биомассы и численности водорослей южного и северо-западного плесов, испытывающих разную антропогенную нагрузку. Водоем выделяется среди других водных объектов Республики Карелии своими химическими и морфометрическими характеристиками. Мунозеро отличается высокой минерализацией (до 100 мг/л), изолированностью плесов, низкой цветностью и содержанием биогенов и органических соединений. Определено 147 таксонов альгофлоры рангом ниже рода, принадлежащих к 9 отделам. Определяющими структуру альгоценозов по видовому богатству и количественному развитию являются представители центрических диатомовых, синезеленых, динофитовых и хлорококковых зеленых, что важно для образования кормовой базы рыб. Средняя численность фитопланктона за 2018 г. в северо-западном плесе достигала значений 492 тыс. кл./л, средняя биомасса – 0,468 г/м<sup>3</sup>. Средняя численность фитопланктона в южном плесе достигала значений 589 тыс. кл./л, средняя биомасса – 0,459 г/м<sup>3</sup>. Качество воды в северо-западном и южном плесах по величине индекса сапробности соответствует III классу вод, но значения биомассы характеризуют оба участка водоема как олиготрофные. Индекс Шеннона, количественные и структурные характеристики фитопланктона различаются в северо-западном и южном плесах, сезонная динамика нехарактерна для фитопланктона олиготрофного карельского озера. На основании данных о численности и биомассе фитопланктона Мунозера рассчитано значение промыслового вылова рыбы.

**Ключевые слова:** фитопланктон, таксономическая структура, численность, биомасса, сезонная динамика, сапробность, статус водоема, рыбопродуктивность, кормность.

**Для цитирования:** Сластина Ю. Л. Фитопланктон как компонент кормовой базы Мунозера (бассейн Онежского озера) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 66–75. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-66-75.

### Введение

Республика Карелия отличается развитой гидрографической сетью и характеризуется высокой озерностью (11,4 %, более 60 тыс. озер). Совокупность геолого-климатических особенностей сформировала своеобразный тип поверхностных вод, отличающийся широким диапазоном цветности (5–300 град. Pt-Co шкалы), pH (4,2–7), суммой ионов (5–200 мг/л) [1–6]. Органические соединения гумусового происхождения, поступающие в больших количествах с заболоченных водосборных территорий, повышенное содержание в воде железа и фосфора предопределяют цветность озер, также большинство водоемов имеет низкую минерализацию (в среднем 25 мг/л) [1, 3].

В сравнении со своеобразным «карельским» типом озер Мунозеро отличается по своим химическим и морфометрическим параметрам. Оно характеризуется высокой минерализацией (94–116 мг/л), прозрачностью (до 9 м), низкой цветностью (11–15 град. Pt-Co шкалы) и содержанием биогенов ( $N_{\text{общ}}$  0,31–0,32 мг/л,  $P_{\text{общ}}$  9–10 мкг/л), органических соединений ( $C_{\text{орг}}$  5–6 мг/л), а также изолированностью четырех составляющих водоем плесов [1, 4]. В ионном составе воды озера доминируют гидрокарбонаты, что в совокупности с высокой минерализацией придает водоему высокую устойчивость к процессам закисления [4].

Северо-западный и южный плес отличаются по глубине, прозрачности, антропогенной нагрузке. Северная часть водоема входит в природоохранную зону заповедника «Кивач». Южная часть испытывает влияние расположенных неподалеку санаториев «Марциальные воды», «Дворцы», поселка Спасская губа.

Литоральная зона южной части зарастает макрофитами, преимущественно гелофитами (тростник обыкновенный, камыш озерный) [1, 4]. Ихтиофауна представлена 12 видами рыб [7].

<sup>1</sup> Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН.

Наиболее часто встречаются окунь, плотва и ряпушка. В предыдущий период исследований (за 40 лет – по 2007 г.) по уровню развития бентоса и зоопланктона и структуре сообществ водоем характеризовался как мезотрофный, а по фитопланктону имел олиготрофный статус [7]. По совокупности показателей количественного развития зоопланктона и бактериопланктона в настоящий период исследования вода южного плеса оценивается как мезотрофный водоем, северо-западного – как олиготрофный с признаками мезотрофии [5, 6].

Роль фитопланктона в водных экосистемах первостепенна для оценки процессов накопления органического вещества благодаря высоким темпам размножения и производства биомассы, чуткому реагированию на изменения экологических факторов. Также ввиду микроскопических размеров и богатого содержания органических соединений планктонные водоросли являются пищей для планктонных ракообразных, зоопланктона, а также молоди рыб. В литературных источниках указывается разная степень усвоения фитопланктона рыбами (15–99 %) [8]. Для оценки вклада фитопланктона в формирование кормовой базы того или иного водоема необходимо изучение структуры альгоценозов, определение доминирующих видов и их размерного диапазона, т. к. от этого зависит эффективность потребления микроводорослей, что отражается в потоке вещества и энергии разных звеньев трофической цепи [9, 10].

*Цели исследования:* определить современное состояние фитопланктона оз. Мунозеро; выполнить анализ видовой структуры фитопланктона, динамики показателей количественного развития (численности, биомассы), доминирующих видов в разные сезоны для определения роли планктонных водорослей как компонента кормовой базы Мунозера; с учетом полученных данных по биомассе фитопланктона определить кормность водоема, рассчитать предполагаемый промысловый вылов рыбы.

#### Объекты и методы исследования

Материалом для написания настоящей работы послужили данные по фитопланктону оз. Мунозеро, полученные в ходе полевых исследований весной, летом и осенью 2018 г.

Мунозеро входит в систему Кончезерских озер и относится к бассейну реки Шуи (бассейн Онежского озера). Площадь зеркала озера составляет 13,2 км<sup>2</sup>, длина также 13,2 км, ширина до 1,8 км, глубина до 50 м.

Северо-восточная часть Мунозера прилегает к территории государственного природного заповедника «Кивач» и является частью его охранный зоны [1, 7]. Северо-западный и южный плесы расположены достаточно далеко друг от друга. Их разделяет центральный плес и ограничивающий водообмен пролив. Южная часть подвержена антропогенному воздействию вследствие поступления через южный приток сточных вод санаториев «Марциальные воды», «Дворцы», дачных поселков и сельскохозяйственных объектов.

В оз. Мунозеро отбор проб произведен с двух точек: в южном плесе М1 (глубина до 20 м) и северо-западном плесе М3 (глубина до 40 м) (рис. 1).

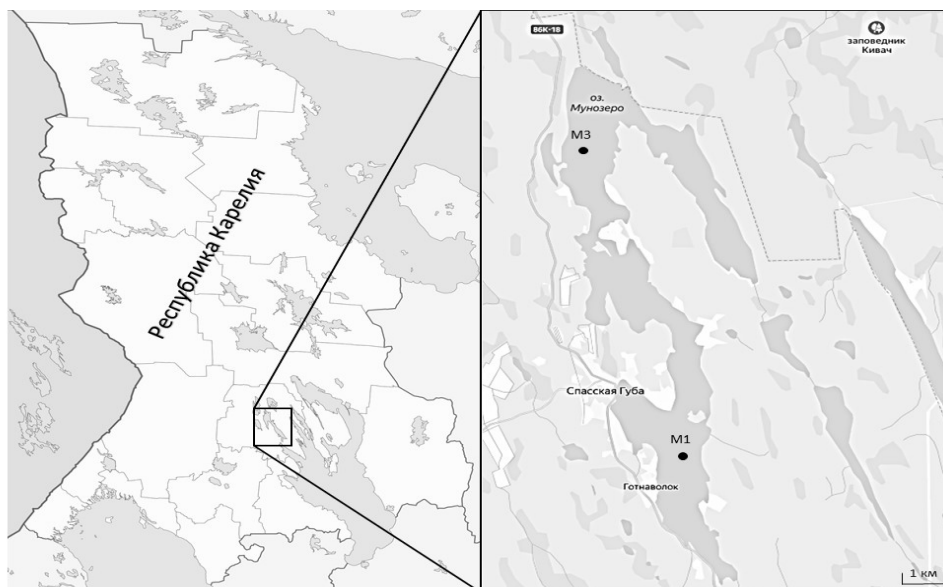


Рис. 1. Карта-схема отбора проб, 2018 г.: М1 – южный плес; М3 – северо-западный плес

Пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирались батометром Рутнера в зависимости от глубины, прозрачности и наличия температурной стратификации воды на четырех-пяти горизонтах водной толщи. Всего отобрано и обработано 28 проб фитопланктона. В период отбора проб температура воды в водной толще как в северо-западном, так и в южном плесе изменялась: весной от 4 до 13 °С; летом в северо-западном плесе от 4,5 до 23,6 °С, а в южном от 10,0 до 23,2 °С; осенью от 4,6 до 13,6 °С в северо-западном, от 10,6 до 13,5 °С в южном. Прозрачность воды определялась весной до 7,3 м в северо-западной части, до 5,0 м в южной; летом до 8,0 м на северо-западе, до 6,5 м на юге; осенью до 9,0 м в северо-западном плесе, до 5,5 м в южном плесе.

Подготовку и обработку проб фитопланктона осуществляли в соответствии с общепринятыми методами [11]. Биомассу фитопланктонных организмов вычисляли стандартным методом, учитывая пространственную конфигурацию клеток [12]. Массовость видов рассчитывали исходя из того, что численность или биомасса вида составляет 10 % или более от общей. Для определения степени сапробности изученных районов озера рассчитывали индекс сапробности Пантле – Букка в модификации Сладечека по [13]. К ультрапланктонной фракции отнесены водоросли размером <10 мкм, к нанопланктонной – 10–30 мкм, а более крупные водоросли – к микропланктонной. Для оценки структуры и выравниваемости сообществ применяли информационный индекс Шеннона – Уивера, используемый в работе Ю. А. Песенко [14]. Трофический статус водоемов оценивали по шкале трофности по методике С. П. Китаева [15].

### Результаты исследований и их обсуждение

**Структурная характеристика альгоценозов оз. Мунозеро.** В ходе сезонных исследований 2018 г. обнаружено 147 видов водорослей рангом ниже рода, представленных 9 отделами: зеленые (Chlorophyta) – 40, синезеленые (Cyanophyta) – 23, диатомовые (Bacillariophyta) – 44, эвгленовые (Euglenophyta) – 10, золотистые (Chrysophyta) – 9, динофитовые (Dinophyta) – 13, криптофитовые (Cryptophyta) – 3, ксантофитовые (Xanthophyta) – 4, рафидофитовые (Raphidophyta) – 1 (табл. 1).

Таблица 1

**Таксономическая структура альгофлоры северо-западного (МЗ) и южного (М1) плесов оз. Мунозеро**

Отдел	Число таксонов в 2007 г.	Вклад в общий состав флоры в 2007 г., %	Число таксонов в 2018 г.	Вклад в общий состав флоры в 2018 г., %	Число таксонов 2018 г. (МЗ)	Вклад в общий состав флоры (МЗ) в 2018 г., %	Число таксонов 2018 г. (М1)	Вклад в общий состав флоры (М1) в 2018 г., %
Cyanophyta	1	3,4	23	15,6	16	16,5	13	14,8
Chrysophyta	3	10,3	9	6,1	9	9,3	6	6,8
Bacillariophyta	16	55,2	44	29,9	26	26,8	24	27,3
Xanthophyta	1	3,4	4	2,7	4	4,1	–	–
Cryptophyta	1	3,4	3	2,0	3	3,1	3	3,4
Dinophyta	1	3,4	13	8,8	10	10,3	9	10,2
Euglenophyta	1	3,4	10	6,8	8	8,2	8	9,1
Chlorophyta	4	13,8	40	27,2	20	20,6	25	28,4
Raphidophyta	1	3,4	1	0,7	1	1,0	–	–
<i>Всего</i>	<i>29</i>	<i>100,0</i>	<i>147</i>	<i>100,0</i>	<i>97</i>	<i>100,0</i>	<i>88</i>	<i>100,0</i>

Сезонный отбор проб в период открытой воды 2018 г., охвативший несколько горизонтов водной толщи, позволил значительно пополнить список видов, представленный предыдущими исследованиями (1972, 1983, 2007 гг.), в которых фитопланктон озера был представлен 29 таксонами: Cyanophyta – 1, Chrysophyta – 3, Bacillariophyta – 16, Xanthophyta – 1, Cryptophyta – 1, Dinophyta – 1, Euglenophyta – 1, Chlorophyta – 4 [1, 10].

Таксономическая структура и сезонная динамика доминирующих и массовых видов немного различаются в северо-западном (МЗ) и южном (М1) плесах. В северо-западном районе озера обнаружено 97 видов водорослей рангом ниже рода, представленных 9 отделами, тогда как в южном районе – 88 видов водорослей рангом ниже рода, представленных 8 отделами (см. табл. 1). Однако соотношение отделов в северо-западном и южном плесах отличается незначительно, за исключением представителей отдела зеленых водорослей, таксономическое разнообразие которых выше в южном плесе (на 7,8 %), в большей степени подверженном антропогенному воздействию.

Межгодовые различия в таксономической структуре более существенны. За последнее десятилетие снизилась доля от общего состава флоры крупноклеточных микропланктонных диатомовых, в два раза разнообразнее стала флора мелкоклеточных, преимущественно нанопланктонных зеленых (рис. 2).

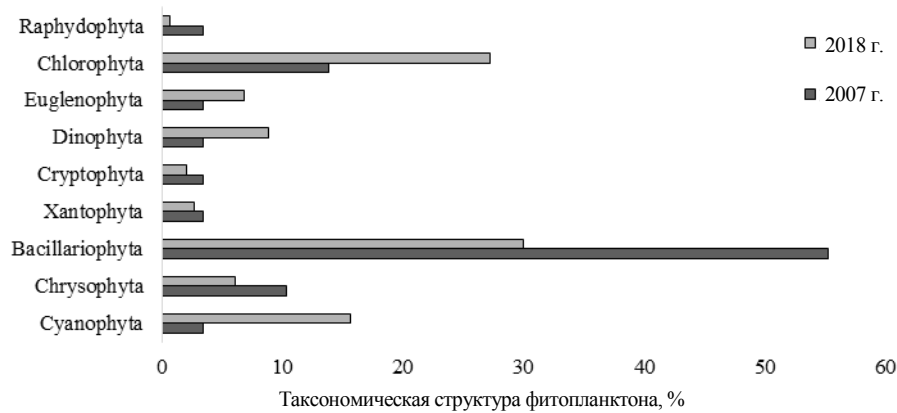


Рис. 2. Таксономическая структура фитопланктона оз. Мунозеро в 2007 и 2018 гг.

Многokратно увеличилось разнообразие синезеленых, что также свидетельствует о процессах эвтрофирования в водоеме. Также в 2,5–3 раза увеличилось разнообразие динофитовых, являющихся пищей для веслоногих ракообразных, которые, в свою очередь, являются основным и излюбленным кормом личинок, молоди и взрослых особей многих видов планктоноядных рыб [9]. Подобные изменения благоприятно влияют на повышение кормности и рыбопродуктивности водоема.

Наиболее высокие значения видового разнообразия в озере во все сезоны характерны для диатомовых, зеленых и синезеленых водорослей, имеющих наибольшее значение в формировании таксономической структуры планктонного сообщества озера. Обнаруженное соотношение характерно в целом для большинства озер Карелии и водоемов умеренного климатического пояса [2, 16]. Предыдущими исследователями [1, 2, 7, 16] отмечено, что ранее среди синезеленых доминировали *Gloeocapsa punctata* Neg. и *Gloeocapsa turgida* (Kutz.) Hollerbach, среди золотистых *Mallomonas acaroides* Zach., а также было обнаружено много цист золотистых. Массовыми видами у диатомей являлись *Aulacoseira italica* var. *tenuissima* (Grun.) Simonsen, *Asterionella formosa* Hass. Динофитовые представлены *Glenodinium quadridens* (Snein) Schiller, *Ceratium hirundinella* (O. F. Muller) [1, 7]. В настоящее время диатомовые водоросли занимают первое место по числу видов в озере, оно колеблется от 5 до 60 % (в среднем 45 %). Наибольшее число видов обнаружено в весенний период. Диатомовые водоросли представлены главным образом видами родов *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Navicula*, *Nitzschia*, на долю которых приходится 16 % от общего числа видов. Вторые по числу видов – зеленые, среди них чаще всего встречаются представители вольвоксовых (*Chlamydomonas*), десмидиевых (*Cosmarium*, *Closterium*). Синезеленые представлены в основном видами из родов *Anabaena*, *Chroococcus*, *Merismopedia*, до 8 % от общего списка видов. Видовое разнообразие золотистых формируется за счет видов из родов *Kerphyrion*, *Dinobryon*, *Mallomonas*. Их вклад в общее видовое богатство составил 5 %. Среди динофитовых чаще встречены виды из родов *Ceratium*, *Gymnodinium*, *Peridinium*, число видов которых колебалось от 5 до 20 % от общего числа видов в пробе. В целом флора озера на 60 % от общего числа видов представлена диатомовыми и зелеными водорослями.

**Количественные характеристики фитопланктона и их сезонная динамика.** Уровень количественного развития фитопланктона в северо-западном и южном плесах оз. Мунозеро сравнительно невысок: средняя численность за период исследования 2018 г. в северо-западном плесе достигала значений 492 тыс. кл./л, средняя биомасса – 0,468 г/м<sup>3</sup>; средняя численность в южном плесе достигала значений 589 тыс. кл./л, средняя биомасса – 0,459 г/м<sup>3</sup>. В предыдущий период исследования (2007 г.) средняя численность была на уровне 191 тыс. кл./л, основной вклад в ее формирование внесли диатомовые – 68 тыс. кл./л, золотистые – 3 тыс. кл./л, динофитовые – 6 тыс. кл./л, а средняя биомасса составила 0,204 г/м<sup>3</sup> и была сформирована за счет диатомовых –

0,111 г/м<sup>3</sup>, динофитовых – 0,085 г/м<sup>3</sup> [1, 7]. В настоящее время в южной части озера основной вклад в формирование численности вносят синезеленые (246 тыс. кл./л) и диатомовые водоросли (151 тыс. кл./л), в биомассу – диатомовые (0,160 г/м<sup>3</sup>) и криптофитовые (0,121 г/м<sup>3</sup>). Основной вклад в численность северо-западного плеса вносят диатомовые водоросли (208 тыс. кл./л) и синезеленые (156 тыс. кл./л), в биомассу – динофитовые (0,146 г/м<sup>3</sup>) и диатомовые (0,138 г/м<sup>3</sup>).

Максимальные значения численности в северо-западном плесе были определены на горизонте 9 м в осенний период (850 тыс. кл./л), биомассы – на глубине 7,5 м в весенний период (1,185 г/м<sup>3</sup>). Минимальные значения численности и биомассы наблюдались осенью, на глубине 27 м – 120 тыс. кл./л и 0,171 г/м<sup>3</sup> соответственно (табл. 2).

Таблица 2

**Вертикальное распределение численности и биомассы фитопланктона северо-западного (МЗ) и южного (М1) плесов оз. Мунозеро весной, летом и осенью 2018 г.**

Сезон	Горизонт, м (МЗ)	Численность, тыс. кл./л (МЗ)	Биомасса, г/м <sup>3</sup> (МЗ)	Горизонт, м (М1)	Численность, тыс. кл./л (М1)	Биомасса, г/м <sup>3</sup> (М1)
Весна (16.05.2018 г.)	0,5	298	0,514	0,5	96	0,034
	2,0	208	0,491	5,0	410	0,575
	7,5	770	1,185	10,0	604	0,723
	15,0	276	0,480	19,0	184	0,09
Среднее значение	–	388	0,670	–	589	0,459
Лето (26.07.2018 г.)	0,5	446	0,343	0,5	1 084	0,383
	4,0	682	0,605	3,2	526	0,240
	8,0	330	0,414	6,5	484	0,765
	16,0	226	0,444	13,0	252	0,424
Среднее значение	–	421	0,450	–	587	0,453
Осень (26.09.2018 г.)	0,5	792	0,360	0,5	2 212	1,846
	4,0	658	0,396	5,5	172	0,100
	9,0	850	0,363	11,0	726	0,205
	18,0	738	0,321	17,0	312	0,121
	27,0	120	0,171	–	–	–
Среднее значение	–	631	0,320	–	856	0,568

Максимальные значения численности и биомассы в южном плесе были определены в поверхностном горизонте в осенний период (2 212 тыс. кл./л; 1,846 г/м<sup>3</sup>). Минимальные значения численности и биомассы наблюдались весной в поверхностном горизонте, 96 тыс. кл./л и 0,034 г/м<sup>3</sup> соответственно (табл. 2).

В весенний период в северо-западном плесе доминировали по биомассе диатомовые (33 %) и динофитовые водоросли (30 %). Массовыми видами среди диатомей были *Aulacoseira italica*, *Aulacoseira subarctica*, *Aulacoseira islandica*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella comta*, *Synedra acus*. Доминантные динофитовые представлены *Peridinium cinctum*, *Glenodinium quadridens* (рис. 3).

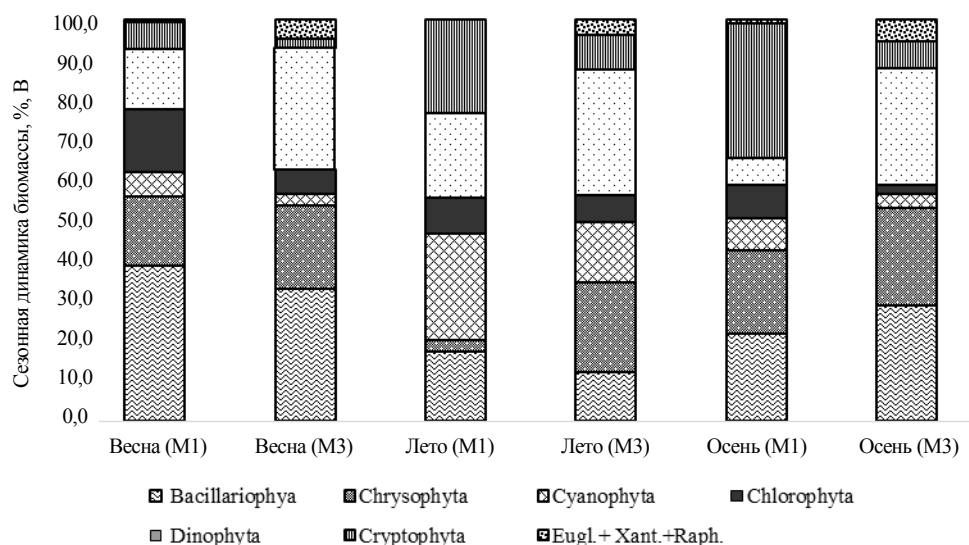


Рис. 3. Сезонная динамика биомассы фитопланктона северо-западного (МЗ) и южного (М1) плесов оз. Мунозеро в 2018 г.

В южном плесе весной (рис. 3) доминировали по биомассе диатомовые (48 %) и золотистые водоросли (20 %). Массовыми видами среди диатомей были *Aulacoseira italica*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella lacomta*, *Synedra acus*. Золотистые были обильны за счет представителей рода *Synura*. Динофитовые представлены *Gymnodinium fuscum*, *Glenodinium quadridens*.

По численности в весенний период в северо-западном плесе максимальный вклад принадлежит диатомовым (67 %) за счет обильной вегетации *Synedra acus*, *Cyclotella comta*, *Asterionella formosa* (рис. 4).

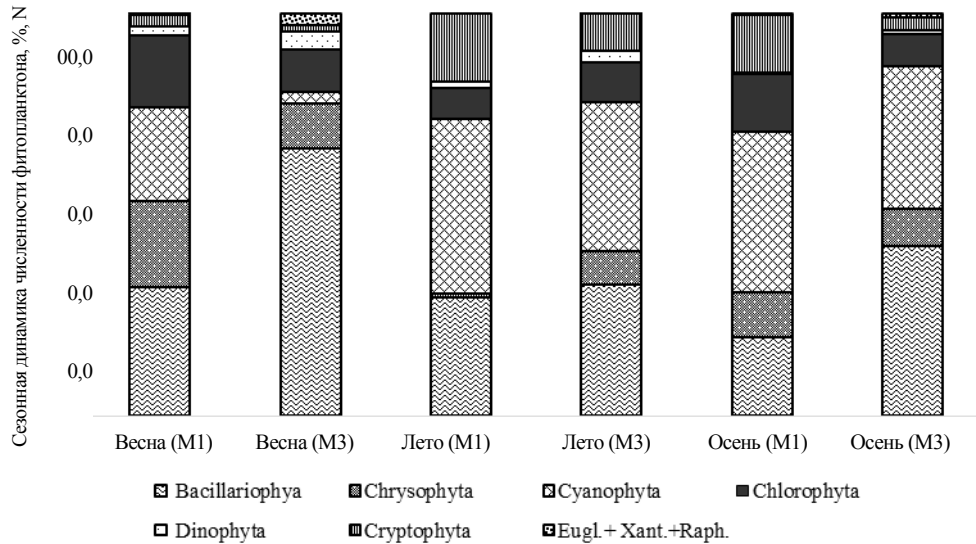


Рис. 4. Сезонная динамика численности фитопланктона северо-западного (M3) и южного (M1) плесов оз. Мунозеро в 2018 г.

В южном плесе максимальный вклад принадлежит также диатомовым (32 %) за счет обильной вегетации *Aulacoseira italica* (см. рис. 3). Встречены нити *Aulacoseira italica* длиной до 104 клеток.

Летом в северо-западном плесе диатомеи отступают на второй план как по численности, так и по биомассе, уступая синезеленым, динофитовым и золотистым (см. рис. 3, 4). Синезеленые обильно вегетируют за счет видов рода *Anabaena*, численность которых достигает значений 330 тыс. кл./л. на горизонте 4 м. Биомасса этого рода на данном горизонте была не очень высока (0,11 г/м<sup>3</sup>). Динофитовые попали в доминирующий комплекс за счет активной вегетации вида *Ceratium hirundinella*, биомасса которого была 0,26 г/м<sup>3</sup> на горизонте 4 м, и видов рода *Peridinium*. Золотистые выступали в качестве субдоминант за счет *Dinobryon divergens*.

В южном плесе летом как по численности, так и по биомассе доминируют синезеленые, дающие 43 % к общей численности и 27 % к общей биомассе (см. рис. 3, 4), и криптофитовые. Синезеленые благоприятно развиваются в летний период и достигают максимальных значений в поверхностной толще воды, где численность и биомасса доминирующего вида *Anabaena spiroides* составила 968 тыс. кл./л и 0,260 г/м<sup>3</sup> соответственно.

Осень 2018 г. была аномально теплой. В конце сентября в озере наблюдалась прямая температурная стратификация. Так, в северном плесе температура в поверхностном слое воды составляла 14,0, в придонном – 4,5 °С. Осенью, как и в летний период, в северо-западном плесе вновь по биомассе доминируют диатомовые (29 %) и динофитовые (29 %), увеличивается вклад золотистых (25 %). По численности осенними доминантами являются диатомовые (42 %) и синезеленые (35 %) (см. рис. 3, 4). Диатомовые доминируют за счет развития видов рода *Cyclotella* и *Asterionella formosa*. Динофитовые, как и в летний период, обильны благодаря развитию *Ceratium hirundinella*, а также видов рода *Peridinium*. Численность синезеленых обеспечивает развитие *Aphanocapsa delicatissima*, достигавшее значений 240 тыс. кл./л на глубине 9 и 18 м.

В южном плесе осенью по биомассе доминируют криптофитовые, в то время как диатомовые и золотистые – на втором месте. Виды рода *Cryptomonas* достигают суммарной биомассы 0,741 г/м<sup>3</sup> в поверхностном слое воды. Вклад золотистых в формирование общей биомассы

обеспечивает обильная вегетация видов родов *Synura* и *Dynobryon*. По численности осенними доминантами являются синезеленые (40 %) и диатомовые (20 %) (см. рис. 3, 4). Синезеленые становятся доминирующим отделом благодаря вегетации *Aphanocapsa inserta*, численность этого вида достигает значений 500 тыс. кл./л на горизонте 0,5 м. Диатомовые доминируют за счет развития *Fragilaria crotonensis*. На горизонте 0,5 м численность этого вида достигает значений 382 тыс. кл./л, биомасса 0,55 г/м<sup>3</sup>. Виды рода *Cyclotella* также достаточно обильно вегетируют, в поверхностном горизонте их численность составляет 222 тыс. кл./л.

Несмотря на значительное увеличение численности и биомассы фитопланктона Мунозера в сравнении с предыдущим периодом исследования, согласно существующим классификациям трофности [14] северо-западный и южный плесы характеризуются как олиготрофные, с локальным увеличением трофности в весенний и осенний периоды на отдельных горизонтах водной толщи (срединный весной, поверхностный осенью).

Индекс Шеннона ( $H_i$ ) в северо-западной части озера в период открытой воды 2018 г. составил 3,67, а в южной 2,96. В весенний период в северо-западном плесе  $H_i$  составил 4,08, а в южном – 3,41. Летом и осенью также значение  $H_i$  было выше в северо-западной части водоема (3,34 и 3,61) в сравнении с южной (2,48 и 2,98). Следовательно, сообщество фитопланктона северо-западного плеса весной, летом и осенью 2018 г. более разнообразно, и численности видов, его составляющих, более выровнены, чем сообщество южного плеса [13].

Индекс сапробности ( $S_i$ ), рассчитанный по индикаторным видам фитопланктона, схож в северо-западной и южной части водоема и в среднем находился на уровне 1,73 и 1,70. В предыдущий период исследования  $S_i$  был на уровне 1,4 [10]. Сезонная изменчивость  $S_i$  незначительна, весной в северо-западной части озера  $S_i$  – 1,76, в южной несколько больше – 1,88. В летний период, напротив,  $S_i$  увеличился в северо-западном плесе до 1,86, тогда как в южном уменьшился до 1,48. Осенью, как и весной, сапробность была выше в южном плесе (1,74) в сравнении с северо-западным (1,61).

Согласно значениям индекса индикаторных видов по классификации Пантле – Букка в модификации Сладечека северо-западная и южная часть Мунозера характеризуется как  $\beta$ -мезосапробный водоем, принадлежащий к III классу вод [13].

Вклад фитопланктона в формирование сырьевой базы рыболовства оценивается на основе трофности водоема, напрямую связанной с биомассой альгофлоры [15]. Согласно олиготрофному статусу водоема, он является малокормным. Для оценки рыбопродукционных возможностей озер используют расчетные методы связи биомассы фитопланктона и ихтиомассы. Часто используется «уравнение парной регрессии Ковалева-Казанского» [15]. Расчеты, произведенные с использованием средних за сезон значений биомассы фитопланктона в северо-западном и южном плесах Мунозера, показали, что промысловый вылов рыбы в озере может составить от 2,65 до 2,74 кг/га в год.

### Заключение

За последнее десятилетие произошли изменения в видовом составе и доминирующем комплексе фитопланктона оз. Мунозеро. Снизилась доля от общего состава флоры крупноклеточных микропланктонных диатомовых, разнообразнее стала флора мелкоклеточных, преимущественно нанопланктонных зеленых, увеличилось разнообразие синезеленых и динофитовых, что также свидетельствует о процессах эвтрофирования в водоеме. Подобные изменения благоприятно влияют на повышение кормности и рыбопродуктивности водоема.

Фитопланктон южной части оз. Мунозеро находится под антропогенным влиянием, что отражается в вариабельности структурного комплекса, сезонной динамике количественных характеристик. В северо-западной части озера по численности доминируют диатомовые (47 %) и синезеленые (25 %) водоросли, по биомассе динофитовые (30 %) и диатомовые (25 %). Основной вклад в численность южного плеса вносят синезеленые (35 %) и диатомовые водоросли (27 %), в биомассу – диатомовые (29 %) и криптофитовые (22 %).

В весенний доминирующий комплекс как в южном, так и в северном плесах входили диатомовые *Aulacoseira italica*, *Aulacoseira subarctica*, *Aulacoseira islandica*, *Asterionella formosa*, *Cyclotella comta*, *Synedra acus*, в северо-западном плесе доминантами по биомассе являлись динофитовые водоросли *Peridinium cinctum*, *Glenodinium quadridens*, а в южном плесе золотистые доминировали за счет представителей рода *Synura*.

Летом в северо-западном плесе доминирующий комплекс представлен синезелеными рода *Anabaena*, диатомовыми *Asterionella formosa*, *Cyclotella comta*, *Fragilaria crotonensis*, динофитовой *Ceratium hirundinella*, видами рода *Peridinium*, золотистыми *Dinobryon divergens*. В южном плесе летом как по численности, так и по биомассе доминируют синезеленые, в основном *Anabaena spiroides*, и те же диатомовые, что и в северо-западном плесе.

Осенью в северо-западном плесе диатомовые доминируют за счет развития *Asterionella formosa* и видов рода *Cyclotella*, также доминанты динофитовые, *Ceratium hirundinella* и виды рода *Peridinium*, синезеленые (*Aphanocapsa delicatissima*). В южном плесе осенью по биомассе доминируют виды рода *Cryptomonas*, золотистые родов *Synura* и *Dynobryon*, синезеленые *Aphanocapsa inserta*, диатомовые за счет развития *Fragilaria crotonensis* и видов рода *Cyclotella*.

Индекс Шеннона характеризует сообщество фитопланктона северо-западного плеса весной, летом и осенью 2018 г. как более разнообразное в сравнении с сообществом южного плеса. Показатели сапробности индикаторных видов характеризуют водоем в целом как умеренно загрязненный и незначительно увеличились в сравнении с предыдущим периодом изучения водоема. Значения численности и биомассы фитопланктона выросли в среднем в 2 раза в сравнении с предыдущими исследованиями (2007 г.), тем не менее, водоем по количественным показателям соответствует олиготрофному статусу. С точки зрения рыбопродуктивности водоем является малокормным. Промысловый вылов рыбы в оз. Мунозеро в среднем может составить от 2,65 до 2,74 кг/га в год. Полученные результаты свидетельствуют о возросшей антропогенной нагрузке на водоем, но не выходят за рамки естественных межгодовых колебаний развития фитопланктона и не являются критичными.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филатов Н. Н., Кухарев В. И. Озера Карелии: справ. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2013. 464 с.
2. Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Альгофлора озер и рек Республики Карелия (Россия) // Альгология. 2007. Т. 10. № 3. С. 319–334.
3. Теканова Е. В., Калинин Н. М., Кравченко И. Ю. Геохимические особенности функционирования биоты в водоемах Карелии // Изв. РАН. Серия географическая. 2018. № 1. С. 90–100.
4. Сабылина А. В., Икко О. И. Оценка тенденций изменения химических показателей воды озера Мунозеро в многолетнем плане // Тр. КарНЦ РАН. Сер.: Лимнология. 2019. № 9. С. 76–90.
5. Макарова Е. М. Бактериопланктон северо-западного плеса озера Мунозеро (Республика Карелия) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 2. С. 57–65.
6. Сярки М. Т., Фомина Ю. Ю. Современное состояние зоопланктона озера Мунозеро (Республика Карелия) // Трансформация экосистем. 2020. Т. 3. № 1 (7). С. 71–78.
7. Ильмаст Н. В., Кучко Я. А., Милянчук Н. П. Водные экосистемы особо охраняемых территорий Карелии // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2015. Т. 17. № 6. С. 299–303.
8. Константинов А. С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1986. 472 с.
9. Садчиков А. П., Котелевцев С. В., Остроумов С. А. Экологическая значимость размерной структуры фитопланктона и ее влияние на продуктивность водоемов // Рыбное хозяйство. 2016. № 1. С. 14–17.
10. Зимица Т. Н., Ардабьева А. Г., Котельников А. В. Оценка фитопланктона как кормовой базы в акватории Среднего Каспия // Вестн. Астрахан. гос. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 96–102.
11. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 250 с.
12. Федоров В. Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во МГУ, 1979. 168 с.
13. Оксийок О. П., Жукинский В. Н., Брагинский Л. П., Линник П. Н., Кузьменко М. И., Кленус В. Г. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1993. Т. 2. № 4. С. 62–76.
14. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.
15. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2007. 395 с.
16. Альгофлора озер и рек Карелии. Таксономический состав и экология / ред. С. Ф. Комулайнен, Т. А. Чекрыжева, И. Г. Вислянская. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2006. 81 с.

Статья поступила в редакцию 08.02.2021



**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ**

**Юлия Леонидовна Сластина** – младший научный сотрудник лаборатории гидро-биологии; Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук; Россия, 185030, Петрозаводск; jls@inbox.ru.



**PHYTOPLANKTON AS COMPONENT  
OF FODDER BASE IN MUNOZERO (LAKE ONEGA BASIN)**

**J. L. Slastina**

*Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences,  
Republic of Karelia, Petrozavodsk, Russian Federation*

**Abstract.** The paper presents the results of a study of phytoplankton in Lake Munozero during the vegetation period in 2018. The seasonal dynamics of the biomass and abundance of algae in the southern and northwestern reaches experiencing different anthropogenic pressures has been considered. The reservoir stands out among other water bodies of the Republic of Karelia for its chemical and morphometric characteristics. It is characterized by high mineralization (up to 100 mg/l), isolation of the reaches, low color and content of nutrients and organic compounds. There have been identified 147 taxa of the algoflora with a rank lower than the genus, belonging to 9 divisions. The structure of algocenoses in terms of species richness and quantitative development is determined by representatives of centric diatoms, cyanobacter, dinophytes, and chlorococcal greens, which is important for the formation of the fish food base. Average size of phytoplankton during 2018 in the northwestern reach reached 492 thousand cells/l, the average biomass was 0.468 g/m<sup>3</sup>. The average size of phytoplankton in the southern reach reached 589 thousand kg/l, the average biomass was 0.459 g/m<sup>3</sup>. The water quality in the northwestern and southern reaches by the value of the saprobic index corresponds to the III class of waters, but the biomass values characterize both parts of the reservoir as oligotrophic. Shannon's index, quantitative and structural characteristics of phytoplankton differ in the northwestern and southern reaches, seasonal dynamics is not typical for phytoplankton of the oligotrophic Karelian lake. According to the data on abundance and biomass of phytoplankton of Lake Munozero the value of commercial fish catch was calculated.

**Key words:** phytoplankton, taxonomic structure, abundance, biomass, seasonal dynamics, saprobity, pond status, fish productivity, feeding.

**For citation:** Slastina J. L. Phytoplankton as component of fodder base in Munozero (Lake Onega basin). *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2021;2:66-75. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-66-75.

**REFERENCES**

1. Filatov N. N., Kukharev V. I. *Ozera Karelii: spravochnik* [Lakes of Karelia: reference book]. Petrozavodsk, Kareli's. nauch. tsentr RAN, 2013. 464 p.
2. Chekryzheva T. A., Komulainen S. F. Al'goflora ozer i rek Respubliki Kareliia (Rossiia) [Algoflora of lakes and rivers of Republic of Karelia (Russia)]. *Al'gologiya*, 2007, vol. 10, no. 3, pp. 319-334.
3. Tekanova E. V., Kalinkina N. M., Kravchenko I. Iu. Geokhimicheskie osobennosti funktsionirovaniia bioty v vodoemakh Karelii [Geochemical features of functioning of biota in water bodies of Karelia]. *Izvestiia RAN. Seriiia geograficheskaiia*, 2018, no. 1, pp. 90-100.
4. Sabylina A. V., Ikko O. I. Otsenka tendentsii izmeneniia khimicheskikh pokazatelei vody ozera Munozero v mnogoletnem plane [Assessment of tendencies of changes in chemical parameters of water in Lake Munozero in multi-year plan]. *Trudy KarNTs RAN. Seriiia: Limnologiiia*, 2019, no. 9, pp. 76-90.
5. Makarova E. M. Bakterioplankton severo-zapadnogo plesa ozera Munozero (Respublika Kareliia) [Bacterioplankton of northwestern reach of Lake Munozero (Republic of Karelia)]. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniia*, 2019, vol. 2, no. 2, pp. 57-65.
6. Siarki M. T., Fomina Iu. Iu. Sovremennoe sostoianie zooplanktona ozera Munozero (Respublika Kareliia) [Current state of zooplankton in Lake Munozero (Republic of Karelia)]. *Transformatsiia ekosistem*, 2020, vol. 3, no. 1 (7), pp. 71-78.

7. Il'mast N. V., Kuchko Ia. A., Milianchuk N. P. Vodnye ekosistemy osobo okhraniaemykh territorii Karelii [Aquatic ecosystems of specially protected areas of Karelia]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, vol. 17, no. 6, pp. 299-303.
8. Konstantinov A. S. *Obshchaia gidrobiologiia* [General hydrobiology]. Moscow, Vysshiaia shkola Publ., 1986. 472 p.
9. Sadchikov A. P., Kotelevtsev S. V., Ostroumov S. A. Ekologicheskaia znachimost' razmernoi struktury fitoplanktona i ee vliianie na produktivnost' vodoemov [Ecological significance of dimensional structure of phytoplankton and its influence on productivity of water bodies]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2016, no. 1, pp. 14-17.
10. Zimina T. N., Ardab'eva A. G., Kotel'nikov A. V. Otsenka fitoplanktona kak kormovoi bazy v akvatorii Srednego Kaspiia [Assessment of phytoplankton as food base in water area of Middle Caspian]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Rybnoe khoziaistvo*, 2020, no. 3, pp. 96-102.
11. *Metodika izucheniia biogeotsenozov vnutrennikh vodoemov* [Methodology for studying biogeocenoses of inland water bodies]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 250 p.
12. Fedorov V. D. *O metodakh izucheniia fitoplanktona i ego aktivnosti* [On methods of studying phytoplankton and its activity]. Moscow, Izd-vo MGU, 1979. 168 p.
13. Oksiiuk O. P., Zhukinskii V. N., Braginskii L. P., Linnik P. N., Kuz'menko M. I., Klenus V. G. Kompleksnaia ekologicheskaia klassifikatsiia kachestva poverkhnostnykh vod sushi [Complex ecological classification of quality of land surface waters]. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 1993, vol. 2, no. 4, pp. 62-76.
14. Pesenko Iu. A. *Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniiax* [Principles and methods of quantitative analysis in faunistic research]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 288 p.
15. Kitaev S. P. *Osnovy limnologii dlia gidrobiologov i ikhtiologov* [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk, Karel's. nauch. tsentr RAN, 2007. 395 p.
16. *Al'goflora ozer i rek Karelii. Taksonomicheskii sostav i ekologiia* [Algoflora of lakes and rivers of Karelia. Taxonomic composition and ecology]. Redaktory S. F. Komulainen, T. A. Chekryzheva, I. G. Vislianskaia. Petrozavodsk, Karel's. nauch. tsentr RAN, 2006. 81 p.

The article submitted to the editors 08.02.2021

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**Julia L. Slastina** – Junior Researcher of the Laboratory of Hydrobiology; Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences; Russia, 185030, Petrozavodsk; jls@inbox.ru.

