

ВЛИЯНИЕ УРОВЕННОГО РЕЖИМА И ЧИСЛЕННОСТИ КОЛОНИИ ВОДНЫХ ПТИЦ НА ЗООПЛАНКТОН ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д. В. Кулаков, А. В. Крылов, В. Г. Папченков, А. И. Цветков

*Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН
Россия, 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок
E-mail: krylov@ibiw.yaroslavl.ru*

Поступила в редакцию 16.06.09 г.

Влияние уровня режима и численности колонии водных птиц на зоопланктон литоральной зоны Рыбинского водохранилища. – Кулаков Д. В., Крылов А. В., Папченков В. Г., Цветков А. И. – Показано, что при резком подъёме уровня водохранилища снижается температура воды и сокращается степень зарастания литорали водохранилища. В зоопланктоне уменьшается разнообразие ракообразных, возрастает коэффициент трофности, в составе доминантов повышается число видов Rotifera, в общей биомассе увеличивается доля Copepoda и снижается доля Cladocera. Увеличение уровня воды также приводит к затоплению гнёзд водных птиц и сокращению численности колонии. В результате по сравнению с периодом, когда численность колонии была выше, количество поступающих в воду продуктов жизнедеятельности водных птиц уменьшается, что приводит к снижению биомассы зоопланктона и кратности увеличения численности и биомассы сообщества в зоне гнездовья относительно фонового участка.

Ключевые слова: водохранилище, литораль, уровень воды, водные птицы, зоопланктон.

Influence of the water level regime and aquatic bird colony size on the intertidal zone zooplankton in the Rybinsk reservoir. – Kulakov D. V., Krylov A. V., Papchenkov V. G. and Tsvetkov A. I. – It is shown that the water temperature decreases and the littoral zone overgrowing reduces when abrupt rising of the water level in the reservoir. In zooplankton, the variety degree of Crustacea decreases, the trophic coefficient increases, the number of Rotifera species rises in the composition of dominants, the fraction of Copepoda increases and that of Cladocera decreases in the total biomass. Any water level increase also leads to drowning of aquatic bird nests and to reduction of the numbers of the colony. As a result, in comparison with the period when the numbers of the colony was higher, the quantity of aquatic bird vital activity products inflowing into water reduces, which entails a decrease in both the zooplankton biomass and the magnification ratio of the zooplankton numbers and biomass in the nesting zone against a background site.

Key words: reservoir, littoral zone, water level, aquatic birds, zooplankton.

ВВЕДЕНИЕ

Колониальные поселения водных птиц способствуют поступлению в пресноводные экосистемы дополнительного количества биогенных и органических веществ (Чуйков, 1981; Hahn et al., 2007, 2008). В результате этого происходит перестройка структуры зоопланктона за счет изменения количества и соотношения таксономических групп (Крылов, Касьянов, 2008; Крылов и др., 2009; Крылов, Акопян, 2009). Авторы статьи предполагают, что степень влияния птиц может определяться количеством продуктов жизнедеятельности птиц, а также колебаниями

уровня воды в литоральной зоне. В свою очередь, изменения численности птиц и уровня воды могут определять межгодовые различия структуры зоопланктона фоновых участков и сообществ в районе гнездовий. Цель настоящей работы – изучение влияния уровня режима и численности колонии водных птиц на показатели структурной организации зоопланктона литоральной зоны Рыбинского водохранилища.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в период гнездования птиц (май – июль) в 2007 и 2009 гг. на защищенном зарастающем участке литоральной зоны Волжского плёса Рыбинского водохранилища (58°02' с.ш., 38°15' в.д.). Материал собирали в зоне влияния гнездовий водных птиц и на аналогичной по морфометрическим и гидрологическим характеристикам фоновой станции. Станция отбора проб представляла собой участок ~ 10 – 15 м², в разных точках которого с помощью ведра собирали интегральную пробу, процеживая через газ с размером ячеек 64 мкм 25 л воды. Ежемесячно на каждой станции собирали по 5 – 8 интегральных проб, которые фиксировали 4%-ным формалином, камеральную обработку проводили по стандартной методике (Методика изучения..., 1975). Зоопланктон оценивали по числу видов (*S*), численности (*N*), биомассе (*B*), доле таксономических групп от общей численности и биомассы (%), коэффициенту трофности (*E*) (Мяэметс, 1980).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В 2007 г. практически весь апрель и до середины мая – до начала гнездования птиц – наблюдалось стабильное повышение уровня до отметки 101.87 м (рис. 1). Продержавшись в районе этой отметки порядка одной декады, уровень стал постепенно снижаться в среднем по 10 см в декаду. В мае 2009 г. уровень Рыбинского водохранилища резко поднялся на 120 см, причем наибольший подъём пришелся на момент заселения птицами гнезд. В дальнейшем уровень стабилизировался, и весь июнь и начало июля оставался примерно на одной отметке – 101.84, затем наблюдалось его стабильное снижение по 15 см в декаду.

Растительный покров изучаемого защищенного мелководья представлен в основном тростником южным *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. и камышом озёрным *Scirpus lacustris* L., которые доминируют в широкой части протоки, давая при-

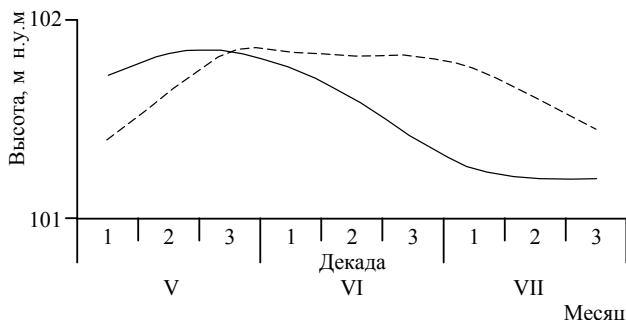


Рис. 1. Уровень воды Рыбинского водохранилища в 2007 (—) и 2009 (---) гг.

мерно по 40% площади зарослей при общей степени зарастания около 60%. Первый сосредоточен у берегов, второй выходит к середине протоки, нередко пятна его зарослей разной плотности бывают разбросаны по всей ее ширине. Занимаемый колонией гнездящихся чайковых птиц большой залив протоки имеет более разнообразную растительность и существенные различия по степени зарастания в годы с разным уровнем стояния воды на водохранилище. В годы со средней степенью обводнения мелководий, как это было в 2007 г., заселенный птицами участок протоки зарастал на 90% (Крылов и др., 2009), и в его покрове господствовал занимающий около 60% акватории манник большой (*Glyceria maxima* (С. Hartm.) Holmb.), который образовывал как обширные чистые, так и сложенноустроенные *ценозы* с содоминированием осоки острой (*Carex acuta* L.), хвоща приречного (*Equisetum fluviatile* L.), жерушника земноводного (*Rorippa amphibia* (L.) Bess.), омежника водного (*Oenanthe aquatica* (L.) Poir.), горца земноводного (*Persicaria amphibia* (L.) S.F. Gray) и других растений. За этими полями манника были видны прибрежные пятна и полосы тростника. В узкой наиболее глубокой центральной части залива наблюдалась мозаика сообществ кувшинки северной (*Nymphaea × borealis* E. Camus (*N. alba × candida*)), кувшинки чисто-белой (*N. candida* C. Presl), стрелолиста (*Sagittaria sagittifolia* L.), сусака (*Butomus umbellatus* L.), омежника, камыша озёрного, сочетающихся с погруженными в воду пузырчаткой обыкновенной (*Utricularia vulgaris* L.), ряской трехдольной (*Lemna trisulca* L.) и различными рдестами. В годы с высоким уровнем стояния воды, который имел место в 2009 г., манниковые поля практически исчезают. От них на наиболее мелководных местах остаются небольшие пятна-островки, которые и занимают гнездами птиц. В этих пятнах много камыша укореняющегося (*Scirpus radicans* Schkuhr) и ежеголовника всплывшего (*Sparganium emersum* Rehm.). Освободившиеся от манника места заняты, главным образом, погруженной формой омежника водного. Почти неизменными остались сообщества наиболее глубокой центральной части залива – в нем также господствовали заросли кувшинки, пузырчатки, рдестов, сочетающиеся с куртинами камыша, стрелолиста и других растений. У берегов стали хорошо заметны местами весьма обширные заросли тростника. В целом степень зарастания снизилась до 70%, при этом наиболее бросающиеся в глаза заросли воздушно-водных растений стали занимать не более 25% (т.е. залив стал выглядеть слабо или умеренно зарастающим). Фоновый участок залива, расположенный в ее нижней части, имел такое же 70%-ное зарастание с господством тростника, перед полями которого расположена редкая полоса пятен камыша озёрного с густыми пятнами горца земноводного и рдеста блестящего *Potamogeton lucens* L. Другие виды макрофитов имели менее существенное значение.

Значительное увеличение уровня воды в мае 2009 г. способствовало снижению среднемесячной температуры воды (табл. 1).

В 2007 г. озерные чайки (*Larus ridibundus* Linnaeus) гнездились в зарослях макрофитов в 40 – 120 м от минерального берега. Глубина под гнездами составляла 0.3 – 0.8 м. Колония занимала участок ~ 250×80 м и насчитывала ~ 250 птиц, количество гнезд с яйцами ~ 150.

ВЛИЯНИЕ УРОВЕННОГО РЕЖИМА И ЧИСЛЕННОСТИ КОЛОНИИ ВОДНЫХ ПТИЦ

В середине мая 2009 г. на том же участке было обнаружено 35 гнёзд озерной чайки. Однако при резком повышении уровня воды гнезда утонули, численность птиц в колонии снизилась до единичных особей. В конце мая на расстоянии 300 м от бывшей колонии озерной чайки образовали колонии малые чайки (*Larus minutus* Pallas) (~ 40 гнезд), в непосредственной близости от них в небольшом количестве гнездились чёрная (3 гнезда) и речная (5 гнёзд) крачки. Глубина под гнёздами составляла до 1.5 м.

За период исследований в 2007 г. максимальное число видов зоопланктона было обнаружено на мелководье, заселенном птицами, причем увеличение разнообразия происходило за счет коловраток и ветвистоусых рачков. В 2009 г. наибольшее видовое богатство наблюдалось на фоновом участке (табл. 2). Общее число видов, зафиксированных за период изучения, в 2009 г. было меньше, чем в 2007 г.

Таблица 1

Среднемесячная температура воды на фоновых (I) и находящихся под влиянием птиц (II) участках литоральной зоны Волжского плёса Рыбинского водохранилища

Месяц	Год	Станция	
		I	II
Май	2007	21.0	20.9
	2009	15.2	15.4
Июнь	2007	21.0	21.1
	2009	20.5	20.7
Июль	2007	20.8	21.0
	2009	20.9	20.9

Таблица 2

Число видов и коэффициент трофности зоопланктона фоновых (I) и находящихся под влиянием птиц (II) участков литоральной зоны Волжского плёса Рыбинского водохранилища

Показатель	Год	Таксон	Станция	
			I	II
Число видов	2007	Rotifera	22	28
	2009		21	19
	2007	Copepoda	12	12
	2009		3	2
	2007	Cladocera	22	24
	2009		18	17
	2007	Общее	56	64
	2009		42	38
Коэффициент трофности	2007	–	2.15	2.07
	2009	–	13.00	5.00

По коэффициенту трофности в 2007 г. и фоновый и испытывающий влияние птиц участки характеризовались как эвтрофные, в 2009 г. – при сокращении разнообразия ракообразных – как гипертрофные. В оба периода исследований в зоне влияния птиц абсолютная величина коэффициента трофности снижалась (см. табл. 2).

Число видов, отмеченных в среднем за одну съёмку, в мае – июне 2009 г. независимо от влияния птиц было достоверно ниже, чем в 2007 г. В зоне влияния

птиц в начале (2007 г.) и конце (2007 и 2009 гг.) периода их гнездования происходило значимое увеличение количества видов (рис. 2, а).

При повышении уровня воды в 2009 г. по сравнению с аналогичным периодом 2007 г. на фоновом и заселенном птицами участке средняя численность зоопланктона незначительно увеличивалась

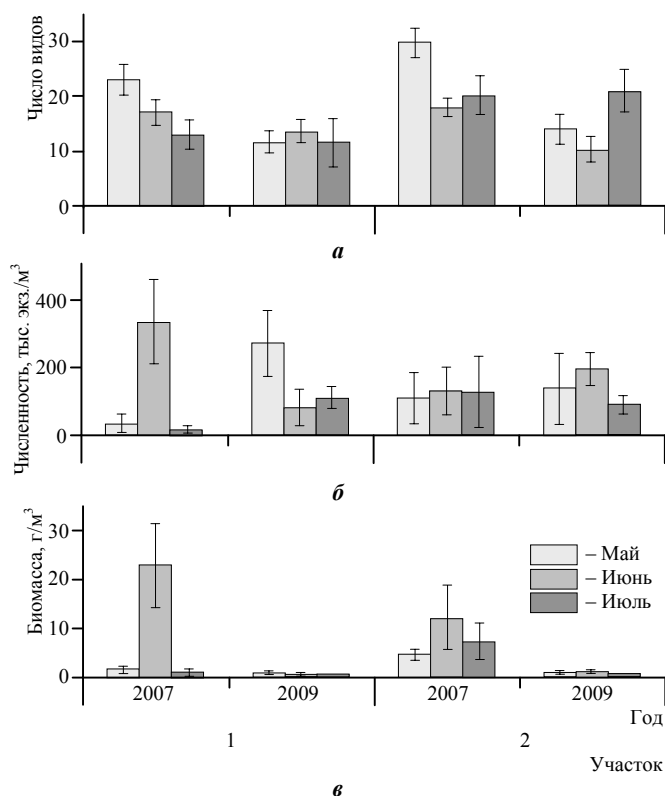


Рис. 2. Число видов (а), численность (б) и биомасса (в) зоопланктона фоновой (1) и испытывающей влияние птиц (2) станции в разные годы изучения ($M \pm m$; $n = 15$; $p < 0.05$)

лonoгих ракообразных (в 3.1 и 2.0 раза) и сокращалась доля ветвистоусых рачков (в 11.0 и 3.2 раза) (рис. 3, а – в).

Изменение соотношения таксономических групп зоопланктеров в общей численности сообщества происходило и в зоне влияния продуктов жизнедеятельности птиц. В 2007 г. в июне и июле здесь сокращалась доля коловраток (см. рис. 3, а), в мае и июне – ветвистоусых рачков (см. рис. 3, в), на протяжении всего периода гнездования возрастало обилие веслоногих ракообразных (см. рис. 3, б). В 2009 г. сокращение доли коловраток и увеличение доли веслоногих ракообразных регистрировалось на протяжении всего времени исследований, однако было выражено слабее, чем в 2007 г.: обилие коловраток в 2007 г. снижалось в среднем в 65 раз, в 2009 г. – в 3.5 раза, доля веслоногих увеличивалась соответственно в 2.2 и 1.4 раза.

планктона незначительно увеличивалась (соответственно в 1.2 и 1.1 раз) (рис. 2, б). В 2007 и 2009 гг. лишь в отдельные сроки периода гнездования достоверно большая численность зоопланктона была в зоне влияния птиц (см. рис. 2, б). На фоновом участке в 2009 г. относительно данных 2007 г. в мае и июле регистрировалось значимое увеличение численности зоопланктона, в июне – снижение. В то же время на участке в зоне влияния птиц различия по численности были недостоверны.

В 2009 г. на обоих изученных биотопах в общей численности зоопланктона возрастала доля коловраток (на фоновом в среднем в 66.0, в районе гнездовья – в 3910 раз), вес-

ВЛИЯНИЕ УРОВЕННОГО РЕЖИМА И ЧИСЛЕННОСТИ КОЛОНИИ ВОДНЫХ ПТИЦ

При этом нужно учесть, что в 2009 г. наблюдалось повышение доли ветвистоусых ракообразных в среднем в 4.2 раза, в то время как в 2007 г. она возрастала лишь в июле в 1.5 раза.

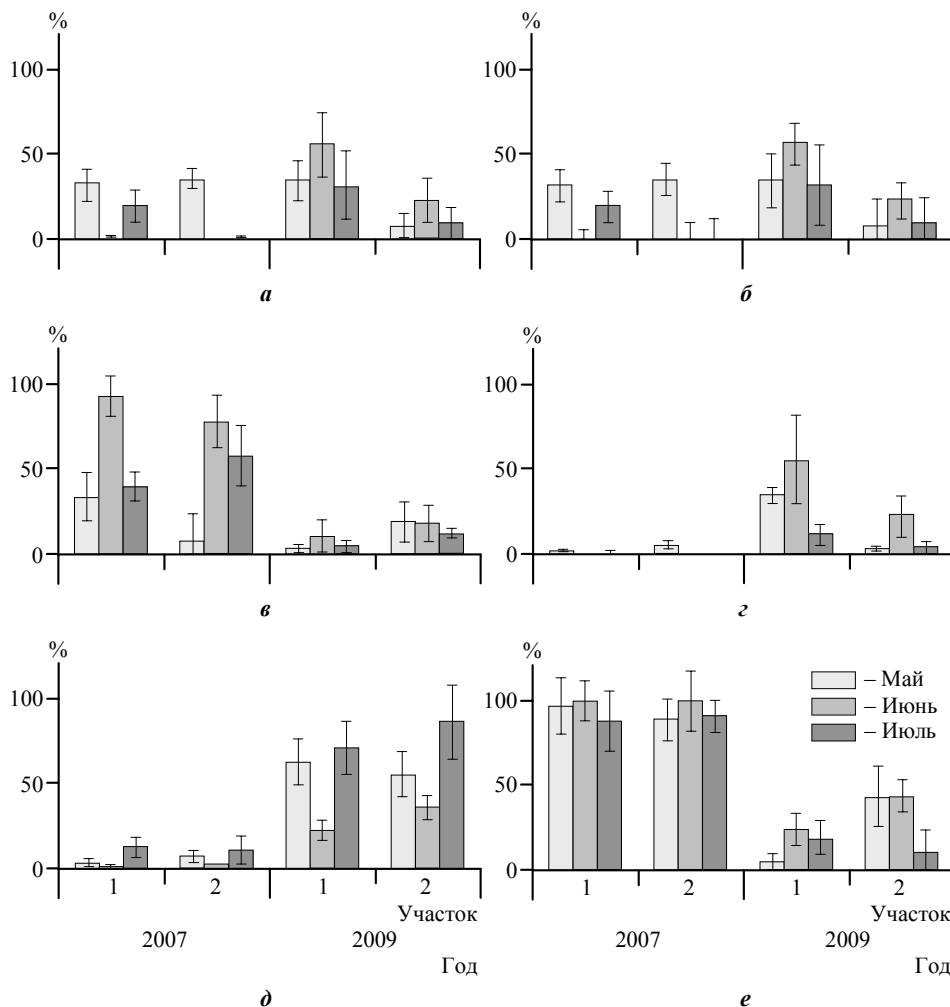


Рис. 3. Доля ($M \pm m$; $n = 15$; $p < 0.05$) таксономических групп в общей численности сообществ: коловратки (а), веслоногие (б) и ветвистоусые ракообразные (в); доля таксономических групп в общей биомассе сообществ: коловратки (з), веслоногие (д) и ветвистоусые ракообразные (е)

Среди доминирующих по численности видов в 2007 г. на фоновом биотопе отмечены *Asplanchna priodonta* Gosse, *Polyphemus pediculus* (L.), *Conochilus unicor-*

nis Rousselet, *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), *Acroperus harpae* (Baird), *Ceriodaphnia pulchella* Sars, *Polyarthra vulgaris* Carlin, *Synchaeta pectinata* Ehrenberg, *Brachionus angularis* Gosse, науплиусы и копеподиты Cyclopoida, на заселенном птицами – *Asplanchna priodonta*, *Polyphemus pediculus*, *Acroperus harpae*, *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller), *Ceriodaphnia pulchella*, *Simocephalus vetulus* (O. F. Müller), науплиусы и копеподиты Cyclopoida. В 2009 г. на обоих биотопах мелководья среди доминирующих по численности видов зарегистрированы науплиусы и копеподиты Cyclopoida, *Brachionus calyciflorus spinosus* Wierz., *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella quadrata*, *Platylabus patulus* (Müller), *Chydorus sphaericus* и *Acroperus harpae*, только на фоновом участке – *Keratella cochlearis cochlearis* Carlin, *Mytilina ventralis ventralis* (Ehrenb.), *Euchlanis deflexa*, *Simocephalus vetulus*, только на участке в районе гнездовья – *Asplanchna priodonta*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Bosmina longirostris*, *Lecane luna* (Müller). Каких-либо закономерностей в изменении числа доминантов на исследованных участках не обнаружено.

При более высоком уровне воды в 2009 г., как на фоновом участке, так и на мелководье, в районе гнездовья биомасса зоопланктона уменьшалась в среднем за время изучения соответственно в 14.9 и 7.7 раза (см. рис. 2, в). Изменение биомассы сообщества в каждый из исследованных периодов наблюдалось и в зоне влияния продуктов жизнедеятельности птиц: в 2007 г. в начале и конце времени гнездования она была достоверно выше, чем на фоновом участке, а в среднем за период изучения разница составляла 3.6 раза; в 2009 г. лишь в мае не регистрировалось значимого увеличения биомассы сообщества в районе колонии чаек, а в среднем за период изучения она возрастала в 2.1 раза (см. рис. 2, в).

При повышении уровня воды в 2009 г. и на фоновом участке и в зоне воздействия птиц относительно данных, полученных в 2007 г., в общей биомассе зоопланктона возрастала доля коловраток и веслоногих ракообразных, а также сокращалось обилие ветвистоусых рачков (см. рис. 3, з – д). При поступлении продуктов жизнедеятельности птиц независимо от межгодовых различий уровня воды доля коловраток снижалась, но увеличивалась доля веслоногих ракообразных (см. рис. 3, з, д). В условиях высокого уровня воды в 2009 г. по сравнению с аналогичным периодом 2007 г. в начале и середине периода гнездования в зоне влияния птиц повышалось обилие ветвистоусых рачков, а в конце, в гораздо меньшей степени, сокращалась доля коловраток (в 3.4 раза в 2009 г. против 53.3 раз в 2007 г.) (см. рис. 3, з, е).

На контрольном участке в 2007 г. доминировали *Polyphemus pediculus*, *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Acroperus harpae*, *Simocephalus vetulus*, *Sida crystallina* (O. F. Müller), науплиусы и копеподиты циклопов, на заселенном птицами – *Simocephalus vetulus*, *Polyphemus pediculus*, *Acroperus harpae*, *Macrocylops albidus* (Jurine), *Eurycercus lamellatus* (O. F. Müller), *Scapholeberis mucronata* (O. F. Müller), *Biapertura affinis* (Leydig), *Ceriodaphnia dubia* Richard. В 2009 г. доминировали науплии и copepoditae Cyclopoida, *Brachionus calyciflorus spinosus*, *Polyphemus pediculus*, *Asplanchna priodonta*, *Simocephalus vetulus*, *Acroperus harpae*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Cyclops vicinus*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia galeata*, *Chydorus sphaericus*, только на фоновом участке – *Cyclops strenuus*, *Eucyclops*

macrurus, *Polyarthra dolichoptera*, *Graptoleberis testudinaria* (Fischer), *Scapholeberis mucronata*, *Euchlanis deflexa*, *Alona rectangula*, *Eurycercus lamellatus*, только в районе гнездового участка – *Daphnia cucullata* Sars, *Sida crystallina*.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты свидетельствуют о том, что нестабильный уровеньный режим водохранилища в начале периода гнездования отрицательно сказывается на успешном воспроизводстве популяции водных птиц, гнезда которых расположены в зоне зарослей макрофитов защищенной литорали. В результате резкого увеличения уровня воды гнёзда могут затапливаться, птицы покидают территорию, которая повторно заселяется пернатыми другого вида, образующих колонию невысокой плотности. В нашем случае численность колонии в 2009 г. была в 6 раз меньше, чем в 2007 г.

При увеличении уровня воды наблюдается сокращение степени зарастания изучаемого участка литорали в среднем на 20%. Повышение уровня воды, в том числе и в результате атмосферных осадков на фоне снижения температуры воздуха, приводило также к уменьшению температуры воды в начале периода гнездования птиц.

Наблюдаемые при увеличении уровня воды изменения среды приводили к модификации показателей зоопланктона. В зоопланктоне обоих участков снижалось общее видовое богатство, причем в наибольшей степени уменьшалось разнообразие Crustacea, благодаря чему возрастала величина коэффициента трофности, а в составе доминантов повышалось число видов Rotifera. Кроме этого, в 2009 г. независимо от приуроченности к гнездовому участку наблюдалось достоверное увеличение доли веслоногих

ракообразных и снижение доли ветвистоусых в общей биомассе сообщества (табл. 3).

В данном случае это могло быть связано с сокращением степени зарастания исследуемых участков. Показано, что водные растения

выступают важными агентами резервирования и круговорота биогенных элементов (Лукина, Смирнова, 1988; Wiece et al., 1985). При этом выявлено, что макрофиты накапливают в основном азот, количество которого в их тканях напрямую зависит от биогенной нагрузки, а количество фосфора в тканях растений существенно ниже и в меньшей степени зависит от степени внешней биогенной нагрузки (Клоченко и др., 2006). Как известно, пищу с высоким содержанием азота предпочитают веслоногие ракообразные, в отличие от мирных ветвистоусых, массово развивающихся при употреблении богатой фосфором пищи (Толмеев, 2006; Andersen, Hessen, 1991; Sterner, Schulz, 1998). По всей видимости, уменьшение степе-

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между показателями зоопланктона и периодом исследования ($n = 45$; $p < 0.05$)

Показатель	Участки	
	фоновые	в зоне гнездовой
Общая биомасса	–	-0.84
Доля Copepoda в общей биомассе	0.83	0.87
Доля Cladocera в общей биомассе	-0.99	-0.94

Примечание. Прочерк означает отсутствие достоверной связи.

ни зарастания способствовало большему содержанию азота в воде и кормовых объектах зоопланктеров, благодаря чему возрастало обилие веслоногих ракообразных.

Однако только в зоне гнездового участка в 2009 г. достоверно сокращалась биомасса зоопланктона (см. табл. 3). Наряду с этим, если в 2007 г. численность зоопланктона в районе поселения чаек относительно фонового участка за период гнездования увеличивалась в среднем в 3.9 раза, а биомасса – в 3.6 раза, то в 2009 г. всего соответственно в 1.2 и 2.1 раза. Все это могло определяться уменьшением численности колонии птиц и, соответственно, снижением органической и биогенной нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резкий подъём уровня водохранилища способствует снижению температуры воды и сокращению степени зарастания литорали. При этом в зоопланктоне уменьшается разнообразие ракообразных, возрастает коэффициент трофности, в составе доминантов повышается число видов коловраток. Кроме этого, в общей биомассе зоопланктона возрастает доля *Sorperoda* и снижается доля *Cladocera*, что может быть связано с уменьшением степени зарастания участков и, как следствие, увеличением содержания азота в воде и кормовых объектах зоопланктеров.

Увеличение уровня воды также приводит к затоплению гнёзд водных птиц. После этого птицы покидают территорию, которую занимают птицы другого вида, образующие небольшую по численности колонию. В результате по сравнению с периодом, когда численность колонии была выше, количество поступающих в воду продуктов жизнедеятельности водных птиц сокращается, что приводит к снижению биомассы зоопланктона и кратности увеличения численности и биомассы зоопланктона в зоне гнездовья относительно фонового участка.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-04-00080-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Клоченко П. Д., Горбунова З. Н., Пасичная Е. А., Харченко Г. В. Некоторые особенности содержания биогенных элементов в водных макрофитах урбанизированных территорий // Гидробиотаника 2005 : материалы VI Всерос. шк.-конф. по водным макрофитам. Рыбинск : Рыбинский дом печати, 2006. С. 280 – 282.

Крылов А. В., Касьянов Н. А. Влияние колониальных поселений речной крачки на зоопланктон мелководий Рыбинского водохранилища // Биол. внутр. вод. 2008. № 2. С. 40 – 48.

Крылов А. В., Акопян С. А. Особенности зоопланктона прибрежной зоны озера Севан // Биол. внутр. вод. 2009. № 3. С. 68 – 72.

Крылов А. В., Кулаков Д. В., Касьянов Н. А., Цельмович О. Л., Папченков В. Г. Зоопланктон защищенного зарастающего мелководья Рыбинского водохранилища в условиях влияния колониального поселения птиц // Биол. внутр. вод. 2009. № 2. С. 56 – 61.

Лукина Л. Ф., Смирнова Н. Н. Физиология высших водных растений. Киев : Наук. думка, 1988. 186 с.

Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов / отв. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтовской. М. : Наука, 1975. 240 с.

ВЛИЯНИЕ УРОВЕННОГО РЕЖИМА И ЧИСЛЕННОСТИ КОЛОНИИ ВОДНЫХ ПТИЦ

Мязметс А. Х. Изменения зоопланктона // Антропогенное воздействие на малые озера. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. С. 54 – 64.

Толмеев А. П. Концепция «экологической стехиометрии» в водных экосистемах : литературный обзор // Сиб. экол. журн. 2006. № 1. С. 13 – 19.

Чуйков Ю. С. Методы экологического анализа состава и структуры сообществ водных животных. Экологическая классификация беспозвоночных, встречающихся в планктоне пресных вод // Экология. 1981. № 3. С. 71 – 77.

Andersen T., Hessen D.O. Carbon, nitrogen, and phosphorus content of freshwater zooplankton // Limnol. Oceanogr. 1991. Vol. 36. P. 807 – 814.

Hahn S., Bauer S., Klaassen M. Estimating the contribution of carnivorous waterbirds to nutrient loading in freshwater habitats // Freshwater Biology. 2007. Vol. 52. P. 2421 – 2433.

Hahn S., Bauer S., Klaassen M. Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds // Freshwater Biology. 2008. Vol. 53. P. 181 – 193.

Sterner R. W., Schulz K. L. Zooplankton nutrition : recent progress and a reality check // Aquatic Ecol. 1998. Vol. 32. P. 261 – 279.

Wiece G., Mayer H.-G., Jorda W., Bahr I. Phosphoraufnahme durch Potamogeton natans und submerse Makrophyten in einem Fließgewässer Laboratoriumsmodell // Acta hydrochim. et hydrobiol. 1985. Bd. 13, № 3. S. 307 – 317.