

УДК 574.5 (28): 591.524.12

Ю. Ф. Громова¹, С. А. Афанасьев¹, Л. В. Шевцова²

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗООПЛАНКТОНА ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ МАЛЫХ РЕК

Изучено пять типов трансформации малых рек бассейна Днепра, определяющих условия существования зоопланктона. Показаны механизмы их влияния на формирование структуры и количественное развитие сообществ зоопланктона как составной части лотических экосистем.

***Ключевые слова:** зоопланктон, структура, сообщество, малые реки, трансформированные реки.*

В настоящее время большинство малых рек Украины трансформированы, в частности вследствие спрямления и канализации русел, создания русловых водохранилищ, строительства ГЭС и др. Нагрузки такого типа, безусловно, оказывают влияние на экологическое состояние речных экосистем, что отражается и на структурно-функциональных характеристиках сообществ гидробионтов. В связи с этим целью работы было установление закономерностей формирования структуры зоопланктона в условиях трансформированных малых рек.

Материал и методика исследований. Материалом для выполнения работы послужили исследования зоопланктона малых рек — притоков Днепра, протекающих в пределах Лесостепной зоны. Рассмотрены следующие типы трансформации.

Река с непрерывным нерегулируемым поступлением воды из водохранилища в русло — р. Битица, левый приток Днепра второго порядка. В верхнем течении реки находится малое русловое водохранилище проточного типа, вода из которого поступает в нижерасположенный участок русла через трубу. Русло ниже водохранилища частично спрямлено.

Река с регулируемым ежегодным сбросом воды из водохранилища в русло — р. Стрелка, левый приток Днепра третьего порядка. Верхний участок русла сохранил естественный характер. В пределах среднего участка расположены водохранилища рыбного хозяйства, работа которых определяет регулируемый характер попусков воды в русло. Нижерасположенный участок реки частично канализирован, его гидрологический режим зависит от особенностей попускового режима водохранилищ и характеризуется слабой

© Ю. Ф. Громова, С. А. Афанасьев, Л. В. Шевцова, 2012

проточностью, за исключением осеннего сброса воды. Связь между водохранилищами и устьем временно может утрачиваться в период летней межени или зимнего промерзания участков.

Река с непрерывным поступлением воды из водохранилища в русло, с возможностью регулирования работой ГЭС — верхний участок р. Псел, левого притока Днепра первого порядка, находящийся под влиянием работы Низовской ГЭС. Низовское водохранилище — проточный водоем, уровень воды в котором увеличен плотиной ГЭС на 3—4 м, скорость течения в нем достигает 0,03—0,12 м/с, тогда как в русле — 2,0 [10]. Вода из водохранилища в нижерасположенный участок поступает через плотину по всей ширине русла.

Спряmlенная и канализованная река — р. Лыбедь, правый приток Днепра первого порядка, протекающий в пределах г. Киева. Русло реки служит коллектором дождевых стоков города и сточных вод предприятий, вследствие чего вода содержит значительное количество солей тяжелых металлов, нитритов, нефтепродуктов и других веществ [2, 12, 13]. Зоопланктон р. Лыбеди исследовали на участках канализованного и естественного русла.

Река с периодической сменой направления и скорости течения — р. Вита, правый приток Днепра первого порядка. Специфику гидрологического режима устьевого участка р. Виты определяет работа Киевской и Каневской ГЭС, вызывающая колебания уровня воды в Днепре. В часы подъема днепровская вода 1—2 раза в сутки поступает через шлюзы в устьевую область р. Виты, вследствие чего возникает временное обратное течение.

Структуру зоопланктона *естественных водотоков* исследовали на примере верхнего участка р. Ворсклы, левого притока Днепра первого порядка (в основном в районе впадения притока р. Ахтырки), имеющего развитую систему пойменных водоемов.

Пробы зоопланктона отбирали в период с 1993 по 1998 г. методом концентрации 50/100 л воды через планктонную сеть Апштейна (газ № 72) с последующей фиксацией формальдегидом. Подсчет организмов проводили с помощью бинокулярного микроскопа МБС-10 в камере Богорова, модифицированной для микрообъектов. Видовую идентификацию отдельных экземпляров осуществляли с помощью микроскопа Laboval-4. Для определения таксономического состава использовали основные отечественные и зарубежные определители пресноводных беспозвоночных.

Всего было обработано 535 проб зоопланктона. Видовое разнообразие рассчитывали по индексу Шеннона, сходства видового состава — по Серенсену [6]. Экологические группировки зоопланктона выделяли согласно классификации Л. Н. Зимбалевской [7] и О. В. Пашковой [11].

Для графического отображения и сравнения структуры сообществ зоопланктона в реках с разной трансформацией русла использовали ценограммы [3], что позволило отразить состав, биомассу, соотношение основных

таксономических групп по биомассе, иерархическую структуру в сообществе и степень доминирования отдельных видов.

Результаты исследований и их обсуждение

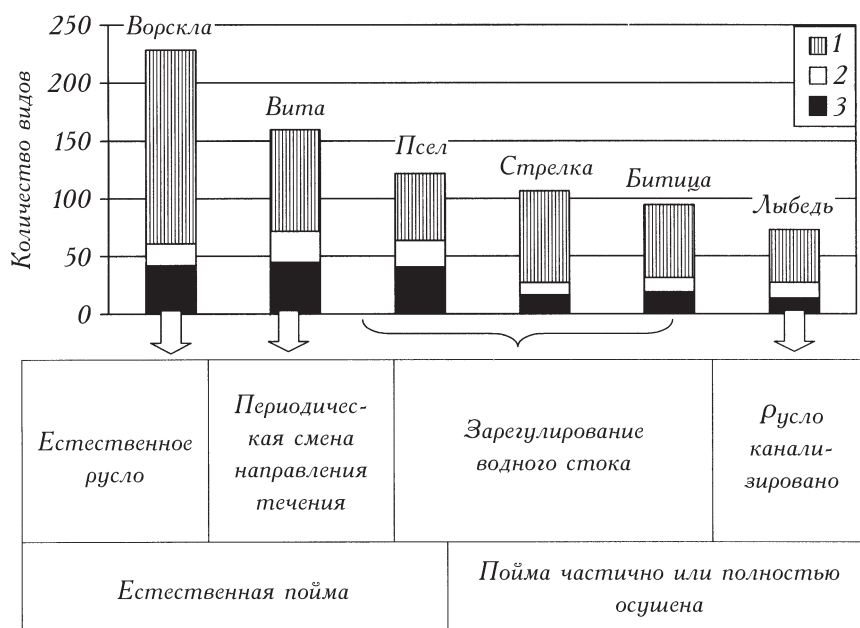
Несмотря на различия структурно-функциональной организации в разных реках, зависящие от многих факторов (географическое положение, гидрологический режим и др.), зоопланктон характеризуется общими чертами, связанными с преобразованием разнородного по происхождению планктона в условиях потока. Эти черты, или особенности структурно-функциональной организации сообществ гидробионтов, могут существенно изменяться под влиянием антропогенных факторов, в частности различных трансформаций.

Одной из составляющих структуры зоопланктона является его видовой состав. При анализе видовой структуры исходили из того, что богатство видового состава отдельных водотоков определяется биотопическим разнообразием как в русле, так и в придаточных водоемах. Так, наиболее богата видами (228) река с естественным характером русла и поймы (рис. 1).

Также высокое видовое богатство зоопланктона (159 видов) зарегистрировано в р. Вита, которая имеет развитую сеть пойменных водоемов, характеризуется биотопическим богатством и интенсивным водообменом с главной рекой за счет периодической смены направления и скорости течения. Мало отличаются по видовому богатству реки с зарегулированным водным стоком (р. Псел — 121, р. Стрелка — 106, р. Битица — 94 вида, что практически вдвое меньше чем в реке с естественным руслом). Наиболее бедна планктофауна в реке с канализованным руслом, вода которой загрязнена стоками города — р. Лыбеди, где было зарегистрировано 73 вида, в том числе на участке канализованного русла — 51. В зоопланктоне изученных рек по количеству видов доминировали коловратки (см. рис. 1).

Сравнение видового состава зоопланктона показало невысокое сходство между реками, имеющими пойменные водоемы, и реками, в которых естественная пойма отсутствует (значение индекса Серенсена 0,45—0,46). Более сходны между собой видовые списки зоопланктона рек с естественной поймой (0,48—0,62), при этом сходство пойменных водоемов достигало 0,64—0,68, тогда как русловых участков этих рек — 0,27—0,47. Зоопланктон водохранилищ зарегулированных рек имеет больше общих видов (0,48—0,50), чем их русловых участков (0,25—0,44), что отражает близость экологических условий в однотипных искусственных водоемах.

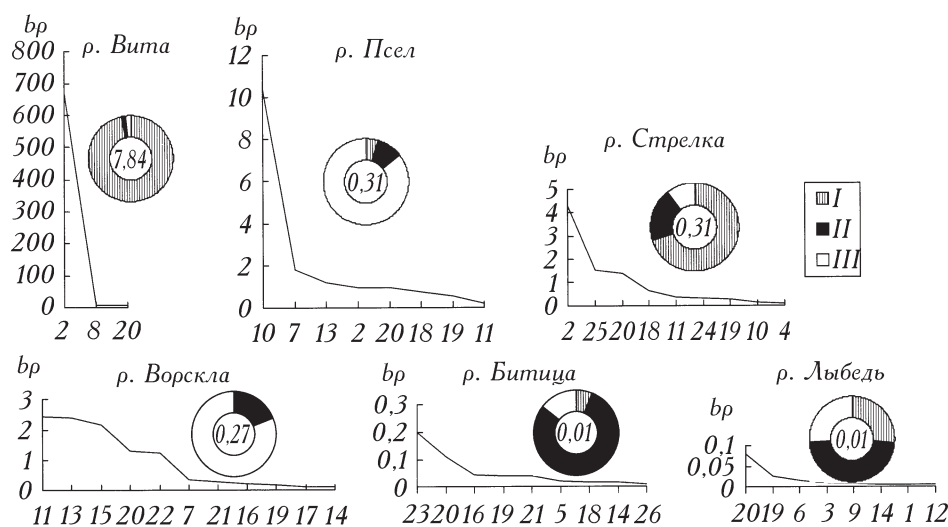
Доминирующие виды зоопланктона рек с разной трансформацией русла, выделенные согласно индексу br , который представляет собой произведение биомассы вида на частоту его встречаемости, представлены на рисунке 2. Значение индекса br доминирующего вида в устьевой области р. Виты составляло 83% суммы значений br всех видов сообщества, в других трансформированных реках оно находилось в пределах 38—61%, отражая монодоминантное распределение видов. В реке с естественным характером русла доминирующих видов несколько, а значение br первого не превышало 25%, что свидетельствует о полидоминантной структуре сообщества.



1. Количество видов зоопланктона в реках с разными типами трансформации: 1 — Rotatoria; 2 — Cladocera; 3 — Copepoda.

Зоопланктон изученных рек был представлен широким спектром экологических группировок, чаще всего доминировали пелагические формы — коловратки родов *Polyarthra*, *Keratella*, *Asplanhna*, *Bosmina longirostris* (Müller), *Daphnia pulex* (De Geer) и др. При наличии развитой водной растительности в планктоне увеличивалась доля прибрежно-фитофильных и фитофильных видов: *Simocephalus vetulus* (Müller), *Pleuroxus trigonellus* Müller, *Macrocyclus fuscus* (Jurine), *Sida crystallina* (Müller) и *Graptoleberis testudinaria* (Fisher). Наибольшего развития они достигали в р. Ворскле и на русловом участке р. Псел, которые имеют развитую систему пойменных водоемов с богатой растительностью. В условиях мелководных (р. Битица) или канализованных (р. Лыбедь) русел в зоопланктоне значительную или главную роль играют придонные виды, среди которых доминируют коловратки *Vdelloidea* gen. sp. Например, доля придонных видов в канализованном русле р. Лыбеди в среднем составляла более 80% численности.

Наиболее часто в трансформированных малых реках преобладали нанопланктофаги. Детритофаги доминировали в зоопланктоне канализованных участков русел (до 84% численности и 24% биомассы), а также в мелководных руслах с зарегулированным стоком (соответственно до 32 и 20%). Кроме того, на этих участках количество трофических групп было меньше, что связано с ограниченными пищевыми ресурсами. Доля эврифагов в биомассе зоопланктона реки с периодическими изменениями направления и скорости течения была наибольшей (до 42%), а хищников (до 44%) — в реке с постоянным поступлением воды в русло. Альгофаги, как правило, состав-



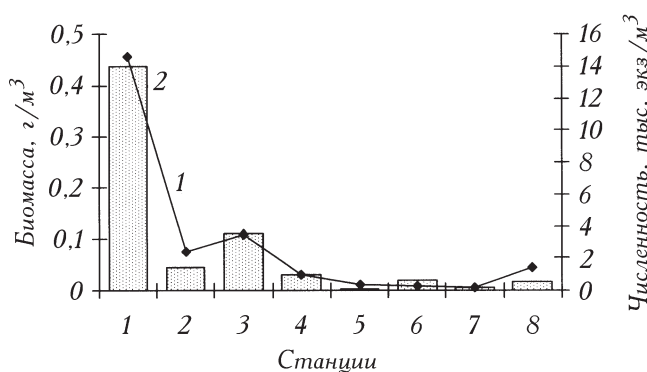
2. Структура сообществ зоопланктона трансформированных участков малых рек (доминирующие виды): 1 — *Notommata glyphura* Wulf.; 2 — *A. splanchna priodonta* Gosse; 3 — *Epiphanes senta* (Müll.); 4 — *Keratella quadrata* Müll.; 5 — *Filinia longiseta* (Ehrb.); 6 — *Bdelloidea* gen. sp.; 7 — *Sida cristallina*, 8 — *Daphnia cucullata* Sars; 9 — *D. pulex*; 10 — *Ceriodaphnia quadrangula* (Müll.); 11 — *Simocephalus vetulus*; 12 — *Moina macrocopa* (Straus); 13 — *A. croperus harpae* (Baird); 14 — *Chydorus sphaericus* (Müll.); 15 — *Eurycercus lamellatus* (Müll.); 16 — *Graptoleberis testudinaria* (Fisch.); 17 — *Pleuroxus similis* (Sars); 18 — *Bosmina longirostris*; 19 — Nauplii Copepoda; 20 — Cyclopoida juv.; 21 — *Eucyclops serrulatus* (Fisch.); 22 — *Macrocyclops albidus* (Jurine); 23 — *M. fuscus* (Jurine); 24 — *Acanthocyclops americanus* (Marsh); 25 — *Cyclops vicinus* Uljanin; 26 — Harpacticoida gen. sp.; на секторальной диаграмме — соотношение таксономических групп по биомассе, %: I — коловратки, II — веслоногие ракообразные, III — ветвистоусые ракообразные; в центре — общая биомасса, г/м³.

ляли наименьшую часть или совсем выпадали из зоопланктона. Наибольшее значения они достигали в водотоках с развитой системой придаточных водоемов (до 7,5% численности и 62% биомассы).

Динамику численности и биомассы зоопланктона в реках с зарегулированным стоком (рр. Стрелка, Битица и Псел) изучали в условиях водохранилища и русла. Наибольшего количественного развития зоопланктон достигал в малопроточных водохранилищах на реках Стрелке и Битице (таблица). В руслах непосредственно ниже водохранилищ показатели обилия зоопланктона почти не изменялись, а ниже по течению, на мелководных участках, они резко снижались. Так, к устью р. Стрелки численность зоопланктона уменьшалась в среднем более чем в 100 раз, биомасса — в 35 раз по сравнению с показателями в водохранилище. В мелководном русле р. Битицы, несмотря на пополнение планктона русла из водоемов поймы, уже в 4—5 км ниже водохранилища численность и биомасса зоопланктона уменьшались, как правило, в несколько сотен раз.

Низовское водохранилище на р. Псел имеет хорошую проточность, поэтому показатели обилия зоопланктона в нем в несколько раз меньше, чем в слабопроточных водохранилищах на реках Стрелке и Битице (см. таблицу). Кроме того, зарегулирование водного стока р. Псел, вызванное работой ГЭС, не приводит к обмелению русла, поэтому ниже дамбы показатели ко-

личественного развития зоопланктона снижаются и остаются в пределах типичных для реки значений (рис. 3). В полноводном русле также существуют разнообразные биотопы с развитой растительностью, что обуславливает формирование богатого зоопланктона. Так, численность и биомасса планктонных животных на одном из заросших участков русла летом достигала 78 тыс. экз/м³ и 26 г/м³.



3. Динамика численности (1) и биомассы (2) зоопланктона р. Псел в июле 1997 г.: 1 — Низовское водохранилище; 2 — ниже Низовской ГЭС; 3—8 — русло на участке между Низовской и Ворожбянской ГЭС.

Из рек с незарегулированным стоком наибольшими количественными показателями зоопланктона характеризуется р. Вита (см. таблицу), что объясняется как высоким биотопическим разнообразием, так и пополнением за счет днепровского планктона. Как уже упоминалось, в результате работы гидроузлов в устьевую область р. Виты периодически поступает днепровская вода, вызывая временное обратное течение. При этом нарушается пространственная динамика развития зоопланктона — его количественные показатели, как правило, уменьшались по направлению к шлюзу, где амплитуда колебаний уровня воды наибольшая. Для суточной динамики количественных показателей развития зоопланктона характерно один — два пика (в зависимости от режима поступления воды), которые совпадают с периодами наибольшей скорости течения (рис. 4). При этом более высокие показатели обилия зоопланктона отмечались в периоды естественного направления течения, когда происходило вымывание планктона из всех участков, имеющих прямую гидравлическую связь с руслом. Так, летом 1998 г. во время обратного течения средние показатели численности и биомассы зоопланктона составляли 4,52 тыс. экз/м³ и 0,19 г/м³, а во время естественного — 56,98 тыс. экз/м³ и 2,05 г/м³.

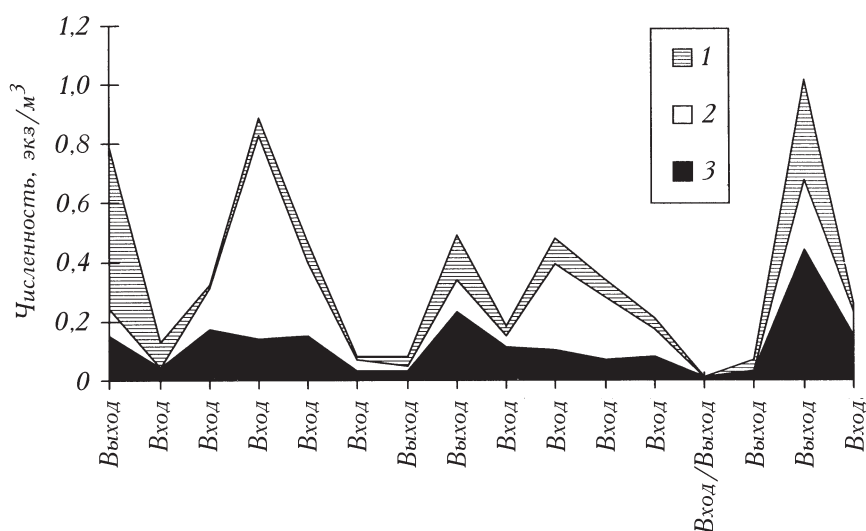
Незначительное развитие планктонных животных было характерно для р. Лыбеди (см. таблицу), подверженной наибольшему влиянию антропогенных факторов — основная часть ее русла канализирована, вода загрязнена промышленными и бытовыми стоками. Численность и биомасса зоопланктона канализированного участка русла не превышали 16,57 тыс. экз/м³ и 1,36 г/м³, иногда в пробах организмы зоопланктона полностью отсутствовали, при этом в большом количестве встречались малощетинковые и круглые черви. О неблагоприятной ситуации в реке свидетельствует также высокая степень доминирования коловраток (до 99% численности), из которых массово развивались *Bdelloidea* gen. sp. [5].

Средние значения численности, биомассы и соотношение таксономических групп зоопланктона исследованных водоемов в летний период

Реки	Участки рек	Численность, тыс.	Биомасса, г/м ³	Rotatoria/Copepoda/Cladocera	
		экз/м ³		% численности	% биомассы
Стрелка	Водоохранилище	617,90 ± 429,28	13,04 ± 6,79	14/21/65	38/13/49
	Русло	9,08 ± 7,31	0,48 ± 0,42	49/42/9	76/14/10
Битица	Водоохранилище	755,20 ± 384,73	2,55 ± 0,88	44/29/27	32/41/27
	Русло	47,85 ± 39,07	2,54 ± 2,24	52/38/10	7/51/42
Псел	Низовское во- дохранилище	21,23 ± 3,62	0,70 ± 0,11	9/57/34	7/25/68
	Русло	0,45 ± 0,19	0,01 ± 0,006	32/43/25	8/7/85
	Слабопроточ- ные участки	39,73 ± 20,66	10,72 ± 8,03	2/29/69	1/3/96
Лыбедь	Канализирован- ное русло	0,66 ± 0,43	0,01 ± 0,01	80/13/7	25/70/5
Вита	Русло	52,54 ± 23,06	1,56 ± 0,73	16/19/65	24/55/21
	Слабопроточ- ные участки	69,59 ± 19,18	2,01 ± 0,76	22/13/65	37/40/23
Ворскла	Русло	5,59 ± 3,82	0,27 ± 0,17	23/26/51	1/81/18
	Слабопроточ- ные участки	59,56 ± 31,73	8,23 ± 6,77	18/35/47	1/91/8

Примечание. Слабопроточные участки — частично отделившиеся от основного русла, но не теряющие с ним гидравлической связи, участки с замедленным течением (затоны, закосья, рукава).

Численность и биомасса зоопланктона в р. Ворске в значительной степени зависели от условий проточности (см. таблицу) и характера биотопа. Так, в августе — сентябре 1997 г. средние значения численности зоопланктона составляли 0,88 тыс. экз/м³ на открытых участках пелагиали, 2,14 — на границе с зарослями и до 105,47 — в зарослях. Подобная тенденция характерна и для биомассы, значения которой были равны соответственно 0,02, 0,09 и 14,30 г/м³. Среднегодовая биомасса зоопланктона трансформированных участков малых рек составляла от 7,84 г/м³ в р. Вите до 0,01 г/м³ в реках Битице и Лыбеди (см. рис. 2).



4. Суточная динамика численности доминирующих видов зоопланктона возле верхнего шлюза р. Виты в июле 1998 г.: «Вход» — естественное направление течения; «Выход» — обратное течение (1 — *Thermocyclops oithonoides* Sars, 2 — *Daphnia cucullata*, 3 — *Bosmina longirostris*).

Численность зоопланктона изученных малых рек определяли коловратки или веслоногие ракообразные (в основном за счет ювенильных стадий), в водохранилищах или слабопроточных участках рек часто преобладали ветвистоусые ракообразные (см. таблицу). Значительное развитие коловраток (иногда до 99% численности), что характерно для рек, испытывающих антропогенные нагрузки, в частности загрязнение сточными водами [8, 9], регистрировали в урбанизированных реках Лыбеди и Стрелке. В биомассе зоопланктона рек с естественной поймой доминировали ветвистоусые ракообразные, при этом в устьевой области р. Виты, в условиях усиленного гидродинамического режима, преобладали коловратки (см. рис. 4). В реках Стрелке, Битице и Лыбеди формируются в основном ротаторные, копеподные или ротаторно-копеподные сообщества.

Значения индекса видового разнообразия зоопланктона трансформированных малых рек невысокие. Наименьшие зарегистрированы в реке с канализованным руслом, загрязненной сточными водами (Лыбеди) — 1,76 бит/экз. и 1,51 бит/г, что связано со значительным доминированием нескольких видов на фоне снижения их общего количества. Значения индекса в реке с периодическими изменениями скорости и направления течения (Вите) составляли 2,51 бит/экз. и 2,47 бит/г, что близко к значениям в ненарушенной реке — 2,81 бит/экз. и 2,08 бит/г.

Сезонная динамика количественного развития зоопланктона мелководных участков русел с зарегулированным стоком определяется уровнем воды, который зависит от режима попусков водохранилищ. Например, в р. Стрелке, где сброс воды из водохранилища в русло происходит один раз в год, численность и биомасса зоопланктона в водохранилище достигали наибольших значений в зимний и летне-осенний периоды, наибольшие были

отмечены весной. В русле, в условиях нестабильного режима проточности, динамика этих показателей противоположна [4]. В р. Битице попуски воды из водохранилища в русло искусственно не регулируются, поэтому сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона в русле аналогична сезонной динамике этих показателей в водохранилище — максимум отмечен в летне-осенний период. Также не выявлено влияния работы малой ГЭС на сезонную динамику развития зоопланктона. Для сезонной динамики показателей обилия зоопланктона канализированного участка р. Лыбеди характерны максимумы в весенний и осенний сезоны [5]. В устьевой области р. Виты наиболее благоприятные условия для развития зоопланктона складывались весной [1].

Заклучение

Таким образом, на основании анализа структуры зоопланктона изученных трансформированных рек можно заключить, что наиболее неблагоприятные условия для формирования сообществ зоопланктона складываются в канализированных, а также мелководных руслах малых рек, поскольку при зарегулировании водного стока исключается возможность формирования и развития собственного зоопланктона.

В трансформированных малых реках формируется зоопланктон с меньшим видовым богатством, чем в естественных водотоках. В реке с естественным характером русла и поймы формируются полидоминантные сообщества зоопланктона, в трансформированных — олиго- и монодоминантные. В условиях канализированных или мелководных русел малых рек в планктоне значительную или главную роль играют придонные организмы, в отличие от ненарушенных участков, в которых, как правило, доминируют пелагические, а при наличии пойменных водоемов — прибрежно-фитофильные и фитофильные.

Канализированные и мелководные русла малых рек с зарегулированным водным стоком характеризуются низкими количественными показателями зоопланктона и упрощением его структуры, что обусловлено уменьшением расходов воды. В условиях периодических изменений направления и скорости течения наивысшие показатели обилия отмечаются во время естественного течения, когда происходит вымывание планктона из всех участков, имеющих гидравлическую связь с руслом. Сезонная динамика количественного развития зоопланктона в реках с зарегулированным стоком зависит от режима попусков воды из водохранилища в русло.

**

Вивчено п'ять типів трансформації малих річок басейну Дніпра, що визначають умови існування зоопланктону. З'ясовано механізми впливу різних типів трансформації на формування структури і кількісний розвиток угруповань зоопланктону як складової біоти лотичних екосистем.

**

Five types of small rivers transformation of the Dniper basin that determine conditions of existence of zooplankton were studied. Mechanisms of influence of different

types of transformation on structural indices of zooplankton communities as a component of lotic ecosystems biota were determined.

**

1. Афанасьев С.А., Громова Ю.Ф., Мантурова О.В. Состав и структура пелагических группировок устьевой области р. Виты // Гидробиол. журн. — 1999. — Т. 35, № 5. — С. 63—73.
2. Бабадылы В.А., Зверькова И.Н., Калицун В.И. Геоэкологическая обстановка в бассейне р. Лыбедь // Геол. журн. — 1997. — Т. 33, № 3. — С. 14—28.
3. Брагинский Л.П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса // Гидробиол. журн. — 1998. — Т. 34, № 6. — С. 72—94.
4. Громова Ю.Ф. Коловратки малой реки в условиях зарегулированного и спрямленного русла // Там же. — 1999. — Т. 35, № 6. — С. 27—36.
5. Громова Ю.Ф. Зоопланктон малой реки в условиях канализированного русла (на примере р. Лыбедь, г. Киев) // Там же. — 2001. — Т. 37, № 4. — С. 11—17.
6. Дегю И.И. Экологический энциклопедический словарь. — Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1990. — 408 с.
7. Зимбалева Л.Н. Экологические группировки фауны зарослей Днепра // Гидробиол. журн. — 1966. — Т. 2, № 5. — С. 34—41.
8. Ковалева О.В., Рассашко И.Ф. Зоопланктон — индикатор состояния экосистемы реки, подверженной различным видам хозяйственного воздействия // Материалы Междунар. науч. конф., Минск, 25—26 нояб. 1999 г. — Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1999. — С. 126—130.
9. Крючкова Н.М. Структура сообщества зоопланктона в водоемах разного типа // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. — Л.: Наука, 1987 — С. 184—198.
10. Лубянов И.П. Гидробиологический режим каскада водохранилищ на р. Псел // Малые водоемы равнинных областей СССР и их использование. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. — С. 282—288.
11. Пашкова О.В. Об экологической классификации придонного животного населения мелководий днепровских водохранилищ // Гидробиол. журн. — 1985. — Т. 21, № 5. — С. 74—79.
12. Плигин Ю.В., Щербак В.И., Арсан О.М. и др. Влияние поверхностного стока на биоту Каневского водохранилища в районе г. Киева и рекомендации по его очистке // Экология городов и рекреационных зон. — Одесса: Астропринт, 1998. — С. 272—277.
13. Шевцова Л.В., Ткачук Н.Г., Малафеев В.В., Васильковская В.В. Эколого-санитарное состояние р. Лыбеди // Гидробиол. журн. — 2000. — Т. 36, № 5. — С. 34—43.

¹ Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

² Киевский университет управления и предпринимательства

Поступила 23.05.12