



ВЕСТНИК

ТАТАРСТАНСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
АКАДЕМИИ

1 '2006

Структура сообщества зоопланктона, его динамика и участие в самоочищении оз. Глубокое (г. Казань) на фоне рекреационного воздействия

О.Ю. Деревенская, О.В. Никитин, Н.М. Мингазова, О.В. Палагушкина

Казанский государственный университет

Поступила в редакцию 20.03.2006 г.

Введение

Рост урбанизированности территорий и их оторванность от естественной природы приводят к повышенной утомляемости людей и увеличению количества стрессорных факторов. Не удивительно, что организация отдыха населения городов становится важной социально-экономической задачей, а отдых на берегах водоемов – один из наиболее популярных и массовых. В это время отдыхающие оказывают на природную среду дополнительную или т.н. рекреационную нагрузку. Наиболее сильно воздействуют на береговые и аквальные комплексы такие виды отдыха, как стационарный неорганизованный туризм, отдых с использованием автотранспорта и маломерного моторного флота. На участках неорганизованного отдыха стихийность распределения нагрузок в пространстве – времени может вызвать возникновение процессов дигрессии в наземных и аквальных экосистемах [1, 2, 9].

Влияние рекреационного использования водоемов на компоненты водных экосистем, и в частности на зоопланктон, изучено недостаточно. Цель данной работы заключается в выявлении особенностей структуры и функционирования сообщества зоопланктона карстового оз. Глубокое (г. Казань) в условиях интенсивного рекреационного использования.

Характеристика объекта исследований

Озеро Глубокое расположено в лесопарковой зоне западной части г. Казани, и имеет, повторяем, карстовое происхождение. Площадь озера – 11 га, максимальная глубина – 12,6, средняя – 5,8 м [12]. Прозрачность воды изменялась от 1,3 до 4,0, составляя в среднем $2,74 \pm 0,27$ м (чистые воды). Индекс трофического состояния [15], соответствовал уровню мезотрофных водоемов ($46,61 \pm 1,55$). Величина рН поверхностных слоев воды изменялась от 6,3 до 9,0, придонных – от 5,9 до 7,0. Вода озера «очень мягкая», с «очень малой» минерализацией. Содержанием органических веществ, относительным показателем которого является величина перманганатной окисляемости, невелико и характеризует воду как «вполне» или «достаточно чистую». Отмечается дефицит фосфатов. Средние значения рН-показателей соответствовали разрядам «достаточно чистая» – «слабо загрязненная» в поверхностных слоях воды и «слабо загрязненная» –

в придонных.

Озеро доступно для посещения и подвергается интенсивному рекреационному воздействию. В теплые месяцы года, по нашим данным, водоем посещают в среднем до 600 человек в день. Многие отдыхающие посещают озеро на личном автотранспорте и вследствие отсутствия автостоянок, оставляют его в водоохранной зоне. Подсчитано, что внесение общего фосфора за сезон за счет купающихся может достигать 5,3 кг, общего азота – 34,8 кг [1]. В воде озера в теплые месяцы года отмечается дефицит соединений фосфора, поэтому дополнительное поступление биогенных элементов может играть важную роль в материальном балансе водоема.

Таким образом, при кажущейся «экологичности» использования водоемов в рекреационных целях, при неправильной организации отдыха возможно нарушение функционирования водных объектов, неизбежно приведет к их деградации и утрате рекреационной значимости.

Материал и методики исследования

Озеро Глубокое обследовалось на протяжении всего вегетационного периода 2004 г. с периодичностью один раз в две недели. Изучение видового состава, распределения и количественного развития зоопланктона проводилось по пробам, отобранным стандартной количественной сетью Джеди (размер ячеек – 100 мкм). Параллельно измерялась прозрачность воды, температура, содержание кислорода, рН. Для изучения вертикального распределения зоопланктона проводился фракционный лов. Отбор и обработку проб осуществляли в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками [10]. Величина продукции, траты на обмен, рацион зоопланктона рассчитана с использованием «физиологического» метода. Сведения предпочитаемой пищи для различных видов зоопланктона взяты из литературных источников [8, 12]. Для определения степени сапробности использовался метод Пантле и Букка в модификации Сладечека [16]. Для оценки структуры сообществ был рассчитан ряд индексов [4].

Исследования первичной продукции фитопланктона проводились скляночным методом в кислородной модификации одновременно с исследованием зоопланктона. Склянки объемом 250 мл экспонировались в условиях оптимальной освещенности

в емкости с водой в течение 24 ч. Содержание растворенного кислорода определялось с помощью малогабаритного анализатора МАРК-201. По результатам экспериментов рассчитывались суточные интегральные величины продукции и деструкции под 1 м² площади [5, 11]. Величины продукции в кислородных единицах преобразовывались в углеродные с помощью коэффициента 0,38. Для оценки трофности по показателям максимальной первичной продукции использовалась шкала по индексу трофического состояния – ИТС [6].

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе проведенных исследований выявлено 42 вида зоопланктона, из них коловраток – 18 видов (43%), ветвистоусых ракообразных – 15 (36%) и веслоногих ракообразных – 9 (21%). Большинство видов широко распространены на ЕТР, многие космополиты. Число видов, приходящихся на одну интегральную пробу, было достаточно постоянным (19-22 вида). Значения индекса сходства видового состава Серенсена в различные даты изменялись от 49 до 85%. Кластерный анализ позволил выделить три группы, наиболее сходные по составу видов: летнюю (июнь-август), весеннюю (май) и летне-осеннюю (середина августа и середина сентября). Это значит, что именно в теплые месяцы сохраняется более-менее постоянный состав сообщества, образованный комплексом видов, отличным от весеннего и осеннего. Наибольшее видовое богатство Rotatoria наблюдалось в мае и конце сентября, Cladocera – июле-августе.

В озере отмечены виды-индикаторы как олиготрофных, так и эвтрофных условий. Из встреченных видов в преимущественно олиготрофных водоемах обитают *Kellicottia longispina* (Kellicott), *Bosmina longispina* Leydig и *Daphnia longispina* O.F. Muller, в эвтрофных – *Brachionus angularis* Gosse, *B. calyciflorus* Pallas, *Filinia longiseta* (Ehrenberg), *Bosmina longirostris* (O.F. Muller), *Cyclops strenuus* Fisher. Значительную долю в сообществе (до 42-95% от общей численности) составляют оксифилы и представители холодноводной фауны – *Eudiaptomus gracilis* (Sars) и *K. longispina*. Однако индекс трофии, основанный на соотношении эвтрофных и олиготрофных видов, соответствовал водоемам эвтрофного типа.

Доминировал по численности вид *K. longispina* (86% от средней общей численности зоопланктона). Монодоминирование обычно наблюдается в эвтрофных водоемах, однако, интересным является тот факт, что в оз. Глубокое доминировал вид-индикатор олиготрофных условий. Доминирующими видами по биомассе были *E. gracilis* (40% от общей биомассы) и *Asplanchna priodonta* Gosse (32%), субдоминантами – *Daphnia cristata* Sars и

Diaphanosoma brachyurum (Lieven).

На встречаемость и обилие видов большое влияние оказывают факторы окружающей среды. Водоем стратифицирован по температуре и по содержанию кислорода. Устойчивая температурная стратификация устанавливается со второй половины мая. Средняя температура эпилимниона за период исследований составляла 19,9±1,1°C, металимниона – 14,5±1,6°C, гиполимниона – 6,6±0,2°C. Наиболее насыщен кислородом эпилимнион (11,03±0,77 мг/л), в металимнионе его содержание составляло 8,92±1,78 мг/л, в гиполимнионе – 3,24±0,77 мг/л. Выявлена положительная линейная зависимость между количественным развитием зоопланктона и концентрацией кислорода в металимнионе, а также между насыщением кислородом гиполимниона и развитием *Thermocyclops oithonoides* (Sars). Положительно коррелировали численность *D. brachyurum* и температура воды в эпилимнионе, а также численность *C. strenuus* и температура воды в гиполимнионе. Для развития зоопланктона важна обеспеченность пищей, что подтверждается значимым положительным коэффициентом корреляции между ним и величиной продукции фитопланктона на различных горизонтах.

Численность зоопланктона в среднем составляла 362,06±118,57 тыс. экз/м³, доля коловраток 89%. Максимальные значения численности наблюдались 24 июня (более 1 млн. экз/м³), преобладали коловратки. Впоследствии численность коловраток снизилась, но увеличилась доля Cladocera и Cyclopoida. Кривая численности зоопланктона имела одновершинный характер (рис. 1). Такой характер распределения численности зоопланктона на протяжении вегетационного периода характерен для карстовых мезотрофных и мезо-эвтрофных озер Ср. Поволжья и выявлен нами при исследованиях озер Бол. и Мал. Яльчик [7].

Средние за вегетационный период значения биомассы составили 0,89±0,30 г/м³, что в соответствии с классификацией С.П. Китаева (1984) позволяет отнести оз. Глубокое к категории β - олиготрофных водоемов. В то же время малые средние значения индивидуальной массы зоопланктеров ($\bar{w}=0,0025$ мг), обусловленные преобладанием коловраток, характерны для водоемов гипертрофного типа. Сезонный ход динамики биомассы также имел один летний максимум, приходившийся на вторую половину июля (рис. 1). В структуре биомассы сообщества ведущая роль принадлежала представителям веслоногих раков (44%) (рис. 2), что обычно характерно для олиготрофных озер (Андроникова, 1996). На долю коловраток и ветвистоусых ракообразных приходилось по 35 и 21% соответственно. Значения биомасс групп зоопланктона на протяжении

вегетационного периода изменялись незначительно ($0,19 \pm 0,06$ г/м³ для Cladocera и $0,39 \pm 0,07$ г/м³ для Copepoda), что говорит об устойчивом положении данной группы в сообществе, биомасса коловраток изменялась более существенно ($0,31 \pm 0,22$ г/м³).

Зоопланктон в озере распределен неравномер-

но. Наиболее высокая численность отмечалась в гипolimнионе ($513,46 \pm 186,5$ тыс. экз/м³), в эпи- и металимнионе она была существенно ниже – $108,46 \pm 15,28$ тыс. экз/м³ (рис. 3). Наибольшие значения биомассы обычно наблюдались в эпилимнионе ($1,55 \pm 0,62$ г/м³), наименьшие – в гипolimнионе ($0,45 \pm 0,13$ г/м³).

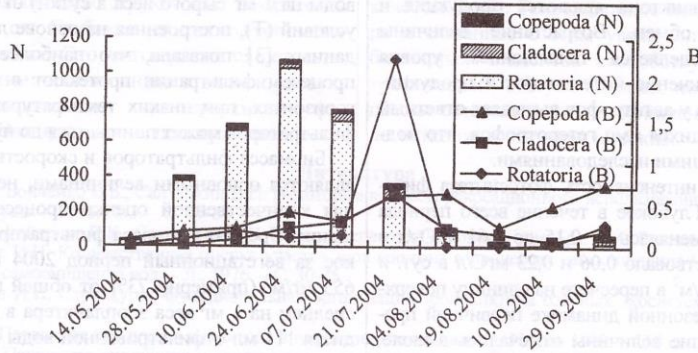


Рис. 1. Численность (N, тыс. экз/м³) и биомасса (B, г/м³) зоопланктона оз. Глубокое

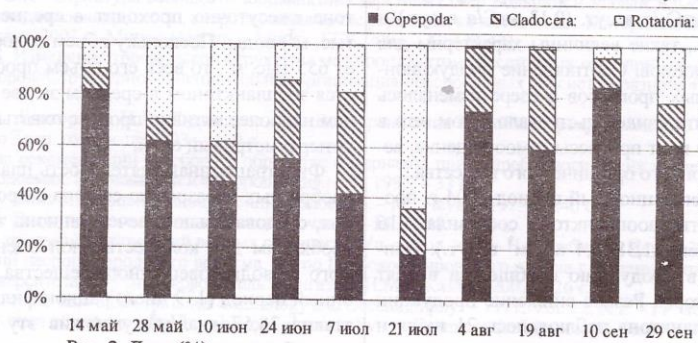


Рис. 2. Доля (%) различных групп зоопланктона в общей биомассе

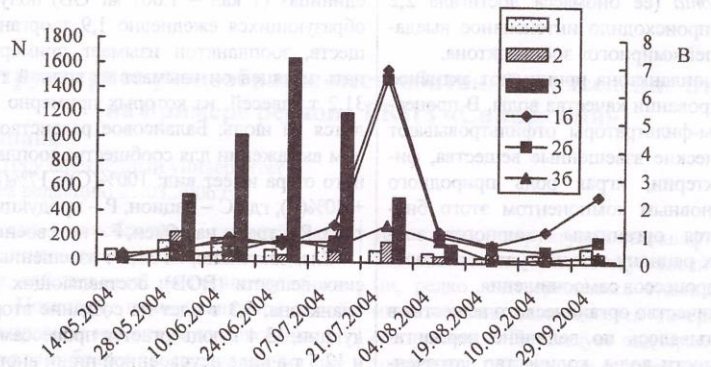


Рис. 3. Распределение численности (N, тыс. экз/м³) и биомассы (B, г/м³) зоопланктона в оз. Глубокое по горизонтам: 1 – численность зоопланктона в эпилимнионе (0-2 м), 2 – в металимнионе (2-4 м), 3 – в гипolimнионе (4-12 м); 16-36 биомасса зоопланктона в соответствующих горизонтах

Снижение количественных показателей зоопланктона в конце августа, помимо естественного хода жизненного цикла массовых видов, связано также с ухудшением кислородных условий. В придонных слоях воды в это время отмечен дефицит кислорода и наличие сероводорода.

Основными функциональными показателями сообществ зоопланктона являются продукция и энергетический обмен. Возрастание величины продукции определяется повышением уровня трофности, увеличение интенсивности продукционных процессов у автотрофов вызывает ответный отклик у питающихся ими гетеротрофов, что подтвердилось и нашими исследованиями.

Оптимальная интенсивность фотосинтеза фитопланктона в оз. Глубокое в течение всего периода исследований изменялась от 0,15 до 0,61 мгО₂/л в сут., что соответствовало 0,06 и 0,23 мгС/л в сут. и от 0,11 до 1,4 гО₂/м² в пересчете на единицу поверхности озера. В сезонной динамике первичной продукции наибольшие величины отмечались в июле, низкие значения – в мае и сентябре, средняя за вегетационный сезон величина первичной продукции составляла 0,34 мгО₂/л в сут. (0,13 мгС/л в сут.) и 4,07 гО₂/м² в сут., такие величины характерны для мезотрофных водоемов. Соотношение продукционно-деструкционных процессов в озере изменялись от 0,02 до 0,16, что свидетельствовало о том, что в озере интенсивно идут процессы самоочищения, велика роль аллохтонного органического вещества.

В целом, за вегетационный период 2004 г. продукция сообщества зоопланктона составила 3,16 ккал/м³ (в среднем 21,38±5,4 ккал/м³ в сут.). Наибольший вклад в продукцию сообщества вносят грубые фильтраторы. Резкое снижение продукции «мирного» зоопланктона наблюдалось 21 июля и было связано с массовым развитием хищной коловратки *A. priodonta* (ее биомасса достигала 2,2 г/м³), при этом происходило интенсивное выедание представителей «мирного» зоопланктона.

Организмы зоопланктона принимают активное участие в формировании качества воды. В процессе питания виды-фильтраторы отфильтровывают из воды органические взвешенные вещества, фитопланктон, бактерии, играя роль природного биофильтра. Основным компонентом этого биофильтра являются организмы «мирного» зоопланктона, по их рациону можно судить о скорости протекания процессов самоочищения.

Исходное количество органического вещества в водоеме рассчитывалось по величине перманганатной окисляемости воды, количество затраченного кислорода (мг/л) сводилось к содержанию ОВ в воде при помощи переводного коэффициента: 1 мг О₂=0,69 мг ОВ [13]. Ежедневно образующееся в озере количество ОВ пропорционально затратам

кислорода на окисление и составляет приблизительно 5,5 мг/л, что соответствует образованию примерно 2,5 т ОВ в день, включая биомассу самого зоопланктона, составляющую в среднем 24%.

На интенсивность фильтрационной деятельности большое влияние оказывают температурные условия. Зависимость скорости фильтрации (мл воды на 1 мг сырого веса в сутки) от термических условий (Т), построенная на основе литературных данных [3] показала, что наиболее интенсивно процессы фильтрации протекают в тепловодных горизонтах, при низких температурах активность фильтраторов может понижаться до нуля.

Биомасса фильтраторов и скорость фильтрации являются основными величинами, необходимыми для количественной оценки процессов самоочищения. Средняя биомасса фильтраторов оз. Глубокое за вегетационный период 2004 г. составляла 653 мг/м³ (примерно 73% от общей биомассы). В среднем на 1 мг веса зоопланктона в сутки приходится 111 мл отфильтрованной воды (от 74 до 173 мл, в зависимости от температуры воды). Следовательно, через фильтрационную систему зоопланктона ежесуточно проходит в среднем 7,2% (47,3 тыс. м³) воды. Поскольку объем водоема составляет 655 тыс. м³, то весь его объем профильтровывается зоопланктоном в среднем за две недели, причем наиболее активно процесс охватывает верхний четырехметровый слой.

Фильтрационная деятельность планктонных ракообразных неразрывно связана с процессом питания, следовательно, расчет рациона зоопланктона, необходим для количественной оценки извлекаемого из воды взвешенного вещества. За вегетационный период (139 дней) рацион фильтраторов составил 28,53 ккал/м³, умножив эту величину на весь объем водной массы и выразив ее в весовых единицах (1 кал = 1,667 мг ОВ) получим, что из образующихся ежедневно 1,9 т органических веществ, зоопланктон изымает примерно 13%, за пять месяцев он изымает из водной толщи около 31,2 т взвесей, из которых примерно 50% приходится на июль. Балансовое равенство в процентном выражении для сообщества зоопланктона данного озера имеет вид: 100%(С)= 17%(Р) + 43%(R) + 40%(F), где С – рацион, Р – продукция зоопланктона, R – траты на обмен, F – неусвоенная пища.

Следовательно, из 31,2 т взвешенных органических веществ (ВОВ), составляющих рацион зоопланктона, 5,3 т идет на создание вторичной продукции, 13,4 т подвергается процессам деструкции и 12,5 т в виде неусвоенной пищи вновь возвращается в круговорот. Это подчеркивает значимость сообщества зоопланктона как естественного биофильтра водоема и показывает его важную роль в круговороте вещества в водных экосистемах.

Значения индекса сапробности, позволяющие оценить уровень загрязнения озера органическими веществами, изменялись от 1,34 до 1,47, в среднем составляли $1,4 \pm 0,01$, вода в озере соответствует α -олигосапробной зоне (чистая вода). Наибольшие значения наблюдались в мае и в конце августа.

Таким образом, в результате исследований, выявлено, что большинство структурных показателей зоопланктона оз. Глубокое соответствует мезотрофным водоемам. Это подтверждается результатами физико-химического анализа воды и продукционно-деструкционными характеристиками фитопланктона. Важную роль в поддержании доста-

точно высокого качества воды в водоеме играют планктонные фильтраторы. В процессе питания зоопланктон изымает в среднем 13% от образующегося органического вещества в озере, что составляет 31,2 т органического вещества за сезон, тем самым сообщество зоопланктона активно участвует в процессах самоочищения и формирования качества воды. Рекреационное использование озера и связанное с этим увеличением поступления биогенных элементов способствует повышению трофического статуса водоема, но благодаря процессам естественного самоочищения качество воды остается достаточно высоким.

Литература

1. Авакян А.Б., Бойченко В.Б., Салтанкин В.П. Некоторые вопросы рекреационного использования водохранилищ// Водные ресурсы. – 1986. № 3. – С. 77-84.
2. Авакян А.Б., Бойченко В.К., Салтанкин В.П. Вода и рекреация//Человек и природа. – М.: Знание, 1987. – С. 15-70.
3. Андроникова И.Н. Количественная оценка участия зоопланктона в процессах самоочищения// Гидробиологические основы самоочищения вод. – Л., 1976. – С. 30-35.
4. Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем. – СПб.: Наука, 1996. – 189 с.
5. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов. – Л.: Наука, 1983. – 150 с.
6. Бульон В.В. Первичная продукция и трофическая классификация водоемов // Методические вопросы изучения первичной продукции планктона внутренних водоемов. – СПб. Гидрометеоздат. 1993. – С. 147-157.
7. Деревенская О.Ю. Структура сообществ зоопланктона карстовых озер Большой и Малый Яльчик// Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы II Междунар. науч. конф. 22-26 сент. 2003 г., Минск-Нарочь. – Минск: БГУ, 2003. – С. 428-431.
8. Иванова М.Б. Изменение трофической структуры мезозоопланктона бессточных озер при воздействии антропогенных факторов//Структурно-функциональная организация пресноводных экосистем разного типа. – СПб, 1999. – С. 179-195.
9. Ланцова И.В., Григорьева И.Л., Тихомиров О.А. Водохранилища как объект рекреационного использования. – Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2003. – 160 с.
10. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л., 1982. – 33 с.
11. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М., Наука, 1975. – 240 с.
12. Монахов А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. – М., 1998. – 318 с.
13. Определение продукции популяций водных сообществ: Уч.-метод. пос. – Новосибирск: Наука, 2000. – 63 с.
14. Экологический паспорт городского водоема. Озеро Глубокое Кировского района г. Казани: Отчет о НИР/ Казанского госуниверситета: Научн. руководитель Мингазова Н.М. – Казань, 2002. – 26 с.
15. Carlson R. A trophic state index for lakes//Limnology and Oceanography. – 1977. Vol. 22, N 2. – PP. 361-369.
16. Sladeczek V. System of water quality from biological point of view. Egetnishe der Limnologie. Heft. 7, 1973.

Структурное разнообразие местообитаний и население птиц (на примере региона ГКПЗ «Свияжский»)

А.П. Галанина

Казанский государственный университет

Поступила в редакцию 21.03.2006 г.

Биологическое разнообразие – главный параметр эволюционного процесса, одновременно его итог и фактор, действующий по принципу обратной связи [5]. Поскольку птицы являются самой крупной группировкой наземных позвоночных, то их вклад в биоразнообразие экосистем весьма значителен. И рассмотрение вопросов о факторах, определяющих их видовое разнообразие весьма актуально. В настоящее время в большом количестве работ отмечена связь видового богатства птиц с

усложненной структурой ландшафта. Однако связи, выявленные предшествующими исследованиями, редко подтверждались статистически. Динамика же этих зависимостей совершенно не рассматривалась. Но следует подчеркнуть, что территориальное размещение и определяющие его закономерности – это, пожалуй, один из наиболее важных экологических аспектов жизни птиц, без анализа временной динамики которого немислимы ни охрана, ни практическое использование птиц, ни