УДК 574(470.11+470.111)

КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЁР ЛАЧА (АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ) И ГОЛОДНАЯ ГУБА (НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)

Имант Е.Н., Новосёлов А.П.

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лавёрова» РАН, Архангельск, e-mail: ekaterinaimant@yandex.ru, alexander.novoselov@rambler.ru

В статье представлены качественные и количественные показатели зоопланктона двух крупных в своих регионах озёр (оз. Лача и оз. Голодная Губа). Исследуемые водоёмы имеют ряд различий по своей приуроченности к природным зонам, строению, гидрологическим и экологическим особенностям, что оказывает влияние на все звенья трофической цепи фитопланктон – зоопланктон – рыбы. Выявлено, что виды, слагающие зоопланктонные сообщества указанных водоёмов, представлены свойственными для северных озёр таксонами, которые состоят из 63 видов, относящихся к 36 родам, 18 семействам, 5 отрядам и 3 классам: *Rotifera* – 17, *Cladocera* – 26 и *Copepoda* – 20. Наибольшим видовым разнообразием характеризовалась планктонная фауна оз. Лача. Сравнение двух зооценозов показало умеренное фаунистическое сходство анализируемых озёр. Двукратное преобладание в оз. Лача количественных показателей зоопланктона, формируемых в основном ветвистоусыми и веслоногими ракообразными, по сравнению с оз. Голодная Губа, определяется его значительно более южным географическим положением. Согласно рыбохозяйственной классификации определён трофический статус водоёмов по уровню развития зоопланктона. Представленные данные могут применяться для оценки воздействия и расчёта ущерба на водные биоресурсы в целях рационального использования северных водоёмов.

Ключевые слова: зоопланктон, численность, биомасса, трофический статус, озёра

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ZOOPLANKTON'S INDICATORS OF LAKE LACHA (ARKHANGELSK REGION) AND GOLODNAYA BAY LAKE (NENETS AUTONOMOUS OKRUG)

Imant E.N., Novoselov A.P.

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of Russian Academy of Sciences (FCIARctic RAS), Arkhangelsk, e-mail: ekaterinaimant@yandex.ru, alexander.novoselov@rambler.ru

The article presents the qualitative and quantitative zooplankton's indicators of two large lakes in their regions (Lake Lach and Golodnaya Bay). The studied reservoirs have a number of differences in their location in natural areas, structure, hydrological and environmental features, which affects all links of the phytoplankton-zooplankton-fish trophic chain. It was found that the zooplankton's community is represented by taxa typical for Northern reservoirs, including 63 species belonging to 36 genera, 18 families, 5 groups and 3 classes: *Rotifera* – 17, *Cladocera* – 26 and *Copepoda* – 20. The planktonic fauna of Lake Lacha was characterized by the greatest species diversity. Moderate faunal similarity showed a comparison of two zoocenoses. Double predominance of zooplankton's quantitative indicators in lake Lacha, which is formed by cladoceran and copepod crustaceans, compared with Golodnaya Bay Lake is determined by its much more southern geographical position. According to the fisheries classification, the trophic status of reservoirs is determined by the level zooplankton's development. The presented data can be used to assess the impact and calculate the damage to aquatic biological resources for the rational use of northern water bodies.

Keywords: zooplankton, abundance, biomass, trophic status, lakes

Исследование видового состава и количественных характеристик зоопланктона является необходимым условием при изучении пресноводных экосистем, так как именно они определяют состояние кормовой базы для молоди всех видов рыб и рыб-планктофагов, а значит, и уровень состояния запасов промысловых видов рыб. Внутренние водоёмы северных регионов всегда интенсивно использовались рыбным промыслом, а крупные пресноводные объекты, такие как оз. Лача и Голодная Губа, имеют особое значение для местного населения, поскольку на них ещё в 1960-х гг. добывали до 100 т рыбы. Исследуемые водоёмы расположены в разных природ-

ных зонах, различны по своему строению, гидрологическим, а также экологическим особенностям и условиям, что оказывает влияние на все звенья трофической цепи фитопланктон – зоопланктон – рыбы [1]. В последние десятилетия сукцессионные изменения, свидетельствующие об ускорении процесса эвтрофирования озёрных экосистем, стали более заметны. Водная акватория водоёмов повсеместно зарастает высшей водной растительностью и становится труднодоступной для нормального передвижения маломерных судов. В результате интенсивного развития макрофитов в значительной степени затруднён промышленный лов рыбы на озёрах закидными не-

водами. В складывающейся ситуации решение вопроса о проведении регулирующих мероприятий, направленных на повышение рыбопродуктивности озёр, возможно лишь после детального анализа современного состояния экологических составляющих. Поэтому изучение современного состояния биоты оз. Лача и Голодная Губа имеет определённое научное и практическое значение [2]. Цель настоящего исследования – рассмотреть в сравнительном аспекте видовое разнообразие, численность и биомассу зоопланктонной части кормовой базы рыб двух пресноводных озёр европейского северо-востока России.

Характеристика района исследования

Рассматриваемые озёра являются пресноводными, по химическому составу принадлежат к гидрокарбонатному классу, активная реакция среды (рН) оз. Лача характеризуется как слабощелочная, оз. Голодная Губа – близкая к нейтральной. Характерной особенностью озёр являются: наличие небольших глубин (до 2 м), ровное дно и значительная площадь водного зеркала, которая подвергается сильному ветровому влиянию, что проявляется в их тепловой инверсии.

Озеро Лача имеет доледниковое происхождение, возникло на месте обширных приледниковых водоёмов в пределах юго-восточного склона Балтийского щита и претерпело последующие изменения в результате воздействия ледника. Озеро проточное, из притоков наиболее крупным является р. Свидь, впадающая в южную часть озера и дающая почти половину поверхностного стока. В северной части из озера вытекает р. Онега – одна из крупнейших рек европейского северо-востока России [2].

Озеро Голодная Губа расположено на восточной окраине Малоземельской тундры и имеет ледниковое происхождение. Протянувшись почти на 40 км вдоль Малой Печоры, озеро является одним из немногих водоёмов, где до сих пор ещё сохраняются условия нагула сиговых рыб. Протока Большое Горло соединяет оз. Голодная Губа с р. Печора. В 1989 г. озеро было включено в состав государственного природного заказника регионального значения «Нижнепечорский» [3].

Материалы и методы исследования

В период летней межени 2017 г. одновременно с ихтиологическими работами проводилось гидробиологическое обследование оз. Лача и Голодная Губа по сетке станций, представленной на рис. 1.

Рис. 1. Характеристики исследуемых водоёмов и точки отбора гидробиологических проб

Рис. 2. Видовой состав зоопланктона исследуемых озёр

Район исследований отличается мелководностью, где преобладают глубины до 2 м. По этой причине применена методика сбора зоопланктона путём процеживания поверхностного объёма воды (100 л) через планктонную сеть с последующей фиксацией биоматериала. Всего за время исследований отобрано 23 пробы. Обработку собранного материала проводили общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами [4]. Видовая принадлежность беспозвоночных устанавливалась по соответствующим определителям [5, 6]. Доминантные виды в сообществах выделялись по относительной численности при нижнем уровне доминирования не менее 10%. Разнообразие сообществ зоопланктона оценивалось с помощью индекса Шеннона по численности (H'). Для выявления фаунистического сходства использовали коэффициент Чекановского – Сьёренсена. Перечисленные показатели рассчитаны по соответствующим формулам [4]. В работе использован анализ вариационных рядов распределения собранного материала с помощью программы SPSS Statistics [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Видовое богатство зоопланктона обоих исследованных водоёмов включает 63 вида, относящихся к трем крупным таксономическим категориям (Rotifera – 17, Cladocera – 26, Copepoda – 20). Список всех видов представлен на рис. 2. Сравнительный анализ видового состава зоопланктона обоих озёр показал, что из всего количества обнаруженных видов общими для них являются только 17. При этом наибольшего развития как в общем списке, так и в списке общих видов достигают ветвистоусые ракообразные.

Зоопланктонная фауна озера Лача представлена 44 видами микро- и мезопланктона, в числе которых отмечены Rotifera – 10, Cladocera – 20 и Copepoda – 14. По зоогеографическим характеристикам основную массу видов зоопланктона составляют организмы, имеющие космополитное и палеарктическое распространение. Доля голарктических видов оказалась незначительной. Большая часть планктонных организмов эвритермна, в пробах отмечены некоторые виды, относящиеся к холодноводному комплексу. К ним относятся из Cladocera – *Daphnia cristata* Sars, 1862, среди коловраток – голарктическая *Kellicottia*

longispina (Kellicott, 1879), среди копепод – реликт с ограниченным северным ареалом *Cyclops scutifer* Sars, 1863. По результатам проведённого исследования выявлено, что для оз. Лача индекс Шеннона по численности зоопланктона составляет 3,1 бит/экз. Максимальный вклад в доминирующее ядро зоопланктона внёс палеарктический типично планктонный представитель дафний – *Daphnia cucullata* Sars, 1862. В качестве субдоминантных видов представлены: эвритопный космополит *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) и *Daphnia cristata* Sars, 1862 [1]. Необходимо отметить, что увеличение роли *Daphnia* в планктонных сообществах, хотя и не всех видов, является показателем деэвтрофирования озёр [8]. Численность и биомасса зоопланктона составили 35610 экз/м³ и 0,814 г/м³ (табл. 1) [1].

В августе ракообразные в планктоне озера занимали доминирующее положение (веслоногие – 49,6% и ветвистоусые – 48,5% ракообразные) над коловратками, в общей биомассе зоопланктона последние составляли лишь 1,9%. Из 10 отмеченных видов ротаторного планктона наиболее многочисленными были представители родов *Asplanchna* и *Euchlanis*. Количество коловраток, их учитываемая роль в сообществе зависит от периода сбора материала. Массовые виды коловраток существуют в сообществе подо льдом и сразу после вскрытия, в первой половине мая дают максимум развития [9]. Основными компонентами ветвистоусых ракообразных являлись представители двух родов *Bosmina* и *Daphnia*, веслоногих – молодёжь *Cyclopoida*.

Вклад различных групп зоопланктона в формирование общей биомассы различен. Основной фон августовского планктона – кладоцерный. Ветвистоусые ракообразные обеспечивали 55,4% общей биомассы, представленные в основном родами *Daphnia* и *Bosmina*. Субдоминантная группа представлена веслоногими ракообразными – 43,9% суммарной биомассы зоопланктона. Обнаруженные в планктоне коловратки дали крайне низкое значение биомассы, сформированной в основном крупной коловраткой *Asplanchna*.

Таблица 1

Количественные характеристики зоопланктона оз. Лача в летний период 2017 г.

Гидробионты	Численность, тыс. экз/м ³				Биомасса, г/м ³			
	$M \pm m$	Min-max	Б	$K_{\text{вар}}, \%$	$M \pm m$	Min-max	Б	$K_{\text{вар}}, \%$
Зоопланктон	$35,6 \pm 3,5$	14,38–47,0	11,1	31,2	$0,814 \pm 0,108$	0,338–1,486	0,3	42,3

Примечание: $M \pm m$ – средняя арифметическая и стандартная ошибка средней; Б – среднее квадратичное отклонение; $K_{\text{вар}}$ – коэффициент вариации

Таблица 2

Количественные характеристики зоопланктона оз. Голодная Губа в летний период 2017 г.

Гидробионты	Численность, тыс. экз/м ³				Биомасса, г/м ³			
	M ± m	Min-max	Б	K _{вар} , %	M ± m	Min-max	Б	K _{вар} , %
Зоопланктон	18,3 ± 6,1	5,36–41,13	13,6	74,3	0,370 ± 0,129	0,149–0,849	0,3	78,8

Примечание: M ± m – средняя арифметическая и стандартная ошибка средней; Б – среднее квадратичное отклонение; K_{вар} – коэффициент вариации

В оз. Голодная Губа видовое богатство зоопланктона включает 42 вида и форм, также относящихся к трём крупным таксономическим категориям (*Rotifera* – 12, *Cladocera* – 19, *Copepoda* – 11). Индекс Шеннона по численности зоопланктона в оз. Голодная Губа был ниже такового в оз. Лача, и составлял 2,7 бит/экз. При этом максимальный вклад в доминирующее ядро зоопланктона внёс эвритопный космополитный вид *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1785). Субдоминантная группа видов представлена эвритопным космополитом *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785) и планктонным палеарктом *Diacyclops bicuspidatus* (Claus, 1857). Численность организмов на 1 м³ в целом для озера выражалась величиной 18,282 тыс. экз/м³ при биомассе 0,37 г/м³ (табл. 2) [1].

В августе 98,4% численности и биомассы составлял рачковый планктон, причём веслоногие и ветвистоусые имели примерно одинаковое соотношение с незначительным преобладанием *Cladocera*. Среди ветвистоусых ракообразных значительные плотности и обилие создавали представители родов *Bosmina* и *Chydorus*. Среди веслоногих ракообразных большую долю количественных показателей обеспечили как их молодь (науплиальные и ювенальные стадии), так и взрослые формы – *Diacyclops bicuspidatus* (Claus, 1857). Характерной особенностью летнего планктона является обилие науплиальных и копепоидных стадий копепод, яиц и молодки кладоцер. Наименее малочисленные коловратки – 1,6% с руководящими формами *Conochilus* sp., *Euchlanis* sp. и крупной *Asplanchna* sp. обеспечили такой же процент биомассы, что объясняется крайне малыми размерами и весом организмов. Необходимо отметить тот факт, что в 1980-х и первую половину 1990-х гг. оз. Голодная Губа характеризовалось высокими значениями биомассы зоопланктона 2,03–2,12 г/м³. В настоящее время произошло значительное её снижение в силу ряда причин экологического характера. Снижение продуктивности зоопланктона происходит из-

за продолжающейся эвтрофикации водоёма и его тепловой инверсии, вызывающей чрезвычайное развитие фитопланктона, а особенно сине-зелёных микроводорослей, что отрицательно сказывается на развитии микро- и мезопланктона.

Выводы

1. Зоопланктонные сообщества сравниваемых исследуемых озёр представлены 63 видами, типичными для пресноводных водоёмов Северо-Запада России и относящимися к 36 родам, 18 семействам, 5 отрядам и 3 классам: *Rotifera* – 17, *Cladocera* – 26 и *Copepoda* – 20.

2. Оба озера по наибольшему числу видов, составляющих сообщества, относятся к кладоцерному типу. Характерной чертой структуры сообществ в озёрах является наличие немногих доминантных видов (не более 30% от общей численности), субдоминантных (от 10 до 17%) и значительным количеством видов, представленным малым числом особей (от 0,01 до 9%). Наибольшим видовым разнообразием характеризуется планктонная фауна оз. Лача (индекс Шеннона составляет 3,1 экз/бит.). Сравнение двух зооценозов показало умеренное фаунистическое сходство анализируемых озёр (коэффициент Чекановского – Съеренсена – 0,44). Двукратное преобладание в оз. Лача количественных показателей зоопланктона, формируемых в основном ветвистоусыми и веслоногими ракообразными, по сравнению с оз. Голодная Губа, определяется его значительно более южным географическим положением.

3. В соответствии с классификацией водоёмов по кормовой ценности можно определить оз. Лача в целом в летний период как водоём средней кормности для рыб соответствующей трофической специализации, оз. Голодная Губа отнести к малокормным озёрам.

Список литературы

- Имант Е.Н., Завиша А.Г., Студёнова М.А., Новосёлов А.П., Левицкий А.Л. Сравнительная характеристика кормовой базы рыб разнотипных озёр Северного рыбо-

хозяйственного бассейна // Актуальные проблемы планктонологии: материалы III Международной конференции. Калининград: АтлантНИРО, 2018. С. 86–90.

2. Новосёлов А.П., Студёнов И.И., Козьмин А.К., Дворянkin Г.А., Имант Е.Н., Левицкий А.Л. Видовое разнообразие и динамика показателей кормовой базы рыб оз. Лача. Часть 1. Зоопланктон // Arctic Environmental Research. 2017. Т. 17. № 2. С. 113–122. DOI: 10.17238/issn2541-8416.2017.17.2.113.

3. Озеро Голодная Губа. Заказник «Нижнепечорский» // Сборник статей. Нарьян-Мар: ГБУК «Ненецкий краеведческий музей», 2013. 64 с.

4. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В.А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 319 с.

5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1: Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. М. – СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.

6. Котов А.А. Морфология и филогения *Anomopoda* (Crustacea: Cladocera). М.: КМК, 2013. 638 с.

7. Сиделев С.И. Математические методы в биологии и экологии: введение в элементарную биометрию: учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2012. 140 с.

8. Фефилова Е.Б., Батурина М.А., Кононова О.Н., Лоскутова О.А., Хохлова Л.Г., Дубовская О.П. Многолетние изменения в сообществах гидробионтов в Харбейских озерах // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2014. Т. 7. № 3. С. 240–266.

9. Ривьер И.К. Холодноводный зоопланктон озер бассейна Верхней Волги. Ижевск: ИП Пермяков С.А., 2012. 380 с.