

УДК 574.522 (282.256.138)

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА МАКРОФИТОВ И ЗООПЛАНКТОНА
ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ НОВОСИБИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В 2013 Г.****Зарубина Е.Ю., Ермолаева Н.И.***Институт водных и экологических проблем СО РАН (ИВЭП СО РАН),
Барнаул, e-mail: zeur11@mail.ru*

Проведен анализ сезонной динамики макрофитов и зоопланктона в литорали Новосибирского водохранилища. Показано, что наибольшее видовое разнообразие и продуктивность биоценозов наблюдаются в фазу летней стабилизации уровня. Отмечена приуроченность отдельных групп и видов зоопланктона к зарослям макрофитов.

Ключевые слова: зоопланктон, макрофиты, литораль, водохранилище, сезонная динамика**SEASONAL DYNAMICS OF MACROPHYTES AND ZOOPLANKTON IN THE
LITTORAL ZONE OF THE NOVOSIBIRSK RESERVOIR IN 2013****Zarubina E.Y., Ermolaeva N.I.***Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, e-mail: zeur11@mail.ru*

The analysis of seasonal dynamics of macrophytes and zooplankton in the littoral of Novosibirsk Reservoir was carried out. It has been shown that the highest species diversity and productivity of biocenosis are observed in the phase of summer stabilization. The association of individual groups and species of zooplankton with some macrophytes was found.

Keywords: zooplankton, macrophytes, littoral, reservoir, seasonal dynamics

Литоральная зона водоемов находится на границе двух систем – водной и наземной – и отличается особым режимом функционирования биоценозов, связанным с приспособлением организмов к постоянно меняющимся условиям окружающей среды. Здесь сильнее всего проявляются последствия динамического воздействия водной массы и создаются специфические температурные условия. Литоральная зона характеризуется наибольшим биоразнообразием и биопродуктивностью.

Существование литоральной зоны оказывает значительное влияние на распределение, структуру и функционирование зоопланктона. Ключевую роль здесь играют заросли высшей водной растительности, в которых создаются особые световые, температурные, гидрохимические, гидродинамические и трофические условия [5].

Литораль водохранилищ, в отличие от литорали естественных водоемов, существует в условиях воздействия «искусственного» уровня режима. Это проявляется в быстроте подъема и падения уровня воды, неестественных его изменениях по сезонам года и большой амплитуде колебаний, что приводят к изменениям площади, объема и конфигурации литоральной зоны [1].

Новосибирское водохранилище, расположенное на р. Обь, – крупнейшее в Западной Сибири. Площадь его акватории составляет 1089 км²; длина – около 180 км, максимальная ширина – 17 км, средняя глубина – 8,2 м. Уровненный режим водохрани-

лища в течение года характеризуется тремя основными фазами:

- 1) интенсивное повышение уровня воды в результате весеннего половодья;
- 2) летняя стабилизация уровня на отметке НПУ;
- 3) осенне-зимняя сработка.

Режим уровней в различных частях водохранилища существенно отличается: в период половодья в верховьях отмечается значительный подъем уровня воды, по мере движения от выклинивания подпора к плотине происходит распластывание паводочной волны [4].

Площадь ежегодно осушаемой литорали Новосибирского водохранилища при проектной сработке уровня составляет около 350 км² (33,6% акватории). Из-за широкого распространения абразионных берегов (более 30% периметра) и нестабильности грунтов она неблагоприятна для развития высшей водной растительности, которая встречается лишь в заливах и на защищенных заостровных участках мелководий [2].

В данной статье целью исследования является выявление особенностей распространения и сезонной динамики макрофитов и зоопланктона в открытой и зарастающей литорали крупного равнинного водохранилища Сибири.

Материалы и методы исследования

В 2013 г. были проведены комплексные экспедиционные исследования литорали Новосибирского водохранилища, охватившие все основные фазы его уровня режима: весеннее наполнение (4–7 июня),

летняя стабилизация (13–20 августа), начало осенне-зимней сработки (7–9 октября). Пробы отбирались по трансекте от открытой части водоема к берегу с учетом основных типов зарослей, глубин и донных отложений. Измерялась температура воды, определялись видовой состав, численность и биомасса зоопланктона. Кроме того, на зарастающих мелководьях исследовались состав, структура, плотность зарослей и биомасса макрофитов. Исследования проводились стандартными методами [3] на ключевых участках: Крутихинское мелководье (верхняя часть водохранилища), Ирменский плес (нижняя часть водохранилища) и Бердский залив.

По степени защищенности от ветро-волновой деятельности участки литорали были разделены на открытые и защищенные, по степени зарастания макрофитами – на зарастающие и не зарастающие.

Результаты исследования и их обсуждение

Температурный режим. Весной участки защищенной литорали прогревались значительно быстрее, чем открытой. Температура воды в защищенной литорали на всех участках в среднем составила $17,6 \pm 1,1^\circ\text{C}$, в то время как в открытой не превышала

$14,9 \pm 0,4^\circ\text{C}$, а в поверхностном слое пелагиали – $15,2 \pm 0,2^\circ\text{C}$ (табл. 1). Максимальные значения ($20,9^\circ\text{C}$) отмечены в Бердском заливе в зарослях рогоза узколистного, минимальные ($13,0^\circ\text{C}$) – в открытой литорали в нижней части водохранилища на Ирменском мелководье. В целом весной прогревание воды в литорали водохранилища происходило в направлении от верховьев к плотине и от защищенных участков литорали к открытым (табл. 1).

В августе температура воды в литорали водохранилища была более однородна. На защищенной зарастающей литорали она составила в среднем $20,7 \pm 0,4^\circ\text{C}$, на открытой – $21,3 \pm 0,1^\circ\text{C}$, а в поверхностном слое пелагиали – $21,7 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Максимальная температура воды, как и в июне, отмечена в Бердском заливе ($22,6^\circ\text{C}$). При этом температура воды в зарослях рогоза узколистного была несколько выше, чем в зарослях болотного цветника, что, вероятно, связано со значительным затенением воды плавающими на поверхности листьями.

Таблица 1

Сезонные изменения температуры ($^\circ\text{C}$) воды в литорали Новосибирского водохранилища, 2013 г.

Тип литорали/Участки	Зарастающая литораль		Открытая литораль	Пелагиаль	
	Рогоз	Болотногоцветник			
Июнь					
Крутихинское мелководье	17,2	15,4	14,7	14,5	15,7
Ирменское мелководье	15,2	16,0	13,3	13	-
Бердский залив	20,9	16,4	15,7	15,6	14,6
Август					
Крутихинское мелководье	21,0	20,9	21,1	21,1	21,5
Ирменское мелководье	19,6	19,8	21,1	21,1	21
Бердский залив	22,4	21,4	21,8	21,6	22,6
Октябрь					
Крутихинское мелководье	5,2	5,3	6,7	6,8	-
Бердский залив	7,6	7,6	8,1	8,1	8

В октябре отмечался активный процесс охлаждения воды, при этом в зарастающей литорали вода охлаждалась быстрее, чем в открытой литорали и пелагиали. Этот процесс был более выражен в верховьях водохранилища, где в октябре температура воды в зарослях рогоза и болотного цветника составляла $5,2\text{--}5,3^\circ\text{C}$, а в открытой литорали – $6,7\text{--}6,8^\circ\text{C}$. В то же время в Бердском заливе температура воды в зарослях рогоза и болотного цветника была $7,6^\circ\text{C}$, в открытой литорали – $8,1^\circ\text{C}$, а в поверхностном слое пелагиали – 8°C .

Высшая водная растительность. Весной в период исследований значительная часть береговой полосы в верховьях водо-

хранилища была затоплена, в то время как в нижней части и в Бердском заливе уровень воды был еще очень низок. На затопленных берегах доминировали осоково-злаковые сообщества. Прибрежно-водная растительность была представлена разреженными зарослями тростника (*Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud.) и рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.), включающими большое количество прошлогодней ветоши. Плотность в сообществах рогоза колебалась в пределах $24\text{--}36$ экз./м², при проективном покрытии $10\text{--}25\%$. Величина биомассы, образованной к этому времени рогозом, была также невысокой и составляла всего $66,7\text{--}84,0$ г/м² в воздушно-сухом весе.

Водные погруженные растения были представлены всходами (высотой 5–7 см) гидриллы (*Hydrilla verticillata* (L. fil.) Royle), роголистника (*Ceratophyllum demersum* L.) и рдестов гребенчатого и пронзеннолистного (*Potamogeton pectinatus* L. и *P. Perfoliatus* L.). Среди плавающих укореняющихся растений доминировал болотноцветник (*Nymphoides peltata* S.G. Gmel.), образующий небольшие разреженные пятна с проективным покрытием около 15%. Высота растений составляла в среднем $24,2 \pm 3,0$ см (Крутихинское мелководье) и $22,0 \pm 5,5$ см (Бердский залив), биомасса не превышала 24 и 18,7 г/м² соответственно. На поверхности воды между розетками болотноцветника и вдоль берегов встречены скопления нитчатых макроводорослей, проективное покрытие в сообществах которых достигало 60%.

К середине лета высшая водная растительность достигла максимального видового разнообразия и биомассы. Среди прибрежно-водных растений доминировали сусак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), рогоз узколистный и тростник южный. Эти виды образовывали обширные заросли в многочисленных протоках верхней части водохранилища, а также вдоль островов и берегов в нижней части (Ирменское мелководье) и Бердском заливе. Плотность зарослей рогоза составляла от 40 до 76 экз./м², высота растений колебалась в пределах $207,3 \pm 13,2$ см. Максимальная биомасса рогоза была отмечена в Бердском заливе – 1512 г/м², минимальная – на Ирменском мелководье – 524 г/м². Плотность зарослей тростника была значительно выше, чем рогоза (от 100 до 188 экз./м² при высоте растений от 100 до 203 см (в среднем $161,8 \pm 13,2$ см)), а биомасса не превышала биомассу ценозов рогоза (от 840 до 1192 г/м²). Среди плавающих укореняющихся растений, как в июне, доминировал болотноцветник, однако проективное покрытие в его сообществах к началу августа достигало уже 80–90%. Максимальная величина образованной им биомассы отмечена в Бердском заливе (176 г/м²), минимальная – в нижней части водохранилища (72 г/м²), в среднем биомасса в сообществах болотноцветника в августе составила $132 \pm 20,2$ г/м². Среди погруженных растений в водохранилище доминировали различные виды рдестов (*Potamogeton lucens* L., *P. Perfoliatus* L. и *P. Pectinatus* L.), а в Бердском заливе – роголистник и гидрилла. Величина биомассы в этих сообществах составила от 456 г/м² (рдест пронзеннолистный) до 656 г/м² (гидрилла + роголистник).

В октябре среди прибрежно-водной и водной растительности уже начались ак-

тивные процессы отмирания и разложения. При этом, если прибрежно-водные растения находились еще в фенологической фазе осыпания плодов и семян, то водные растения – в фазе отмирания. По сравнению с августом величина биомассы рогоза в Бердском заливе уменьшилась почти в 2 раза (до 788 г/м²), а в верховьях напротив увеличилась в 1,5 раза (до 1204 г/м²), при этом плотность зарослей и высота растений практически не изменились. Проективное покрытие в сообществах болотноцветника не превышало 20–25%, величина биомассы снизилась почти в 2 раза, до 84 г/м² в верховьях и 92 г/м² в Бердском заливе. Биомасса рдеста пронзеннолистного в верховьях не превышала 68 г/м² (против 456 г/м² в августе), а гидрилла и роголистник в Бердском заливе практически разложились. На основании этого можно заключить, что в условиях юга Западной Сибири прибрежно-водные и водные растения достигают максимума своего развития к началу-середине августа, а к середине сентября уже начинают отмирать.

Зоопланктон. В 2013 г. в зарастающей литорали было обнаружено 44 вида зоопланктона, на открытой литорали – 35 видов. По числу видов доминировали коловратки, а по биомассе – веслоногие рачки, представленные в основном представителями Cyclopoidea.

Температурный режим и особенности зарастания литорали оказали значительное влияние на сезонную динамику зоопланктона. В период весеннего наполнения он был представлен в основном коловратками (до 15 видов в пробе в зарослях и до 19 на открытой литорали) и науплиальными стадиями циклопов. В верховьях в зарослях рогоза зоопланктон достигал численности 509 тыс. экз./м³ и биомассы до 1100 мг/м³, тогда как на открытой литорали эти показатели составили 82 тыс. экз./м³ и 200–270 мг/м³ соответственно. В зарослях рогоза, кроме обнаруженных во всех биотопах *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller) и *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), получили значительное развитие *Alona affinis* (Leydig), *A. (Coronatella) rectangula* Sars и *Daphnia pulex* Leydig. В нижней части водохранилища в зарастающей литорали численность зоопланктона составила 770 тыс. экз./м³ при биомассе 1900 мг/м³, тогда как на участках открытой воды эти показатели были 300 тыс. экз./м³ и 700 мг/м³ соответственно. в зарослях болотноцветника значительной численности достигали *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin), *Moina brachiata* (Jurine), *Leptodora kindtii* (Focke) и представители р. Diaptomus. В Бердском

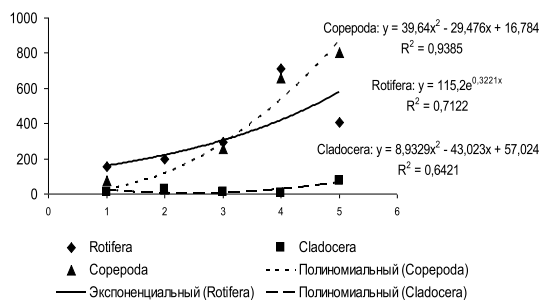
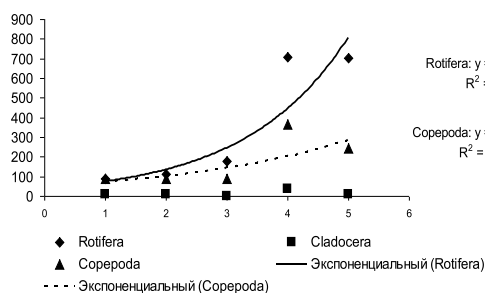
заливе в зарастающей литорали численность зоопланктона была значительно выше, чем на других участках и достигала 1360 тыс. экз./м³ при биомассе 1400 мг/м³, а в открытой литорали не превышала

600 тыс. экз./м³ и 550 мг/м³ соответственно. Только в зарастающей литорали встречались *M. brachiata*, *Phrixura (Disparalona) rostrata* (Koch) и *Pleuroxus (Picripleuroxus) striatus* Schödler.

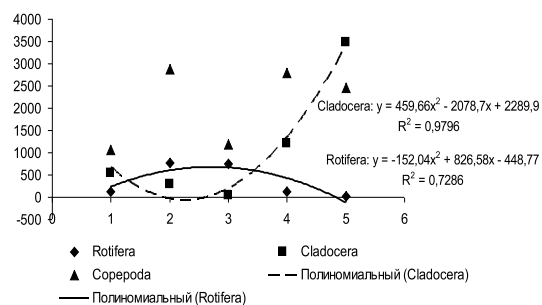
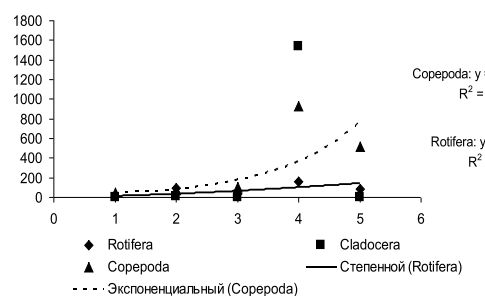
Крутихинское мелководье

Бердский залив

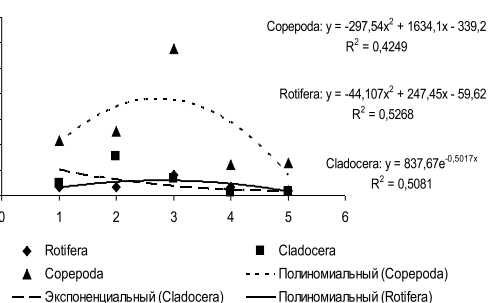
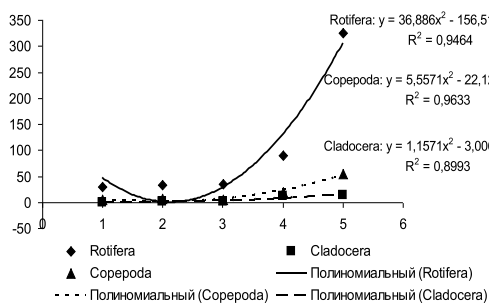
июнь 2013



август 2013



октябрь 2013



Изменение биомассы различных групп зоопланктона в литоральной зоне Новосибирского водохранилища в 2013 г.

Примечание: 1 – пелагиаль, 2, 3 – открытая литораль, 4 – заросли болотноцветника, 5 – заросли рогоза.

В августе основу зоопланктона по численности в верхней части водохранилища составляли коловратки, в нижней – ветвистоусые и веслоногие. В верховьях в зарастающей литорали численность зоопланктона достигала 400 тыс. экз./м³, а биомасса – 2650 мг/м³, в то время как в от-

крытой части – 90 тыс. экз./м³ и 170 мг/м³ соответственно. В зарослях рогоза отмечено максимальное видовое разнообразие Rotifera (22 вида), а в зарослях болотноцветника – Cladocera (12 видов). Только в зарастающей литорали отмечены *Lecane luna* (Müller), *Proales* sp., *Trichotria truncata*

(Whitelegge), *Platyonus (Platyas) patulus* (Müller), виды р. *Trichocerca*, *Iliocryptos sordidus* (Lievin), *Pleuroxus trigonellus* (O.F. Müller), *Sida crystallina* (O.F. Müller). В нижней части водохранилища максимальное развитие Rotifera и Cladocera наблюдалось в зарослях макрофитов. В Бердском заливе в зарослях рогоза многочисленными были крупные фитофильные ветвистоусые: *Peracantha truncata* (O.F. Müller), *Scapholeberis mucronata* (O.F. Müller), *S. erinaceus* Daday, *Acroperus harpae* (Baird). Численность зоопланктона в зарослях колебалась в пределах 890–1190 тыс. экз./м³, биомасса – от 4150 до 5950 мг/м³, на открытой мелководье – от 500 до 700 тыс. экз./м³ и от 1980 до 3930 мг/м³.

В октябре отмечается значительное снижение видового разнообразия зоопланктона (12–14 видов в пробе). По численности и биомассе, как и в период наполнения водохранилища, доминировали коловратки и ветвистоусые рачки. В верхней части водохранилища по-прежнему наибольшие показатели численности и биомассы зоопланктона (130–410 тыс. экз./м³ и 120–330 мг/м³) отмечены в зарастающей литорали, тогда как в открытой они ниже, чем в период наполнения (42–36 тыс. экз./м³ и 40 мг/м³). В нижней части водохранилища, напротив, максимальные показатели отмечены в открытой литорали (450–570 тыс. экз./м³ и 2200–3600 мг/м³), тогда как минимальные – в зарастающей (230–380 тыс. экз./м³ и 800 мг/м³), что, возможно, связано с разложением растительности.

Численность и биомасса различных групп зоопланктона в градиенте показателей на трансектах в различные гидрологические сезоны на разных участках водохранилища изменялись не однотипно. Так, в верхней части водохранилища во все сезоны наблюдался рост количественных показателей зоопланктона (главным образом за счет Rotifera и Сорерода) от пелагиали к зарослям полупогруженной растительности. В то время как в Бердском заливе такая картина наблюдалась только в июне. В августе при максимальном развитии зоопланктона у Cladocera минимальные показатели численности и биомассы отмечены в открытой литорали, а максимальные – в зарослях рогоза, тогда как для Rotifera максимальная численность и биомасса были приурочены к открытой литорали. В октябре, как уже было отмечено, все группы зоопланктона снижали свою численность и биомассу по направлению от пелагиали к берегу (рисунок).

Заключение

В литоральной зоне водохранилища создаются специфические температурные ус-

ловия, которые характеризуются широкой сезонной амплитудой колебаний. Весной эффект распластывания паводочной волны по мере движения от выклинивания подпора к плотине приводит к более активному прогреванию воды в литорали верхней части водохранилища и более быстрому развитию зоопланктона и макрофитов, по сравнению с нижней частью. Зарастающие мелководья прогреваются быстрее и становятся местами повышенной концентрации гидробионтов, здесь отмечены максимальные для этого периода количественные показатели зоопланктона. Таким образом, весной прогревание воды в литорали водохранилища происходит в направлении от верховьев к плотине и от защищенных участков литорали к открытым.

Наибольшее видовое разнообразие и продуктивность биоценозов в литоральной зоне водохранилища отмечены в фазу летней стабилизации уровня. Этот период характеризуется максимальным развитием макрофитов. Наиболее продуктивными по величине образуемой макрофитами биомассы являются верховья водохранилища и Бердский залив. В это время в зарослях макрофитов отмечены максимальные количественные показатели и максимальное видовое разнообразие зоопланктона. Причиной предпочтения зоопланктоном зарастающих участков литорали в теплое время года, вероятнее всего, являются как более стабильные гидрофизические, так и благоприятные трофические условия.

В фазу осенне-зимней сработки водохранилища биомасса макрофитов снижается более чем в 2 раза. Отмечается значительное снижение видового разнообразия, численности и биомассы зоопланктона, максимальные показатели отмечены в открытой литорали, минимальные – в зарастающей, что, возможно, связано с разложением растительности.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №13-05-00937.

Список литературы

1. Авакян А.Б., Ривьер И.К. Уровенный режим как фактор становления и функционирования экосистем водохранилищ // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27, №4. – С. 389–399.
2. Новосибирское водохранилище: научно-информационное издание / отв. ред. А.А. Атавин, П.А. Попов, Л.М. Киприянова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 47 с.
3. Руководство по гидробиологическому мониторингу речесносовых экосистем. – С.-Пб: Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
4. Савкин В.М., Двуреченская С.Я. Влияние многолетних изменений гидролого-гидрохимического режима Новосибирского водохранилища на экологические условия водопользования // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 4. – С. 663–669.
5. Зоопланктон литоральной зоны озер разного типа / Семенченко В.П., Разлуцкий В.И., Бусева Ж.Ф., Палаш А.Л. – Минск: Беларус. наука, 2013. – 172 с.