

СООТНОШЕНИЕ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В РАЗНОТИПНЫХ ОЗЕРАХ КАРЕЛЬСКОГО ПЕРЕШЕЙКА

© 2016 И.С.Трифонов, А.Л. Афанасьева, Е.С. Макарецова, Д.С. Бардинский

Институт озераведения РАН, г. Санкт-Петербург

Статья поступила в редакцию 25.05.2016

Приводятся результаты исследования летнего планктона 50 разнотипных озер Карельского перешейка в 2010-2015 гг. Проанализированы видовой состав, структура и биомасса фито-, зоо- и протозойного планктона, а также соотношение их биомасс. По содержанию биогенных элементов и хлорофилла «а» в планктоне трофический статус исследованных озер колеблется от олиготрофного до гипертрофного. По мере эвтрофирования увеличивается биомасса фитопланктона и доля в ней синезеленых водорослей. Биомасса зоопланктона и простейших также увеличивается, но связь с трофическим фактором менее четкая. Тем не менее, соотношение биомасс зоо- и фитопланктона снижается по мере увеличения трофического статуса озер, до минимального в мелководных гипертрофных озерах. Снижение активности зоопланктона по сравнению с фитопланктоном приводит к снижению активности деструкционных процессов и устойчивости экосистем.

Ключевые слова: озеро, эвтрофирование, фитопланктон, зоопланктон, соотношение биомасс

Расположенные вблизи мегаполиса Санкт-Петербурга многочисленные озера Карельского перешейка испытывают постоянный и все нарастающий антропогенный пресс. Антропогенное эвтрофирование ведет к изменению водных экосистем и прежде всего сообществ гидробионтов, что вызывает необходимость мониторинга состояния озер и качества их вод и разработки методов мониторинга эвтрофирования. Известно, что взаимодействие между фито- и зоопланктоном - ключевое звено трофической цепи экосистемы озера, во многом определяющее ее тип. Под влиянием эвтрофирования изменяется не только структура и биомасса планктонных сообществ, но и соотношение между ними [1-6 и др.]. При этом закономерности этих изменений зависят не только от трофического статуса, но и морфометрических и гидрологических факторов.

Комплексное обследование в июле 2010-2015 гг. 50 озер Карельского перешейка, приуроченных к различным геоморфологическим районам [7], показало, что практически все озера подвержены антропогенному эвтрофированию. Наименьшие изменения отмечены на севере региона, в озерах Сельгового ландшафта и Приладожья, но и здесь в ряде водоемов наблюдается интенсивное эвтрофирование, среди них уже встречаются слабо-эвтрофные и даже эвтрофные [8]. Наиболее эвтрофированы озера Приморского ландшафта, расположенные в курортном районе, и озера Привуоксинской низины. Большинство из них эвтрофные и даже гипертрофные, характеризуются постоянным цветением воды из-за массового развития сине-зеленых водорослей. Многофакторный анализ методом главных компонент (АГК), использованный для выявления основных направлений изменчивости режима озер, подтвердил, что основными факторами формирования озерных экосистем Карельского перешейка и их трофического статуса являются эвтрофирование и

гумификация. Известно, что именно летние сообщества наиболее устойчивы и могут служить показателями состояния экосистемы. В данной работе проанализированы видовой состав, структура и биомасса фито-, зоо- и протозойного планктона озер, а также соотношение их биомасс в зависимости от трофического статуса.

Материал и методы. При гидрохимических анализах использовали стандартные методики, разработанные ранее [9]. Количественные пробы фитопланктона объемом 0,5 л отбирали батометром Руттнера по горизонтам, фиксировали раствором Люголя, концентрировали отстойным способом и подсчитывали в камере Навотта объемом 0,05 мл. Биомассу водорослей определяли по объемам массовых видов путем приравнивания их к наиболее близкому геометрическому телу [10]. Пробы зоопланктона отбирались количественной сетью Джели (газ № 55) в глубоких озерах и путем процеживания 50 литров воды с поверхности мелководных озер. Пробы обрабатывались как в живом, так и в фиксированном виде по общепринятой биологической методике. Биомасса рассчитывалась по уравнениям связи длины и индивидуального веса животных [11]. Планктонные простейшие собирались батометром Руттнера объемом 2 л, концентрировались фильтрованием и обрабатывались по стандартной гидробиологической методике [12, 13]. При обработке проб инфузории были разделены на следующие размерные группы: мелкие (0-40 мкм), средние (40-100 мкм), крупные (100-200 мкм) и очень крупные (свыше 200 мкм).

Результаты и обсуждение. Обследование 50 озер Карельского перешейка, приуроченных к различным геоморфологическим районам и различающихся по морфометрии, гидрохимическим характеристикам и уровню трофии, показало, что в озерах Привуоксинской низины и Приморского района концентрация лабильного органического вещества и биогенных элементов (общего фосфора и общего азота) достоверно выше, чем в озерах Северо-Западного Приладожья и Центральной возвышенности. Расположенные в курортной зоне озера Приморского района подвергаются более длительному и интенсивному антропогенному воздействию. Соответственно эти озера отличаются значительно

Трифонов Ирина Сергеевна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник. E-mail: itrifonova@mail.ru

Афанасьева Анна Леонидовна, научный сотрудник. E-mail: afal359@mail.ru

Макарецова Елена Серафимовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Бардинский Денис Сергеевич, младший научный сотрудник. E-mail: bardos777@mail.ru

более высоким содержанием хлорофилла «а» и низкой прозрачностью воды, т.е. в целом, имеют более высокий трофический статус.

Площадь исследованных озер варьировала от 0,2 до 10 км², максимальные глубины изменялись от 1,5 до 22 м. Наиболее крупные из них - Красное, Судаковское, Красавица и Красногвардейское. Площадь большинства озер меньше 1 км². Во всех ландшафтных районах исследованы как глубокие, так и мелкие озера, но в среднем, озера сельгового ландшафта и центральной возвышенности характеризуются большими глубинами, чем озера Приморского ландшафта. Наиболее глубоководные озера - Воробьево, Берестовое, Узорное и Светлое. Во всех глубоких озерах отмечалась термическая стратификация, слой термоклина располагался на глубине 4-6 м и, как правило, снижение растворенного кислорода в придонном слое.

Прозрачность озер колеблется от 0,1 до 6 м, цветность воды - от 10° до 180° Pt/Co шкалы и выше. Наиболее высокой цветностью характеризуются озера М. Лозовое, Затишье, Паскоярви, Сиркоярви, Дружинное, Лебяжье, М. Кирилловское и Гавриловское, расположенные в заболоченных районах. Повышенной цветностью характеризуются и многие озера Сельгового ландшафта, прежде всего, озера Горское и Зайцево, в которых прозрачность не превышала 0,8 м. Прозрачные олигогумозные озера со светлой водой расположены преимущественно в Приладожье и на Центральном плато - Воробьево, Снетковское, Берестовое, М. Бережное. Прозрачность в них достигала 2-3 м и до 6 м в оз. Воробьево.

Активная реакция воды в большинстве исследованных озер близка к нейтральной 6,8-7,5. Наиболее низкие величины pH (4,8-6,1) характерны для озер с высокой цветностью, расположенных в заболоченных участках разных ландшафтов: М. Лозовое, Б. Бережное, Затишье, Гавриловское. Эти озера можно считать кислыми, дистрофными. Максимальные величины pH (8,7-9,9) отмечались в озерах Приморского ландшафта Балаково, М. Ладога, Б. Лебяжье, Подгорное, Красногвардейское, Гладышевское с постоянным цветением воды и пересыщением кислородом поверхностного слоя воды. В этих же озерах отмечалось и максимальные величины БПК₅ (до 7,7), характеризующие содержание лабильного автохтонного органического вещества, и максимальные концентрации биогенных элементов, прежде всего общего фосфора Р_{общ.} (до 360 мкг/л) и общего азота N_{общ.} (до 1,6 мг/л). Эти показатели говорят о высокой степени антропогенного эвтрофирования. Высокие величины БПК₅ (до 3,6) и содержания биогенных элементов, прежде всего общего фосфора (Р_{общ.}) - до 76 мкг/л, отмечались и в ряде озер других районов. Все эти озера можно считать эвтрофными [14, 15]. Высокое содержание N_{общ.} в придонном слое некоторых озер, например, озер Петровское и Узорное, указывает на органическое загрязнение этих водоемов. По содержанию органического вещества и биогенных элементов наименее эвтрофированы озера Приладожья: Воробьево, Снетковское, Б. Шучье, озера Сельгового ландшафта: Б. Богородское, Михалевское и Белокаменное и оз. Берестовое, относящиеся к центральной возвышенности. Эти озера можно считать олиготрофными или слабо-мезотрофными. Большинство же исследованных озер - мезотрофные.

Распределение озер по градиенту содержания хлорофилла «а» в планктоне, который является наиболее четким общепринятым показателем трофического состояния водоемов [14-16], показано в табл. 1. В исследованных озерах оно изменялось от 0,2 до 300 мкг/л. Большинство озер с содержанием хлорофилла «а» 5-15 мкг/л - мезотрофные. В олиготрофных, слабо-мезотрофных и дистрофных озерах оно составляло 0,2-5 мкг/л. Наиболее продуктивные эвтрофные озера характеризуются высоким содержанием хлорофилла - 18-53 мкг/л. Максимальные величины - до 100 мкг/л и выше, отмечены в водоемах Приморского ландшафта Балаково и М. Ладога, которые можно считать гипертрофными.

В фитопланктоне исследованных озер обнаружено 502 вида водорослей (546 таксонов рангом ниже рода), относящихся к 9 отделам: Cyanophyta - 41, Euglenophyta - 34, Dinophyta - 12, Cryptophyta - 9, Raphidophyta - 2, Chrysophyta - 21, Bacillariophyta - 289, Xanthophyta - 6, Chlorophyta - 132. Такое соотношение числа видов из разных отделов характерно для озер Северо-Запада России и Скандинавии [15, 17, 18]. Во всех водоемах по числу таксонов доминировали диатомовые водоросли. Повсеместно встречались *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz., *T. flocculosa* (Roth.) Kütz., *Asterionella formosa* Hass., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim., *A. subarctica* (O. Müll.) Haworth, *A. granulata* (Ehr.) Sim. и многочисленные виды родов *Cyclotella* и *Stephanodiscus*. Среди зеленых водорослей наиболее разнообразны хлорококковые (63 таксона). Почти во всех водоемах встречались *Botryococcus braunii* Kütz., *O. solitaria* Witr., *Tetradron minimum* (A. Br.) Hansg. и *S. quadricauda* (Turp.) Bréb. Среди десмидиевых наиболее разнообразны роды *Closterium* и *Cosmarium*. В планктоне часто встречались *Staurastrum gracile* Ralfs и *Closterium acutum* (Lyngb.) Bréb. Синезеленые водоросли особенно разнообразны в планктоне эвтрофных озер. Наиболее обычны *Anabaena lemmermannii* P. Richt., *A. viguieri* Denis et Frémy, *A. spiroides* Kleb., *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz., *Aphanizomenon flos-aqua* (L.) Ralfs и *Planctolyngbya limnetica* (Lemm.) Kom.-Legn. et Kom. Максимальное разнообразие и обилие золотистых водорослей зафиксировано в озерах Морозовской системы. Из эвгленовых наиболее распространены виды рода *Trachelomonas*. Максимальное число эвгленовых обнаружено в гипертрофных зарастающих озерах. Во многих озерах с высокой цветностью отмечена рафидофитовая водоросль *Gonyostomum semen* Diesing.

Биомасса фитопланктона в исследованных озерах колеблется от 0,6 г/м³ до 83 г/м³ (табл.1). Наиболее низкие величины отмечены в фитопланктоне олиготрофных и слабо-мезотрофных озер Сельгового ландшафта и Приладожья, где по биомассе преобладали диатомовые и золотистые водоросли, развитие синезеленых было слабым. Для этих озер характерно большое разнообразие десмидиевых и золотистых водорослей. В озерах Центрального плато фитопланктон более разнообразен. В большинстве озер здесь преобладали диатомовые, синезеленые, динофитовые и криптомонады. Низкие биомассы, как правило, отмечались в дистрофных озерах. Во многих озерах с высокой цветностью отмечено массовое развитие *G. semen*, прежде всего в озерах Сельгового ландшафта и Центрального плато. В озерах Приморского района отмечены наибольшие биомассы фитопланктона. В большинстве из них наблюдалось

цветение воды за счет массового развития синезеленых водорослей *M. aeruginosa*, *A. flosaquae* и *A. spiroides*. В ряде озер синезеленые создавали до 80-90% общей биомассы благодаря интенсивному развитию *Planktothrix agardhii* (Gom.) Anagn. et Kom. В глубоководных эвтрофных и мезотрофных озерах по биомассе доминировали динофитовые, преимущественно *Ceratium hirundinella* (O. F. M.) Bergh, которая наряду с синезелеными при массовом развитии является показателем эвтрофирования.

Четко прослеживается прямая зависимость биомассы фитопланктона от содержания фосфора в воде, установленная ранее для озер Карельского перешейка [15]. По мере увеличения трофности увеличивается не только общая биомасса фитопланктона, но и доля в ней синезеленых и эвгленовых водорослей. В целом, состав, структура и уровень биомассы летнего фитопланктона хорошо отражают трофический статус озер.

Таблица 1. Биомасса планктонных сообществ и их соотношение в разнотипных озерах Карельского перешейка*

Тип озера	Хл а мг/м ³	Вфито г/м ³	Взоо г/м ³	Взоо/Вфито	Впротозоо	Впротозоо/ Взоо %
Олиготрофные n=15	≤5.0	0.4-2.7 1.2±0.17	0.5-6.5 2.1±0.39	0.45-3.9 1.95±0.25	0.008-0.03 0.018±0.002	0.3- 31 1.3±0.24
мезотрофные n=18	5-15	2.5-14.5 5.1±0.79	0.4-3.6 1.27±0.23	0.07-0.74 0.34±0.06	0.005-0.14 0.04±0.008	0.6-15 4.8±1.33
эвтрофные n=10	≥15	7.8-18.1 13.5±1.1	1.0-12.1 3.2±1.0	0.13-0.72 0.32±0.07	0.01-0.30 0.06±0.02	0.1-9.1 2.0±0.58
гипертрофные n=11	≥30	15.0-83.7 38.4±6.6	0.9-5.7 1.94±0.51	0.01-0.18 0.06±0.01	0.02-0.41 0.08±0.03	0.3-6.7 3.0±0.65
дистрофные n=5	0.1-0.2	0.6-2.5 1.2±0.41	0.62-4.2 2.0±0.65	0.44-2.81 1.26±0.04	0.003-0.03 0.016±0.006	0.2-2.3 1.0±0.38

Примечание: * в знаменателе средние величины

Биомасса зоопланктона в исследованных озерах колеблется от 0,4 до 12,1 г/м³. По видовому составу, структуре и продуктивности зоопланктона озера Сельгового ландшафта и Приладожья близки к олиго-мезотрофному типу. Большинство озер Центрального плато по составу зоопланктона – мезотрофные. В составе зоопланктона озёр Приморского ландшафта присутствуют показатели высокой трофии: *Daphnia cucullata* Sars, многочисленныез коловратки и *Keratella cochlearis* v. *tecta* (Gosse). Высокая биомасса в них создаётся крупными ветвистоусыми ракообразными. Зоопланктон дистрофных озёр отличается небольшим набором видов и доминированием популяции *Holopedium gibberum* Zadach – показателя кислотных озёр. Значительную роль играют Cladocera, особенно *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin) и тёмноокрашенные *Bosmina obtusirostris* Sars и *Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müller), характерные для дистрофных гумусовых озёр. Повышенная гумификация приводит здесь к угнетению ветвистоусых и увеличению более устойчивых к гумификации копепоид, особенно *M. leuscarti*, а также к измельчанию видов, что обусловило и низкую их общую биомассу.

В целом биомасса зоопланктона увеличивалась с увеличением трофического статуса озер, но четкой корреляции не отмечается, т.к. количественные показатели зоопланктона в большей степени определяются морфометрическими особенностями и сезонной изменчивостью. Наибольшие величины отмечены в эвтрофных озерах, в гипертрофных мелководных они значительно ниже. Тем не менее,

В составе летнего пелагического зоопланктона исследованных озёр обнаружены 76 видов беспозвоночных. Из них 33 – коловратки, 33 – ветвистоусые и 12 – веслоногие ракообразные. Для летнего зоопланктона озер характерно доминирование комплекса ракообразных, в основном тепловодных популяций дафний, босмин. Из копепоид во всех озёрах доминируют *Mesocyclops leuckarti* Claus и *Eudiaptomus gracilis* Sars. Коловратки представлены незначительно, что характерно для периода наибольшего прогресса озёр. Лишь крупные виды *Asplanchna* могут вносить существенный вклад в биомассу сообществ. Разнообразие экологических условий исследованных озер обусловило широкий диапазон продуктивности зоопланктона. Его видовой состав и уровень продуктивности зависит, в первую очередь, от температуры, уровня гумификации и pH воды.

соотношение биомасс зоо- и фитопланктона четко снижается по мере увеличения трофического статуса озер, в среднем от 2 в олиготрофных и слабо-мезотрофных до 0.06 в гипертрофных мелководных озерах (табл.1). Низкие величины соотношения биомасс двух сообществ подтверждают снижение активности зоопланктона по сравнению с фитопланктоном в эвтрофных и гипертрофных озерах, а, следовательно, снижение деструкционных процессов и устойчивости экосистем по мере эвтрофирования.

Основу сообщества простейших составляют 25 видов из 5 отрядов (Gymnostomata, Oligotricha, Peritricha, Hymenostomata и Heterotricha). Доминирующие виды принадлежали, в основном, к отряду Oligotricha. Это виды рода *Strombidium* – *Strombidium mirabile* Penard, *S. viride f. pelagica* Kahl; *Strombidium (Strombidium) velox* Faure-Fremiet), *Tintinopsis (Tintinopsis) cratera* Hada). Из отряда Gymnostomata наиболее часто встречается вид *Urotricha farcta* Claparedeet Lachmann длиной до 30 мкм. Среднеразмерная фракция является основной в сообществе, и в нее входят большинство видов: *S. mirabile*, *S. viride*, *S. viride f. pelagica*, *Strombidium velox*, *T. cratera*, *Halteria grandinella* O. F. Müller, *Tintinnidium fluviatile f. cylindrica* Gajewskaja, *Vorticella anabena* Stiller, *V. natans* Faure-Fremiet. Из фракции с размерами более 100 мкм выделялся высокой численностью вид рода *Stokesia* – *S. vernalis* Kahl. Кроме этого, в планктоне встречались *Didinium balbianii* Fabre-Domergue, *D. nasutum* O.F.Müller, *Amphileptus claparedi* Stein (100-200 мкм). Ниже границы термоклина и в придонных слоях в незначительном количестве присутствовал

холодолюбивый вид *Amphileptus trachelioides* Zacharias длиной до 400 мкм. Также эпизодически отмечался *Stentor poly-morphus* O.F.Muller. В эвтрофированных озёрах часто встречались инфузория *Paramecium caudatum* Ehrenberg до 400 мкм в длину, и *P. bursaria* Ehrenberg до 150 мкм.

Численность и биомасса простейших в середине сезона во многих озёрах находилась на низком, по сравнению с весной, уровне – 0,3–0,8 млн./м³ и 0,005–0,07 г/м³. Численность инфузорий мелкоразмерной и среднеразмерной групп в июле примерно одинакова, а среднеразмерная группа доминирует по значениям биомассы, а в некоторых озёрах и превышает также численность мелкоразмерной группы. Представители крупной фракций малочисленны и вносят незначительный вклад в общую биомассу. В эвтрофном озере Лесково и гипертрофных озёрах величины численности и биомассы значительно превышали значения для других озёр – до 7,5 млн./м³ и 0,4 г/м³, причем до 50% составляет мелкая фракция и около 35% – средняя фракция. В этих озёрах максимальные значения численности и биомассы отмечаются летом, что характерно для высоко-эвтрофных озёр [12, 13]. Массовый вид среднеразмерной фракции *S. viride f. pelagica* составляет по численности почти 2,7 млн./м³ и по биомассе 0,1 г/м³ соответственно. В эвтрофном оз. Волинском общие значения численности и биомассы достигали соответственно 6,8 млн./м³ и 0,3 г/м³, из которых мелкая фракция составляла 3 млн./м³ и 0,06 г/м³ соответственно. В планктоне отмечен *Coleps hirtus* Nitzsch – показатель низкого содержания кислорода. Массовые виды простейших в большинстве озёр относятся к среднеразмерной фракции. Среди них *Strombidium viride*, *S. viride f. pelagica*, *Strombidium velox*, *Tintinopsis cratera*, *Halteria grandinella* являются типичными для мезотрофных озёр. *Paramecium bursaria*, *Amphileptus claparedi*, *Strombidium mirabile* и *Vorticella microstoma* – индикаторы эвтрофных водоёмов. *Vorticella anabena*, *Strombidium viride*, которые встречены преимущественно в озёрах Сельгового ландшафта и Приладожья, характерны для олиготрофных озёр.

В целом прослеживается тенденция увеличения биомассы простейших с увеличением трофического статуса озёр (табл.1). Наибольшая численность и биомасса простейших зафиксирована в гипертрофных озёрах Приморского района – 2,2 млн./м³ и 0,4 г/м³. Доля простейших от биомассы зоопланктона также возрастала с увеличением трофического статуса озёр, что связано с увеличением доли мелкоячеистых форм в гипертрофных озёрах, хотя корреляция достаточно слабая.

Выводы:

1. Оценка современного состояния 50 разнотипных озёр Карельского перешейка показала, что по содержанию Р_{общ.} и хлорофилла «а» в планктоне трофический статус исследованных озёр колеблется от олиготрофного до гипертрофного, большинство исследованных озёр – мезотрофные.

2. Биомасса фитопланктона колебалась от 0,4 до 83 г/м³. Прослежена прямая зависимость биомассы фитопланктона от трофического статуса озёр. По мере увеличения трофности возрастает не только общая биомасса водорослей, но и доля в ней синезелёных водорослей.

3. Биомасса зоопланктона в исследованных водоёмах изменялась от 0,4 до 12,1 г/м³. Она возрастает с увеличением трофического статуса озёр, но четкой

корреляции не отмечается, т.к. количественные показатели зоопланктона в большей степени определяются морфометрическими особенностями и сезонной изменчивостью. Наибольшие величины отмечены в эвтрофных озёрах, в гипертрофных мелководных озёрах они значительно ниже.

4. Прослеживается тенденция увеличения численности и биомассы простейших с увеличением трофического статуса озёр. Наибольшая биомасса простейших зафиксирована в гипертрофных озёрах – 0,4 г/м³. Доля простейших от биомассы зоопланктона также возрастала с увеличением трофического статуса озёр, что связано с увеличением доли мелкоячеистых форм в гипертрофных озёрах, хотя корреляция достаточно слабая. Под влиянием эвтрофирования изменяется не только структура и биомасса сообществ, но и соотношение между ними, что может служить индикатором состояния водоема. Соотношение биомасс зоо- и фитопланктона снижается по мере увеличения трофического статуса озёр. Наименьшим оно было в мелководных гипертрофных озёрах, что подтверждает снижение активности зоопланктона по сравнению с фитопланктоном, а, следовательно, снижение деструкционных процессов и устойчивости экосистем по мере эвтрофирования. В дистрофных озёрах с высокой цветностью и кислых озёрах с низкой pH количественные показатели летних планктонных сообществ, как и соотношения их биомасс близки к показателям олиготрофных озёр, хотя состав сообществ существенно различается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hakkari, L. Interrelationships of phytoplankton and zooplankton production in some lakes of Central Finland // Verh. Internat. Ver. Limnol. 1978. Bd. 20. T. 2. S. 905–909.
2. Ravera, O. Effects of eutrophication on zooplankton // Progr. Water. Technol. 1980. V. 12. № 2. P. 141–159.
3. Иванова, М.Б. Соотношение трофических уровней в планктоне пресных вод // Журн. Общ. Биол. 1981. Т. 42. № 2. С. 199–209.
4. Макарецова, Е.С. Особенности сезонного функционирования сообществ фито- и зоопланктона в озёрах различной трофности / Е.С. Макарецова, И.С. Трифонова // Антропогенные изменения малых озёр (причины, последствия, возможность управления). – СПб.: Гидрометеиздат, 1991. С. 300–303.
5. Дробкова, В.Г. Соотношения количественных показателей гидробионтов в зависимости от экологической ситуации в озёрах / В.Г. Дробкова, В.П. Беляков, Е.С. Макарецова, И.С. Трифонова // Мат-лы VII Съезда гидробиологического общества РАН. Т.1. – Казань: Полиграф, 1996. С. 9–16.
6. Трифонова, И.С. Сезонная и многолетняя динамика фито- и зоопланктона и их взаимоотношения в мезотрофном озере / И.С. Трифонова, Е.С. Макарецова // Биология внутренних вод. 2006. №3. С. 18–25.
7. Исаченко, А.Г. Физико-географическое районирование Северо-Запада СССР / А.Г. Исаченко, З.В. Дашкевич, Е.В. Карнаухова. Под ред. А.Г. Исаченко. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. 248 с.
8. Трифонова, И.С. Современное состояние озёр Карельского перешейка в условиях антропо-генной трансформации // Мат-лы. XIII Междун. конф. Герценовские чтения. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2014. С. 113–114.
9. Алекин, О.А. Химический анализ вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. 200 с.
10. Гусева, К.А. К методике учета фитопланктона // Тр. Ин-та биологии водохранилищ. – Л.: Гидрометиздат, 1959. Т. 2. С. 44–51.

11. *Балушкина, Е.В.* Зависимость между длиной и массой тела планктона ракообразных / *Е.В. Балушкина, Г.Г. Винберг* // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр. – Л.: Наука, 1979. С. 58-79.
12. *Локоть, Л.И.* Экология ресничных простейших в озёрах Центрального Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1987. 153 с.
13. *Хлебович, Т.В.* Структурно-функциональная роль планктонных инфузорий в разнотипных озёрах южной Карелии // Реакция озёрных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. – СПб.: Наука, 1997. С. 62-71.
14. OECD. Eutrophication of waters, monitoring, assessment and control / Ed. R.A. Vollenweider – OECD, Paris, 1982. 154 pp.
15. *Трифонов, И.С.* Экология и сукцессия озерного фитопланктона. – Л.: Наука, 1990. 178 с.
16. *Nurnberg, G.R.* Productivity of clear and humic lakes: nutrients, phytoplankton, bacteria / *G.R. Nurnberg, M. Shaw* // *Hydrobiologia*. 1999. V. 382. P. 97-112.
17. *Heinonen, P.* Quantity and Composition of Phytoplankton in Finnish Inland Waters // *Publ. Water Res. Inst. Helsinki*. 1980. V. 37. P. 1-31.
18. *Willen, E.* Summer phytoplankton in 73 nutrient-poor Swedish lakes. Classification, Ordination and choice of long-term monitoring objects / *E. Willen, S. Hajdu, Y. Pejler* // *Limnologia*. 1990. V. 20. P. 217-227.

PHYTO- AND ZOOPLANKTON RATIO IN THE KARELIAN ISTHMUS LAKES OF DIFFERENT TYPE

© 2016 I.S. Trifonova, A.L. Afanasieva, E.S. Makartseva, D.S. Bardinskiy

Institute of Limnology RAS, St-Peterburg

Results of summer plankton research of 50 the Karelian Isthmus lakes of different type in 2010-2015 are given. The structure and biomass of phyto - zoo - and protozoan plankton and also a ratio of their biomass have been analyzed. According to the nutrients and chlorophyll "a" content trophic state of lakes studied varied from oligotrophic to hypertrophic, the majority of lakes are mesotrophic. In process of eutrophication phytoplankton biomass and share of blue-greens increases. Biomass of zooplankton and protozoa also increases, but correlation with trophic factor is less accurate. Nevertheless, the ratio of zoo - and phytoplankton biomasses decreases with increasing of the trophic status to minimum in shallow hypertrophic lakes. Decrease of zooplankton activity in comparison with phytoplankton led to decrease of destruction activity and stability of ecosystems.

Key words: lake, eutrophication, phytoplankton, zooplankton, protozoa, biomass ratio

Irina Trifonova, Doctor of Biology, Main Research Fellow. E-mail: itrifonova@mail.ru
Anna Afanasieva, Research Fellow. E-mail: afal359@mail.ru
Elena Makartseva, Candidate of Biology, Senior Research Fellow
Denis Bardinskiy, Minor Research Fellow. E-mail: bardos777@mail.ru