

УДК 574.583(282.2):591

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

А.В. Крылов, А.И. Цветков, М.И. Малин

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

Поступила в редакцию 02.10.08 г.

Вертикальное распределение зоопланктона малой реки. – Крылов А.В., Цветков А.И., Малин М.И. – Показано, что в глубоководном участке зоны свободного течения реки и во фронтальной области зоны выклинивания подпора ее вод наблюдается вертикальное расслоение водных масс и неравномерное распределение сообществ зоопланктона. Наиболее плотные скопления зафиксированы в придонном слое, где отмечено снижение температуры воды, содержания растворенного кислорода и увеличение электропроводности воды. Среди возможных причин такого распределения названо проявление «эффекта второго дна», создаваемого водой большей плотности.

Ключевые слова: зоопланктон, малая река, численность, биомасса, вертикальное распределение.

Vertical distribution of the zooplankton of a small river. – Krylov A.V., Tsvetkov A.I., and Malin M.I. – A vertical stratification of water mass and a non-uniform distribution of zooplankton communities were observed at a deep-water site of the free watercourse zone and in the frontal area of the backup water pinch zone. The most density of zooplankton accumulation has been fixed in the near-bottom layer, where decreases of the water temperature and the content of dissolved oxygen, and an increase of the electroconductivity of water are noted. Among probable causes of such a distribution the «second-bottom effect» created by higher-density water is proposed.

Key words: zooplankton, small river, number, biomass, vertical distribution.

ВВЕДЕНИЕ

Существуют полярные взгляды по вопросу существования зоопланктона малых рек как полноценного сообщества. Часть ведущих гидробиологов считали, что малые реки – это экосистемы, которые характеризуются прозрачностью воды до дна, отсутствием истинного планктона и взрослых особей рыб (Лебедев, 2001). Однако то, что однозначно справедливо для горных и предгорных рек, нельзя механически относить к равнинным водотокам. Показано, что равнинные малые реки – системы, отличающиеся богатым разнообразием биотопов (Крылов, 2005; Экосистема малой реки..., 2007). Зоопланктон равнинных малых водотоков, скорость течения воды в которых не превышает 0.25 м/с, представляет собой устойчивые сообщества, существование которых поддерживается за счет субституционного и флуктуационного типов организации.

Исследования пространственной организации зоопланктона в малых реках, как правило, ограничивались изучением распределения сообществ по продольному профилю водотоков (Крылов, Завьялов, 2004; Крылов, 2005). Изучение аспектов го-

горизонтального распределения вполне оправданно, так как на большинстве участков течения малых рек глубины редко превышают 0.5 – 1.0 м. Однако на многих нарушенных водотоках существуют участки, характеризующиеся весьма значительными глубинами. Их происхождение и/или поддержание чаще всего связано с хозяйственной деятельностью человека. Кроме того, в устьевых областях малых притоков водохранилищ образуются зоны выклинивания подпора речных вод, в отдельных местах переходных (градиентных) участков которых наблюдается довольно четкое расслоение речных и водохранилищных вод по вертикали (Рохмистров, 1973; Цветков и др., 2008). Данные места мы определяем как фронтальные области.

Цель работы — изучить вертикальное распределение зоопланктона глубоководного участка в зоне свободного течения р. Ильдь и во фронтальной области зоны выклинивания подпора ее вод.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в мае, июле и сентябре 2008 г. на р. Ильдь – притоке 2-го порядка Волжского плеса Рыбинского водохранилища. В зоне свободного течения водотока участок глубиной до 6 м приурочен к мельничной запруде, действовавшей в первой половине прошлого века. Фронтальная область располагалась в верхней части градиентного участка зоны выклинивания подпора р. Ильдь. Пробы зоопланктона собирали с помощью планктобатов объемом 2.5 и 5 л. С каждого горизонта (от поверхности до дна через 1 м) процеживали 10 л воды через газ с размером ячеек 64 мкм, фиксировали 4%-ным формалином. Камеральную обработку проводили по стандартной методике (Методика изучения..., 1975). Зоопланктон оценивали по числу видов, численности, биомассе, обилию таксономических групп. С помощью портативного зонда «YSI-85» измеряли температуру, содержание растворенного кислорода и электропроводность воды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вертикальное распределение зоопланктона глубоководного участка в зоне свободного течения реки. Во все сроки исследований на глубине 5 м происходило снижение температуры, содержания растворенного кислорода и увеличение электропроводности воды (рис. 1, а, д, и). Наиболее яркие изменения электропроводности воды в придонном слое наблюдались летом и осенью. Скорость течения составляла 0.005 – 0.01 м/с, причем только в слое 0 – 2 м.

В мае в зоопланктоне обнаружено 10 видов беспозвоночных (7 коловраток, 3 ракообразных – 2 веслоногих и 1 ветвистоусый). Какого-либо значительного изменения видового состава на разных горизонтах не выявлено (рис. 1, б). Максимальные величины численности и биомассы живых организмов отмечены на глубине 5 м (рис. 1, в, з). Основу численности на всех горизонтах составляли коловратки, среди которых лидирующее положение занимали *Euchlanis dilatata* Ehrenberg и *Keratella quadrata* (Müller). На глубине 5 м из состава зоопланктона исчезала *Bosmina longirostris* (O.F. Müller), а лидирующее положение занимали веслоногие ракообразные за счет доминирования ювенильных и взрослых особей *Thermocyclops oithonoides*

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

(Sars). Основу биомассы на поверхности и на глубине 1 м составляли ветвистоусые рачки за счет развития *Bosmina longirostris*, на глубинах 2 – 5 м – веслоногие ракообразные при массовом развитии науплиусов и копеподитов циклопов (2 – 4 м), а также взрослых особей *Thermocyclops oithonoides* (5 м).

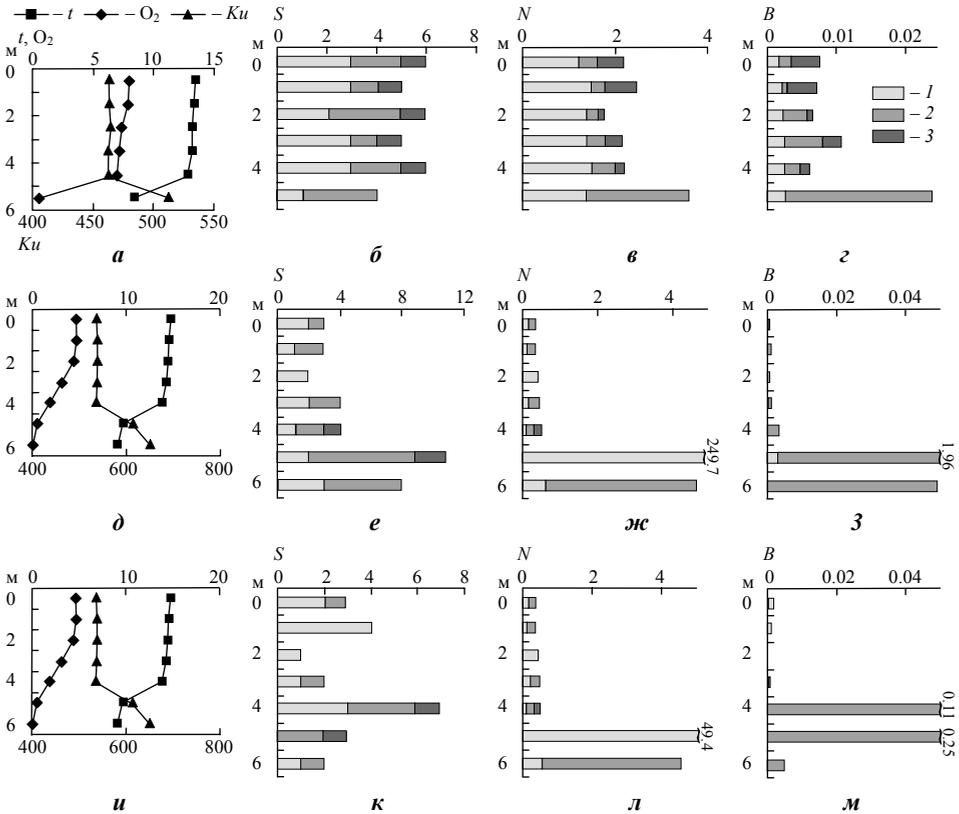


Рис. 1. Изменение температуры (t , °C), содержания растворенного кислорода (O_2 , мг/л), электропроводности (Ku , мкСм/см), числа видов (S), численности (N , тыс. экз./м³) и биомассы (B , г/м³) зоопланктона в столбе воды глубоководного участка р. Ильдъ в мае ($a - z$), июле ($d - z$) и сентябре ($u - m$): 1 – Rotatoria, 2 – Copepoda, 3 – Cladocera

В июле в составе зоопланктона зарегистрировано 18 видов беспозвоночных (7 коловраток, 8 веслоногих и 3 ветвистоусых ракообразных). Представители трех таксономических групп зоопланктеров отмечены на глубинах 4 и 5 м, на остальных горизонтах – только коловратки и веслоногие ракообразные (рис. 1, e). Наибольшее число видов, численность и биомасса зоопланктеров зафиксированы на 5 и 6 м (рис. 1, $d - z$). Основу численности составляли веслоногие ракообразные, причем на глубинах 0 – 4 м за счет доминирования науплиусов и копеподитов, на глубинах 5 и 6 м – *Thermocyclops crassus* (Fischer). Аналогичная картина наблюда-

лась и в распределении биомассы зоопланктеров, а среди доминантов на 5 и 6 м отмечены *Th. crassus* и *Macrocyclus albidus* (Jurine).

В сентябре в зоопланктоне обнаружено 14 видов беспозвоночных: 9 видов коловраток, 4 веслоногих и 1 ветвистоусых ракообразных. Основу видового разнообразия от поверхности до 3-х м составляли коловратки, лишь на глубине 4 и 5 м ведущее положение занимали ракообразные при максимальном числе видов на 4 м (рис. 1, к). Наибольшие численности и биомассы зарегистрированы также на 5 и 4 м, на остальных глубинах величины этих показателей были меньше в 32 – 123 и 20 – 2 590 раз соответственно (рис. 1, л, м). Основу численности в слое 0 – 3 м составляли коловратки за счет доминирования *Euchlanis dilatata*, *Conochilus unicornis* Rousselet, *Trichocerca tenuior* (Gosse), *Colurella uncinata* (Müller), в слое 4 – 6 м – веслоногие ракообразные при массовом развитии ювенильных особей циклопов. По биомассе коловратки господствовали в слое 0 – 2 м, в нижних слоях преобладали Copepoda, доминировали копепоиды и взрослые особи *Cyclops vicinus* Uljanin, *C. insignis* Claus, *Eudiaptomus gracilis* (Sars).

Вертикальное распределение зоопланктона во фронтальной области переходного участка зоны выклинивания подпора вод притока водохранилища. В конце гидрологической весны (май) от поверхности до дна происходило незначительное уменьшение температуры, в придонном слое – снижение содержания растворенного кислорода и увеличение электропроводности воды (рис. 2, а).

В зоопланктоне обнаружено 34 вида беспозвоночных: 14 видов коловраток, 12 веслоногих и 8 ветвистоусых ракообразных. Выраженных вариаций числа видов на разных горизонтах не выявлено (рис. 2, б). Максимальной численностью отличался зоопланктон на глубине 1 м. Основу численности на всех глубинах составляли веслоногие ракообразные за счет массового развития науплиусов и копепоидов Cyclopoida (рис. 2, в). Однако на горизонте 2 м происходило сокращение доли коловраток и увеличение доли ветвистоусых рачков, а наиболее ярко эти изменения проявились на глубине 3 м, где среди доминантов наряду с ювенильными особями циклопов отмечена *Daphnia galeata* G.O. Sars. Максимальная биомасса зарегистрирована в придонном слое воды (рис. 2, г). Основу биомассы на поверхности и глубине 1 м составляли веслоногие ракообразные, на глубине 2 и 3 м наблюдалось сокращение доли коловраток в общей биомассе на фоне увеличения доли кладоцер, среди которых доминировали *D. galeata* и *D. cristata* G. Sars.

В период летней межени (июль) от поверхности до дна снижалась температура воды и содержание растворенного кислорода, минимальные величины этих показателей зарегистрированы в придонном слое (рис. 2, д). Кроме того, на глубине 3 м происходило увеличение электропроводности воды.

В зоопланктоне обнаружено 30 видов зоопланктеров: 14 видов коловраток, 6 – веслоногих и 10 – ветвистоусых ракообразных. От поверхности к придонному слою число видов незначительно возрастало, причем на глубине 1 и 2 м за счет ветвистоусых ракообразных, на глубине 3 м – коловраток (рис. 2, е). Наибольшая численность зарегистрирована на глубине 1 м, наименьшая – на глубине 3 м (рис. 2, ж). Основу численности на всех горизонтах составляли веслоногие ракообразные при доминировании науплиусов и копепоидов Cyclopoida, *Thermocyclops crassus* (Fischer) (2 и 3 м), *Mesocyclops leuckarti* (Claus) (3 м). По биомассе первен-

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

ствовал зоопланктон придонного слоя, на остальных горизонтах ее величина была меньше в 1.8 – 2.2 раза (рис. 2, з). Основную долю в общей биомассе зоопланкто-ров составляли веслоногие ракообразные за счет массового развития копеподитов циклопов, *Thermocyclops crassus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops vicinus*, а на глуби-не 2 м еще и *Diaphanosoma brachyurum* Lievin.

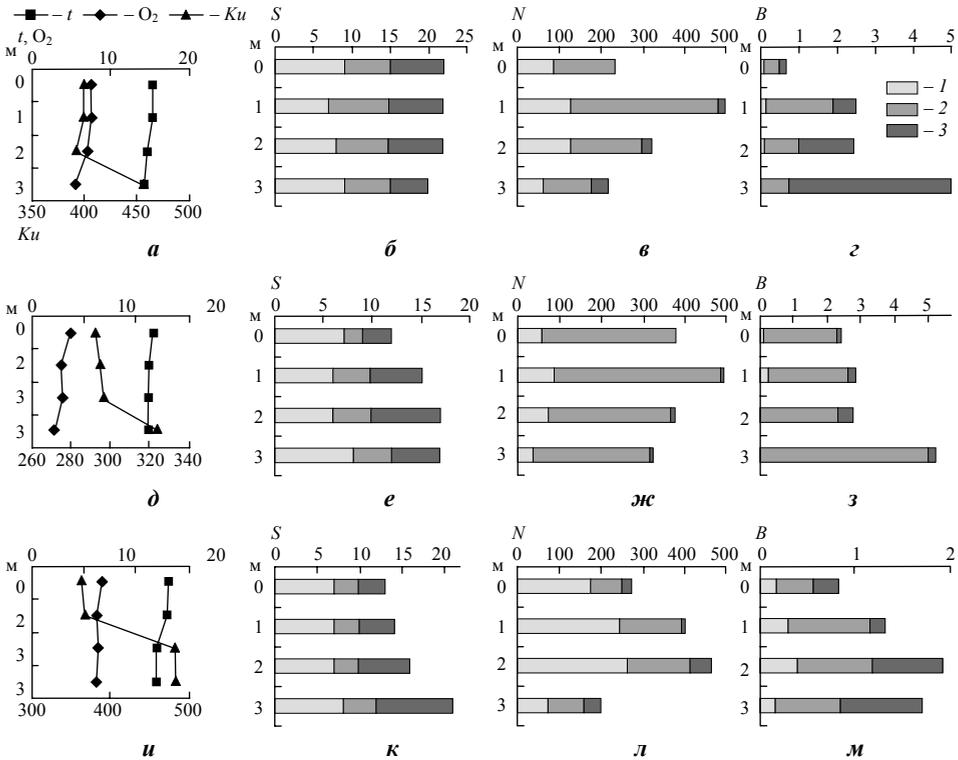


Рис. 2. Изменение физико-химических параметров воды и показателей развития зоопланктона в столбе воды фронтальной области зоны выклинивания подпора вод р. Ильда. Условные обозначения см. на рис. 1

В сентябре в придонном слое зафиксировано снижение температуры воды и увеличение ее электропроводности (рис. 2, з).

В составе зоопланктона отмечено 26 видов беспозвоночных: 13 видов коловраток, 3 веслоногих и 10 ветвистоусых ракообразных. Максимальное разнообразие зафиксировано в придонном слое, где ведущее положение занимали ветвистоусые ракообразные, в то время как на других горизонтах – коловратки (рис. 2, к). Максимальные величины численности и биомассы отмечены на глубине 2 м (рис. 2, л, м). Основу численности в слое воды 0 – 2 м составляли коловратки при доминировании *Keratella cochlearis* (Gosse), *Polyarthra vulgaris* Carlin, *Synchaeta pectinata*

Ehrenberg. На глубине 3 м доля Rotatoria сокращалась (с 56.5 – 65 до 30%), возрастало относительное обилие Copepoda (с 26.5 – 36.2 до 42%) и Cladocera (с 2.3 – 11.2 до 20%), а среди доминантов отмечены ювенильные особи циклопов, *Thermocyclops crassus*, *Bosmina longirostris*. Основу биомассы в слое воды 0 – 2 м составляли веслоногие рачки при доминировании ювенильных особей циклопов и *Thermocyclops crassus*, на глубине 3 м заметно сокращалась доля коловраток, возрастало относительное обилие Cladocera, а среди доминантов отмечены, *Bosmina longirostris*, *Daphnia cristata*, а также *Thermocyclops crassus* и ювенильные особи циклопов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как свидетельствуют полученные результаты, на обоих участках реки наблюдалось выраженное расслоение водных масс. Придонные слои отличались низкими температурами, снижением содержания растворенного кислорода, увеличением электропроводности воды. Причем наиболее ярко это проявлялось в глубоководном участке зоны свободного течения р. Ильдь, что обуславливалось мощным влиянием грунтовых вод, особенно в период летней межени. Во фронтальной области переходного участка зоны выклинивания подпора речных вод эти изменения были сглажены, как нам представляется, по нескольким причинам. Во-первых, из-за меньшей глубины исследуемого участка и большего перемешивания (смешивания) водных масс. Во-вторых, расположением в придонных слоях этого участка вод реки, которые по сравнению с грунтовыми водами более прогреты, насыщены кислородом и имеют меньшую величину электропроводности, но большую по сравнению с водами водохранилища, расположенными на горизонте 0 – 1 (или 0 – 2 м).

В слое грунтовых вод глубоководного участка зоны свободного течения реки наблюдалось возрастание численности и биомассы зоопланктонов за счет увеличения доли ракообразных, в отдельные даты происходило повышение разнообразия видов. Наиболее ярко эти изменения проявлялись в период летней межени. В июле численность организмов здесь по сравнению с расположенными выше слоями была больше в ~500 – 620 раз, биомасса – в ~1 800 – 6 500 раз, в то время как в мае – в 1.5 – 2.0 и 2 – 4 раза, в сентябре в ~2 – 12 и ~2 – 2 500 раз соответственно. Во фронтальной области зоны подпора в слое речных вод регистрировалось незначительное повышение биомассы (в 2 – 8 раз в мае, в 2 раза в июле и в 1.5 – 2.4 раза в сентябре), повышение доли ветвистоусых и/или веслоногих ракообразных.

Причин такого распределения зоопланктона на изучаемых участках реки может быть несколько. Низкое обилие зоопланктона в поверхностных слоях глубоководного участка могло определяться их проточностью. Однако в июле и сентябре сколько-нибудь выраженное течение отсутствовало, но различия при этом были максимальными, несмотря на низкие температуры воды и содержание растворенного кислорода. Аналогичное скопление организмов в придонном слое наблюдалось и во фронтальной области переходного участка зоны выклинивания подпора, где в период изучения отсутствовали яркие различия по температуре и содержанию кислорода.

Как известно, повышение электропроводности происходит при увеличении минерализации воды, что, наряду с меньшими температурами, способствует возрастанию плотности воды (Эдельштейн, 1989, 1991; Бочаров, Овчинникова, 2008).

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗООПЛАНКТОНА МАЛОЙ РЕКИ

И распределение зоопланктона могло быть обусловлено увеличением плотности водных масс в придонном слое, что определялось выходом грунтовых вод в глубоководном участке или наличием слоя речных вод во фронтальной области зоны подпора. То есть возникал «эффект второго дна», на котором, возможно, осаждалась основная часть седимента и формируется богатая кормовая база, привлекающая зоопланктеров. Аналогичные наблюдения неоднократно описаны для планктонных сообществ озерных экосистем (Киселев, 1980). Однако для окончательного выяснения данного вопроса требуется продолжение исследований, включая изучение закономерностей вертикального распределения лабильного органического вещества, бактерий, водорослей и простейших.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на глубоководном участке и во фронтальной области зоны выклинивания подпора вод малого притока водохранилища наблюдается расслоение водных масс и неоднородное вертикальное распределение зоопланктона. Наибольшего количественного обилия зоопланктон достигает в придонном слое, характеризующимся снижением температуры и кислорода, увеличением электропроводности. Наиболее ярко это проявляется в период летней межени. Возможные причины такого распределения – проявление «эффекта второго дна», на котором могут создаваться благоприятные условия для формирования богатой кормовой базы зоопланктеров.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов» (подпрограмма «Биоразнообразие») и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-05-00470).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бочаров О.Б., Овчинникова Т.Э. Численное моделирование плотностных течений в глубоком озере в зоне притока // Исследовано в России [Электрон. ресурс]. 2008. Т. 11. С. 673 – 684. Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/061.pdf>
- Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. Т. 2. Распределение, сезонная динамика, питание и значение. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 440 с.
- Крылов А.В. Зоопланктон равнинных малых рек. М.: Наука, 2005. 263 с.
- Крылов А.В., Завьялов Н.А. Распределение зоопланктона в малых реках в зависимости от строительной деятельности бобров // Биология внутренних вод. 2004. №1. С. 48 – 51.
- Лебедев Ю.М. Что такое малая река? // Малые реки. Современное экологическое состояние, актуальные проблемы / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 2001. С. 154.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
- Рохмистров В.Л. Гидрологическая характеристика р. Солоницы в зоне подпора // Биология внутренних вод: Информ. бюл. 1973. № 23. С. 57 – 59.
- Цветков А.И., Цветкова М.В., Поддубный С.А. Гидроэкологическая характеристика устьевой области малой реки под влиянием подпора Рыбинского водохранилища // Экологические проблемы Севера: Материалы молодежной науч. конф. / Архангельский гос. техн. ун-т. Архангельск, 2008. С. 92 – 94.
- Эдельштейн К.К. Лимнологическая практика: Метод. указания. М.: Изд-во МГУ, 1989. 95 с.
- Эдельштейн К.К. Водные массы долинных водохранилищ. М.: Изд-во МГУ, 1991. 139 с.
- Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2007. 372 с.