

УДК 574.583, 574.52

О. Ю. Деревенская<sup>1</sup>, Н. М. Мингазова<sup>1</sup>, В. В. Яковлев<sup>2</sup>**СООБЩЕСТВО ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ В АНОМАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ (НА ПРИМЕРЕ р. КАЗАНКИ, РФ)\***

Глобальное потепление — одна из особенностей изменения климата в современный период. Продолжительные периоды с аномально высокими температурами и отсутствием осадков вызывают увеличение минерализации воды и уровня загрязнения. Это приводит к тому, что в сообществе зоопланктона происходит снижение видового богатства, смена доминирующих видов, сокращение численности и изменение структуры, снижается способность водных экосистем к самоочищению. В последующие годы происходит постепенное восстановление сообщества. Для малой реки умеренной зоны период восстановления сообщества зоопланктона составляет около двух лет.

**Ключевые слова:** зоопланктон, река, потепление климата, восстановление, загрязнение.

Наиболее яркой особенностью изменения климата в современный период стало его глобальное потепление. Повышение температуры способствует развитию процессов, приводящих к стихийным бедствиям, разрушениям и человеческим жертвам. Увеличились внутригодовые перепады температур, вызывающие сильные морозы зимой или засуху летом [14]. С термодинамической точки зрения потепление характеризуется очень малыми величинами, но для живых систем это низкоскоростное потепление может оказаться существенным. Малое повышение температуры может повлиять на развитие вирусов, бактерий, на производство зеленой массы на суше и в океане [12]. Даже незначительные различия в температурном режиме (1—2° в течение лета) приводят к изменению локального сигнала, определяющего у партеногенетических видов переход к половому размножению и диапаузе. Слабое температурное воздействие, соизмеримое с текущим и прогнозируемым влиянием глобального потепления климата, приводит к значительному снижению популяционной плотности и адаптационной способности этих видов, что проявляется в следующем после теплового воздействия вегетационном сезоне. Слабые температурные воздействия способны нарушить со-

\* Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.

© О. Ю. Деревенская, Н. М. Мингазова, В. В. Яковлев, 2015

гласование жизненных циклов видов в экосистеме и привести к существенным потерям продуктивности и изменению видового состава [2].

Последствия постепенного потепления прослеживаются на многочисленных примерах, изменения затрагивают в том числе и водные экосистемы, как морские так и наземные. Так, реакция биоты Баренцева моря на колебания климата проявилась в изменении видового богатства, появлении нехарактерных для данного региона видов (вплоть до формирования ими собственных популяций), изменении структурно-функциональных характеристик аборигенных популяций, изменении размеров ареалов отдельных видов, перестройке трофической структуры сообществ, изменении сезонных миграций рыб и сокращении нагульных площадей [7]. Для Балтийского моря прогнозируется влияние повышения температуры воды на выживаемость, скорость роста и размножения мезозoopланктона, возрастание роли мелкого мезозoopланктона (простейшие, кладоцеры, коловратки, мелкие копеподы эстуариев) [13]. Отмечается также, что температура воды — ключевой фактор, определяющий сезонную и многолетнюю изменчивость продукции и обилие фитопланктона в Куршском заливе Балтийского моря и, как следствие, его трофический статус. Потепление вод может оказывать большое влияние на обилие *Cyanobacteria*, которые формируют «цветение» вод Балтийского моря в наиболее теплые годы [1]. Одними из наиболее чувствительных к климатическим изменениям и антропогенному воздействию являются заполярные экосистемы. Потепление становится причиной существенных изменений сезонной динамики биомассы зоопланктона, состава доминантов, изменения его среднего размера, что влечет изменения во всем трофическом каскаде «фитопланктон — зоопланктон — рыбы» и заметно влияет на экологический статус водоема и качество воды [5]. В средних широтах потепление климата нарушает экологию холодноводного комплекса, сужается ниша составляющих его реликтовых видов, сокращается их численность и разнообразие [15]. Изменение среды обитания, вызванное потеплением климата, влияет на структуру сообществ, создает предпосылки для вселения новых видов и расширения ареалов южной фауны [4].

Лето 2010 г. в России было отнесено к аномально жарким. По прогнозам ряда ученых [16], в XXI в. темпы потепления удвоятся, а значит, следует ожидать и повторения засушливых годов. В связи с этим огромный научный и практический интерес представляет изучение влияния аномально засушливых годов на водные экосистемы.

Целью проведенных исследований было выявление изменений в сообществе зоопланктона малой реки умеренной зоны (р. Казанка) в аномальных климатических условиях и возможности его последующего восстановления.

Река Казанка располагается на Восточно-Европейской равнине, в лесной зоне Вятско-Камской возвышенности, является 62-м левым притоком р. Волги, впадает в нее на 1825 км от устья, у г. Казани. Устьевая часть р. Казанки находится в зоне подпора Куйбышевского водохранилища. Экологическое состояние реки в нижнем течении из-за загрязнения сточными вода-

ми напряженное, наблюдается загрязнение и эвтрофирование вод, аккумуляция загрязняющих веществ в донных отложениях [11].

**Материал и методика исследований.** Исследования проводили в летние сезоны 2010—2012 гг. на устьевом участке р. Казанки (в г. Казани). Пробы зоопланктона отбирали с шести станций с июня по август с периодичностью один раз в месяц. Пробы отбирали процеживанием 50—100 л воды через сеть Апштейна из газа № 70. Камеральная обработка проб выполнена по стандартным гидробиологическим методикам [9]. Воздействие аномальных климатических условий на структуру сообщества зоопланктона оценено по изменению видового богатства, количественных показателей (численности и биомассы), соотношения различных групп зоопланктона, изменению биотических индексов (Шеннона, Симпсона [8, 20]). Качество воды оценивали по величинам индекса сапробности [21].

### *Результаты исследований и их обсуждение*

Жаркое лето 2010 г. в европейской части России является одной из самых крупных климатических аномалий за более чем вековую историю метеонаблюдений в стране. В период жаркой погоды были неоднократно обновлены региональные экстремумы температуры воздуха, а отклонения от климатической нормы на европейской территории России составили от +3,1 до +7,7°. Температура воды в водохранилищах средней Волги достигала рекордных значений 29—33°C, что на 5—8° выше нормы [6].

Температура воды в р. Казанке, по результатам наших исследований, в 2010—2012 гг. изменялась от 17 до 28°C, наиболее высокой была в июле-августе, а в 2010 г. — на 6—9° выше, чем в 2011—2012 гг. К августу 2010 г. уровень воды снизился на 3 м (в устьевой части реки), обнажились обширные мелководные участки.

Вода в р. Казанке отличается повышенной минерализацией (650—800 мг/л), что связано с разгрузкой грунтовых вод с высоким содержанием сульфатов [8]. В аномально жарком 2010 г. значения электропроводности повысились до 1600 мСм/см, в 1,5—2 раза превысив обычные для реки значения. Это явилось следствием преобладания летом 2010 г. грунтового питания, на фоне отсутствия дождевого стока и сокращения объемов притоков, что привело к увеличению минерализации воды. Содержание кислорода в воде на протяжении всего периода исследований было высоким (от 10,9 до 19,2 мг/дм<sup>3</sup>), а в 2010 г. — временами превышало 350% (от 16,6 до 22,8 мг/дм<sup>3</sup>). Это было связано, в первую очередь, с высокой численностью фитопланктона и его фотосинтетической активностью. По результатам физико-химических исследований 2010—2012 гг. были обнаружены превышения ПДК по содержанию аммонийного иона и нитритов, а также тяжелых металлов, что объясняется диффузным поступлением в реку сточных вод различного происхождения [10].

Зоопланктон р. Казанки, по результатам исследований 2010—2012 гг., был представлен 65 видами, из них коловраток — 19 (29%), ветвистоусых ракообразных — 29 (45%), веслоногих — 17 (26%). Наименьшее число видов

было встречено в пробах в 2010 г. — всего 35 видов, в 2011 г. отмечалось 47, а в 2012 г. — 60. В целом видовое богатство повышалось при продвижении вниз по течению реки, что, вероятно, связано с изменением гидрологических условий, снижением скорости течения воды, явлением биостока с верхних участков, а также миграцией зоопланктонтов из Куйбышевского водохранилища.

В 2010 г. в зоопланктоне доминировали коловратки *Brachionus calyciflorus* Pallas, *Asplanchna priodonta* Gosse, ветвистоусые ракообразные *Chydorus sphaericus* (O. F. Müller), *Alona quadrangularis* (O. F. Müller), *Diaphanosoma brachyurum* (Lieven). Доминирование коловраток р. *Brachionus* и ветвистоусых *C. sphaericus* является признаком эвтрофирования и загрязнения [3]. В июне 2011 г. доминантами и субдоминантами были представители р. *Brachionus* (*B. calyciflorus* или *Brachionus quadridentatus* Hermann). В июле и августе роль доминантов играют веслоногие рачки *Ceriodaphnia pulchella* Sars и коловратки *B. calyciflorus*, иногда совместно с *C. sphaericus*. В 2012 г. количество доминирующих видов существенно увеличилось. В июне 2012 г. доминировали ветвистоусые рачки *C. pulchella* и *C. sphaericus*, в июле — *C. sphaericus*, *Polyphemus pediculus* (Linne), *C. pulchella*, коловратки р. *Asplanchna*, веслоногие рачки *Mesocyclops leuckarti* (Claus), *Acanthocyclops vernalis* (Norman et Scott), *Termocyclops crassus* (Fischer), *Bosmina longirostris* (O. F. Müller), *Daphnia cucullata* Sars. В августе почти на всех станциях доминировала *C. pulchella*, *C. sphaericus*, а также *B. calyciflorus* и *Scapholeberis mucronata* (O. F. Müller).

Таким образом, в летние периоды 2010 г. и 2011 г. доминирующий комплекс формировался малым числом видов зоопланктона, являющихся, к тому же, индикаторами загрязненных и эвтрофных вод. В 2012 г. в доминирующий комплекс входило большее число видов (3—5), наблюдалась смена доминирующих видов от июня к августу.

Важным показателем для характеристики сообщества является соотношение различных групп зоопланктона. Доля коловраток в общей численности зоопланктона в июне 2010 г. составляла 70%, ветвистоусых ракообразных — 28% и веслоногих — только 2%. В июле доля коловраток увеличилась и достигала 92%, Cladocera и Copepoda — по 4%. В августе по численности преобладали Cladocera (61% общей численности), доля коловраток составила 34%, веслоногих раков — 4,2%. По биомассе в июне 2010 г. преобладали ветвистоусые ракообразные (75% общей биомассы), доля коловраток составляла почти 25%. В июле преобладали коловратки (80%), ветвистоусых и веслоногих было соответственно 17 и 2%. В августе преобладали Cladocera (64%), доля Copepoda составила 31% общей биомассы.

Другое соотношение групп зоопланктона наблюдалось в 2011 г. Коловратки преобладали только в июне, их доля составляла 89% численности. В июле доля коловраток снизилась до 5,5%, но существенно возросли доли веслоногих и ветвистоусых ракообразных (соответственно до 60 и 34,5%). В августе распределение групп было более равномерным: доля коловраток составляла 47,4%, Cladocera — 19,5% и Copepoda — 33%. Аналогично распределялась и биомасса групп зоопланктона.

В июне 2012 г. по численности преобладали ветвистоусые ракообразные (45,1% общей численности), доля веслоногих составила 24,8%, коловраток — 2,7%. В июле преобладали веслоногие ракообразные (51,6% общей численности), доля ветвистоусых рачков была чуть меньше (45,6%), коловраток — 28%. В августе преобладали ветвистоусые ракообразные (48,4%), доли коловраток и веслоногих ракообразных были примерно равны и составили соответственно 26,7 и 24,8%. Преобладание ветвистоусых рачков прослеживается по величине доли этой группы в общей биомассе. Величина этого показателя составляла 80, 75 и 79,6% соответственно в июне, июле и августе. Доля веслоногих ракообразных в общей биомассе составляла 19,1, 24,2 и 8,8% соответственно в июне, июле и августе. Доля коловраток в июне и июле была менее 1% общей биомассы, а в августе — 11,5%.

Таким образом, в 2010 г. в сообществе была велика доля коловраток, что является показателем эвтрофирования и загрязнения. В июле и августе 2011 г. и в 2012 г. возросла доля ракообразных, особенно ветвистоусых, а доля коловраток снизилась.

Для характеристики структуры сообщества мы использовали индексы видового разнообразия Шеннона и индекс доминирования Симпсона. Средние по месяцам значения индекса видового разнообразия изменялись от  $1,52 \pm 0,75$  (июль 2011 г.) до 2,78 бит/экз. (август 2010 г.) (таблица). В соответствии с классификацией И. Н. Андрониковой [3], значения индексов в большинстве случаев относят водоток к эвтрофному типу (? 2 бит/экз). Средние значения индекса в нижнем течении реки (ст. 4—6) были выше, чем в верхнем (ст. 1—3), что, возможно, связано с изменением гидрологических параметров, снижением скорости течения реки, приближением условий к озерным вследствие подпора водохранилища. Аналогично изменялись и значения индекса Симпсона (см. таблицу). Значения индексов изменялись по годам и были наиболее низкими с июня 2011 г. по июнь 2012 г. Вероятно, это характеризует отклик сообщества на экстремальное воздействие в 2010 г.

Сопоставление полученных данных с литературными сведениями [2] позволяет сделать вывод о том, что снижение популяционной плотности и адаптационной способности видов вполне может быть вызвано температурным воздействием 2010 г. Слабые температурные воздействия способны нарушить согласование жизненных циклов видов и привести к изменению видового состава [2]. Значения индекса видового разнообразия в июле и августе 2012 г. характеризуют структуру сообщества как менее нарушенную и соответствуют мезотрофным водоемам.

Численность зоопланктона за период исследований изменялась по станциям от 0,82 тыс. экз/м<sup>3</sup> (август 2010 г.) до 232,34 тыс. экз/м<sup>3</sup> (июнь 2011 г.) (рис. 1), биомасса — от 0,004 г/м<sup>3</sup> (август 2010 г.) до 3,19 г/м<sup>3</sup> (июль, 2012 г.) (рис. 2). В июне 2010 г. количественные показатели развития зоопланктона были наиболее высоки, снизились в июле и, особенно, в августе 2010 г.

Изучение пространственного распределения зоопланктона показало постепенное нарастание величин количественных показателей от верхних участков к нижним. На ст. 6, расположенной наиболее близко к водохрани-

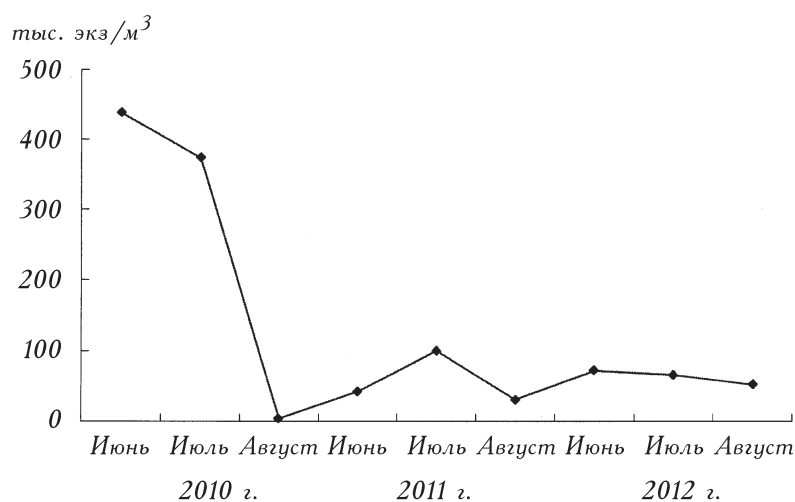
**Значения индексов Шеннона ( $H$ ), Симпсона ( $C$ ), сапробности ( $S$ ), рассчитанные по численности**

| Периоды исследований |        | $H$ , бит/экз.  | $C$             | $S$             |
|----------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 2010 г.              | Июнь   | $1,62 \pm 0,13$ | $0,49 \pm 0,36$ | $1,83 \pm 0,03$ |
|                      | Июль   | $1,92 \pm 0,19$ | $0,64 \pm 0,06$ | $1,87 \pm 0,12$ |
|                      | Август | $2,78 \pm 0,05$ | $0,83 \pm 0,00$ | $1,74 \pm 0,04$ |
| 2011 г.              | Июнь   | $1,85 \pm 0,20$ | $0,59 \pm 0,07$ | $1,92 \pm 0,06$ |
|                      | Июль   | $1,52 \pm 0,75$ | $0,46 \pm 0,23$ | $1,65 \pm 0,08$ |
|                      | Август | $1,74 \pm 0,46$ | $0,59 \pm 0,09$ | $1,69 \pm 0,14$ |
| 2012 г.              | Июнь   | $1,73 \pm 0,75$ | $0,48 \pm 0,22$ | $1,63 \pm 0,07$ |
|                      | Июль   | $2,43 \pm 0,18$ | $0,76 \pm 0,03$ | $1,58 \pm 0,03$ |
|                      | Август | $2,14 \pm 0,70$ | $0,63 \pm 0,21$ | $1,62 \pm 0,09$ |

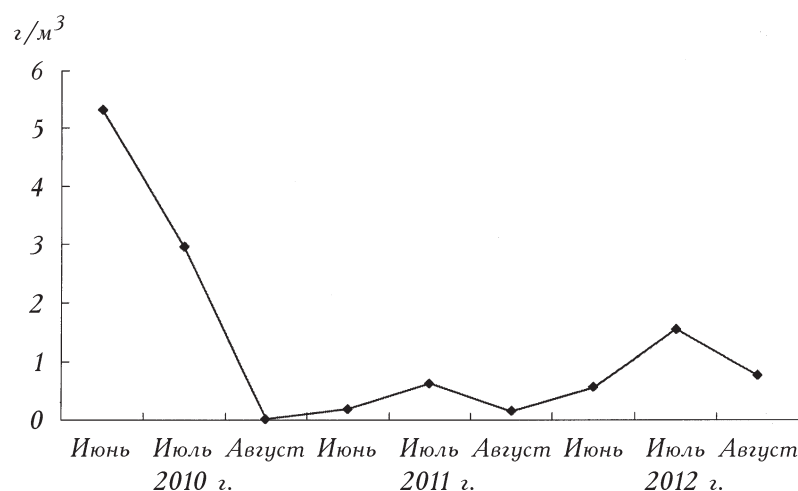
лищу, наблюдалось резкое увеличение значений численности и биомассы зоопланктона. Это обусловлено изменением гидрологических характеристик реки под воздействием водохранилища, а именно, замедлением скорости течения и увеличением глубин.

Значения индекса сапробности изменялись от 1,47 (ст. 1, август 2012 г.) до 2,03 (ст. 2, июнь 2011 г.). По результатам исследований 2010—2012 гг. данный участок реки является в-мезосапробным (умеренно-загрязненным). Качество воды в реке снижается от верхних участков к нижним, что связано с усиливающимся антропогенным воздействием на территории города. На станциях, расположенных в месте воздействия гидромеханизированных работ, сточных вод ливневой канализации, наблюдалось увеличение значений индекса сапробности, что свидетельствует об ухудшении условий обитания организмов зоопланктона. Исследованиями выявлена тенденция повышения качества воды в реке после аномально жаркого лета 2010 г., которая выразилась в снижении значений индекса сапробности.

Таким образом, в результате наших исследований были выявлены изменения в структуре сообщества зоопланктона в аномальных климатических условиях. В период аномально жаркого лета произошло упрощение структуры сообщества, которое характеризовалось снижением количества видов, уменьшением числа доминирующих видов, преобладанием в сообществе коловраток. Как известно, коловратки, вследствие низкого уровня организации, наименее чувствительны к воздействию загрязняющих веществ и их преобладание в сообществе указывает на неблагоприятные условия обитания [3]. Появление видов — индикаторов эвтрофных вод, увеличение роли коловраток в сообществе — все эти признаки характерны также для процесса эвтрофирования. Сходство изменений, происходящих в сообществе вследствие потепления климата, с таковыми при эвтрофировании было описано в литературе ранее [17—19]. Наши исследования подтвердили эти наблюдения. Многократное увеличение встречаемости коловраток р. *Brachionus* отмечали также в 2010 г. в Горьковском и Чебоксарском водохранили-



1. Средние значения численности ( $N$ , тыс. экз/м<sup>3</sup>) зоопланктона р. Казанки в 2010—2012 гг.



2. Средние значения биомассы ( $B$ , г/м<sup>3</sup>) зоопланктона р. Казанки в 2010—2012 гг.

цах [6]. В этих водохранилищах также было отмечено увеличение биомассы зоопланктона, причем преобладали Cladocera, особенно в озеровидных плесах [6]. Наши исследования также показали увеличение количественных показателей зоопланктона в июне и июле, но резкое снижение в августе 2010 г., но доля ракообразных в сообществе была низкой. По нашему мнению, кроме воздействия повышенных температур, это может быть связано с сильным антропогенным воздействием на р. Казанку, следствием которого стало снижение качества воды в реке, что могло способствовать снижению количественных показателей зоопланктона, особенно ракообразных. В целом, результаты наших исследований согласуются с опубликованными данными.



### Заключение

Исследования показали, что в аномально засушливый год видовое богатство зоопланктона было наименьшим. В сообществе доминировали, главным образом, коловратки р. *Brachionus*, наиболее устойчивые к воздействию загрязняющих веществ. Из групп зоопланктона обычно преобладали коловратки. Произошло упрощение структуры сообщества, что характеризует условия, сложившиеся для зоопланктона, как экстремальные. В 2011—2012 гг. увеличилось количество видов в сообществе, число доминирующих видов, изменился состав доминирующих видов и соотношение групп зоопланктона. Все это говорит о постепенном восстановлении структуры сообщества зоопланктона.

В засушливые годы, в связи со снижением расхода воды, существенно увеличивается нагрузка от поступающих в водные объекты сточных вод антропогенного происхождения. Для уменьшения неизбежных негативных последствий необходимо снижать антропогенную нагрузку и проводить гидротехнические мероприятия, способствующие восстановлению реки. Выявленные тенденции можно использовать в экологическом прогнозировании последствий климатических изменений для малых рек умеренной зоны.

\*\*

*Глобальне потеплення — одна з особливостей змін клімату в сучасний період. Довготривалі періоди з аномально високими температурами та відсутність опадів викликають збільшення мінералізації води та рівня забруднення. Це призводить до того, що в угрупованні зоопланктону відбувається зниження видового багатства, зміна домінуючих видів, скорочення чисельності та зміна структури, знижується здібність водних екосистем до самоочищення. В наступні роки відбувається поступове відновлення угруповання. Для малої річки помірної зони період відновлення зоопланктону становить близько двох років.*

\*\*

*The global warming is one of the features in the climate change in the modern period. During our investigations it was found that prolonged periods of abnormally high temperature and absence of precipitation causes an increase in salinity and pollution levels. This causes a decrease in species richness, density and reduction of changing the structure of zooplankton communities. This reduces the ability of aquatic ecosystems to cleanse itself. Gradual recovery of zooplankton communities occur in the following years. The recovery period for the zooplankton community of the small river in the moderate temperate zone is about two years.*

\*\*

1. Александров С. В. Влияние климатических изменений на уровень эвтрофирования Куршского залива // Вест. Балт. фед. ун-та. — 2010. — Вып. 1. — С. 49—57.
2. Алексеев В.Р., Хозяйкин А.А. Трансформация сезонных циклов у ветвистоусых ракообразных при слабом температурном воздействии // Тр. Зоол. ин-та РАН. — 2009. — Т. 13, № 1. — С. 10—22.



3. *Андроникова И.Н.* Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических уровней. — СПб.: Наука, 1996. — 189 с.
4. *Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах.* — М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2004. — 436 с.
5. *Дубовская О.П., Котов А.А., Коровчинский Н.М. и др.* Зоопланктон озер отрогов плато Путорана и прилегающих территорий (север Красноярского края)// Сиб. экол. журнал. — 2010. — Т. 4. — С. 571—608.
6. *Копылов А.И., Лазарева В.И., Минеева Н.М. и др.* Влияние аномально высокой температуры воды на развитие планктонного сообщества водохранилищ Средней Волги летом 2010 г. // Докл. РАН. — 2012. — Т. 442, № 1. — С. 133—135.
7. *Макаревич П.Р., Ишулов Д.Г.* Структура и видовое разнообразие пелагических и донных биоценозов Баренцева моря в условиях меняющегося климата// Вестник МГТУ. — 2010. — Т. 13, № 4/1. — С. 633—640.
8. *Макрушин А.В.* Биологический анализ качества вод / Под ред. Г. Г. Винберга. — Л.: Зоол. ин-т АН СССР, 1974. — 60 с.
9. *Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция.* — Л.: ГосНИОРХ, Зоол. ин-т АН СССР, 1982. — 33 с.
10. *Мингазова Н.М., Деревенская О.Ю., Мухачев С.Г. и др.* Мониторинг состояния р. Казанка в г. Казани и разработка компенсационных мероприятий// Экология урбанизированных территорий. — 2013. — № 2. — С. 121—126.
11. *Мингазова Н.М., Павлова Л.Р.* Общая гидрологическая и гидрохимическая характеристика р. Казанка и притоков// Экология г. Казани. — Казань: Фэн, 2005. — С. 104—112.
12. *Нигматуллин Р.И.* Заметки о глобальном климате и океанических течениях// Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. — 2012. — Т. 48, № 1. — С. 37—44.
13. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации.* — М.: Росгидромет, Т. 2, 2008. — 288 с.
14. *Переведенцев Ю.П., Салахова Р.Х., Наумов Э.П., Шанталинский К.М.* Динамика термического режима городов Казани и Ульяновска// Уч. зап. Казан. ун-та. — 2006. — Т. 148, кн. 2. — С. 131—143.
15. *Ривьер И. К.* Холодноводный зоопланктон озер бассейна Верхней Волги — Ижевск: Издатель Пермяков С.А., 2012. — 380 с.
16. *Труды всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сент. — 3 окт. 2003 г.* — М.: Новости, 2004. — 624 с.
17. *Blenckner T., Adrian R., Livingstone D.M., et al.* Large-scale climatic signatures in lakes across Europe: a meta-analysis // Global Change Biol. — 2007. — Vol. 13, Iss. 7. — P. 1314—1326.
18. *Hampton S.E., Izmest'eva L.R., Moore M.V. et al.* Sixty years of environmental change in the world's largest freshwater lake — Lake Bikal, Siberia // Ibid. — 2008. — Vol. 14, Iss. 8. — P. 1947—1958.

19. *Jackson L.J., Lauridsen T.L., Sondergaard M., Jeppesen E.* A comparison of shallow Danish and Canadian lakes and implication of climate change // *Freshwat. Biol.* — 2007. — Vol. 52. — P. 1782—1792.
20. *Shannon C.E., Weaver W.* The mathematical theory of communication. — Urbana: Univ. Illinois press, 1965. — 117 p.
21. *Sladeček V.* System of water quality from biological point of view// *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebnisse der Limnologie.* — 1973. — Vol. 7 — 218 p.

<sup>1</sup> Казанский (Приволжский)  
федеральный университет, РФ

<sup>2</sup> Первый Московский государственный  
медицинский университет, РФ

Поступила 21.10.14