

ФОРМИРОВАНИЕ ЗООПЛАНКТОНА РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ С ЗАВИСИМЫМ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ КАСКАДНОГО ТИПА

Л. В. Камлюк

*Белорусский государственный университет, г. Минск, просп. Независимости, 4,
220030, Беларусь, e-mail: ecodept@tut.by*

FORMATION OF ZOOPLANKTONE IN FISH BREEDING PONDS WITH CONTINGENT WATER SUPPLY OF CASCADE TYPE

L. Kamljuk

*Belarussian State University, Minsk, Belarus, 220030, Nezavisimostiaveni, 4,
e-mail: ecodept@tut.by*

Резюме. Изучение зоопланктонного сообщества нагульных прудов с зависимым водоснабжением в связи с каскадностью их расположения. В течение полного вегетационного сезона изучены видовое богатство, таксономическая структура, оценены уровни плотностей, биомасс и динамика развития зоопланктона в трех нагульных карповых прудах с зависимым водообеспечением рыбокомбината «Белое» Житковичского района Гомельской области. Пруды сходны по площадям, плотностям выращивания годовика карпа и объемам внесенных комбикормов. В результате исследований установлено, что в результате переноса органического вещества в прудах каскада в Нижнем пруду формируется в три раза больший уровень развития зоопланктона по сравнению с Верхним. Рыбопродукция Нижнего пруда также была выше Верхнего пруда на 25%.

Ключевые слова: зоопланктон, видовое богатство, таксономическая структура, сезонная динамика развития, рыбопродуктивность, каскадное расположение прудов, органическое вещество.

Abstract. Research was carried out on the subject of species richness and the taxonomic structure during the entire growing season. Densities levels, biomass and dynamics of zooplankton development in three feeding carp ponds with dependent water supply of the fish factory «Beloye» in the Zhitkovichsky district of the Gomel region were assessed. Ponds are similar in terms of areas, densities of growing a year old carp and the volume of introduced mixed fodder. As a result of the research, was established that as a result of the transfer of organic matter in the ponds of the cascade in the Lower Pond, the level of development of zooplankton is three times higher than in the Upper Pond. The fish production of the Lower Pond was also 25% above the Upper Pond.

Keywords: zooplankton, species richness, taxonomic structure, seasonal dynamics of the population, fish productivity, the cascade arrangement of ponds, organic matter.

Введение. В прудах с зависимым водоснабжением, расположенных в виде каскада, вода из верхних прудов перепускается в нижние с целью поддержания постоянной их глубины для восполнения ее потерь за счет испарения и фильтрации через ложе. Доля прудов с каскадным водоснабжением в Республике Беларусь составляет около 10% от суммарной площади выростных и нагульных прудов. Естественно, что для организации рационального рыборазведения необходимо обладать сведениями об особенностях функционирования биологических сообществ в условиях зависимого водоснабжения. Основным предметом изучения прудов каскадного типа является оценка влияния поступающего органического вещества из верхних прудов на формирование биологических сообществ нижних прудов.

Гидробиологические особенности функционирования прудов каскадного типа активно исследовались многими гидробиологами в 70-80-е годы прошлого столетия, однако полученные ими результаты, не исключали противоречивых выводов. Так, С. А. Исаева при изучении каскадных прудов Украины при высокоуплотненных посадках рыбы (6-16 тыс. экз./га) в поликультуре карпа, белого амура, белого и пестрого толстолобиков выявила увеличение уровня развития зоопланктона в нижних прудах каскада [1]. Однако, как пишет сам автор в статье, имевшиеся различия в плотностях выращивания рыбы, а именно более высокие в нижних прудах, несомненно вносили свои существенные коррективы в уровень развития зоопланктона и четкого ответа на вопрос о влиянии каскадности на уровень его развития не было дано.

На нагульных прудах Чимкентского рыбхоза (Республика Казахстан) аналогичную задачу решала М. Я. Ветышева [2]. В исследованных прудах как их площади (16-28 га), так и плотности выращиваемых рыб (поликультура карпа с полным набором растительноядных рыб амурского комплекса) мало различались. В результате выполненной работы было найдено, что естественная рыбопродуктивность нижнего пруда превосходила таковую верхнего в три раза. В результате осеннего облова оказалось, что общая рыбопродуктивность нижнего пруда была вдвое больше верхнего.

Сходные результаты были получены на прудах Республики Чехии [3]. В то же время результаты гидробиологических исследований каскада прудов реки Кумы показали, что на развитие зоопланктона и зообентоса решающее влияние оказывают локальные факторы конкретных прудов [4].

Исследования Е. А. Кузнецова, проведенные на Глушковской системе высоко интенсифицированных нагульных прудов Белоцерковского рыбокомбината Киевской области с применением поликультуры рыб, позволили обнаружить эффект влияния каскадности только для некоторых элементов прудовой экосистемы [5]. Так, в нижних прудах каскада отмечалось возрастание величин первичной продукции и деструкции органического вещества планктона, уровня развития бактериопланктона и общей рыбопродукции. Однако в развитии зоопланктона и зообентоса отмечена обратная тенденция.

В проведенных исследованиях на прудах Республики Беларусь анализировался гидробиологический режим каскадно расположенных прудов рыбокомбината «Белое» Житковичского района Гомельской области [6]. Для исследований была взята система из десяти нагульных прудов, общей протяженностью 13 км. Пруды системы характеризовались интенсивным рыборазведением при плотности выращивания карпа от 5,9 до 7,1 тыс. экз./га. В результате проведенных исследований было найдено, что прозрачность воды по диску Секки снижалась от верхнего пруда к нижнему. Четко прослеживалась обратная связь величин ассимиляционных чисел с уровнем развития фитопланктона от верхних прудов к нижним. Сообщество зоопланктона в прудах каскада включало 67 видов, в его доминирующий комплекс входило только пять: *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Mesocyclops leuckarti*, *Asplanchna priodonta*, *Brachionus calyciflorus*. Различия в таксономической структуре зоопланктона в разных прудах каскада не имели связи с каскадным их расположением. Отмечалась лишь тенденция увеличения количества видов коловраток рода *Brachionus* в зоопланктоне нижних прудах.

Таким образом, полученные разными исследователями гидробиологические материалы показывают, что несмотря на общее увеличение биологической продуктивности от верхних прудов к нижним, формирование уровней развития биологических сообществ в прудах внутри каскада управляется собственными локальными причинами и прежде всего различием в плотностях выращивания рыб и объемах вносимых комбикормов. Этот вывод становится понятным, если учесть, что полная смена воды в прудах за счет перепуска ее из верхних прудов в нижние происходит не более одного раза за вегетационный сезон, т.е. удельная суточная величина проточности весьма незначительна, и, следовательно, удобрительный эффект органического вещества с поступающей водой в нижние пруды будет небольшой. Более того, в результате своеобразной формы рыбоводных прудов и их значительной площади водообмен происходит вдоль центральных спускных канав. В пруду образуется некое подобие реки за счет воды, поступающей из верхнего пруда, которая привносит незначительное количество органического вещества по сравнению с вносимым в виде комбикормов. Следовательно, плотность выращиваемой рыбы, режим кормления карпа в каждом конкретном пруду, особенности морфометрии пруда, характер зарастаемости ложа макрофитами, расположение пруда среди лесов или на открытом пространстве, что сказывается на степени циркуляции водной массы пруда и насыщении ее кислородом за счет инвазии атмосферного кислорода, и ряд других факторов могут существенно влиять на формирование биологических сообществ и величину развития зоопланктона в промышленных рыбоводных прудах с высокой интенсивностью рыбоводного процесса.

Материал и методы исследования. Исследования проводили в течение полного вегетационного сезона в рыбокомбинате «Белое» Житковичского района Гомельской области. Водоснабжение прудов осуществлялось из озера Белое. Для исследования были выбраны три нагульных пруда 16, 17, 18 с зависимым водоснабжением, расположенных друг за другом. Для поддержания постоянного уровня воды в прудах, теряемой за счет ее испарения с

поверхности и фильтрации через дно, вода из Верхнего пруда (№16) перетекала в Средний (№17), а из него в Нижний (№18). Основные характерные параметры и рыбоводные показатели в этих прудах представлены в таблице 1.

Таблица 1. Рыбоводные показатели и средства интенсификации прудов каскада

Показатели	№16 -Верхний	№17- Средний	№18 -Нижний
Площадь, га*	32	20	30
Карп 1+ , тыс. экз./га*	3,1	4,0	3,9
Средняя масса, г/экз.	25	20	25
Внесено за сезон, кг/га:*			
Суперфосфата*	78	75	62
Сильвинита*	180	167	156
Негашеной извести*	344	450	517
Комбикорм, т/га*	6,7	6,0	6,6
Прозрачность	70±10,2	55,0±9,4	45±8,3
Окисляемость перманг.мг О/л*	11,6±2,2	15,4±3,5	18,9±4,9
Конечная ср-няя масса карпа, г	350	340	540
Общ. рыбопродуктивность,ц/га*	7,75	9,03	11,01

Примечание: Данные параметров, обозначенные * предоставлены главным рыбоводом рыбхоза и сотрудниками производственной лаборатории.

Как видно из таблицы 1, площади прудов, плотности выращивания и средняя индивидуальная масса карпа при зарыблении были примерно равными, что очень важно для оценки влияния переноса органического вещества из верхних прудов в нижние на развитие зоопланктона, что и является целью настоящей работы.

Количественные пробы зоопланктона отбирали с недельным интервалом в течение всего вегетационного сезона. Учитывая неравномерность распределения особей зоопланктона в толще воды пробы отбирали с лодки по двум диагоналям пруда с учетом направления ветра, что позволило репрезентативно оценить уровень развития зоопланктона в исследованных прудах.

Общий объем отобранной прудовой воды в 20 разных точках пруда составлял 20 л. Воду профильтровывали через сеть Апштейна (мельничное сито № 68). Сконцентрированный зоопланктон переливали в склянки объемом 150 мл и фиксировали 4% раствором формалина. Собранный материал составил 39 количественных интегральных проб зоопланктона.

Результаты исследования и их обсуждение. Общее число видов и родов зоопланктона трех прудов составило 50. Из них число видов в планктоне Верхнего пруда составило 32: ветвистоусых раков – 12, веслоногих 6 видов и родов, коловраток 14 видов; Среднего пруда 37: ветвистоусых раков – 20, веслоногих - 6 видов и родов, коловраток - 18 вида; Верхнего пруда 44, из них: 14 видов – ветвистоусых раков, 6 видов и родов веслоногих и 22 вида коловраток.

Коэффициент видовой общности Нижнего и Верхнего прудов составил 75%. В состав доминирующего комплекса зоопланктона Верхнего пруда вошли следующие виды: *Daphnia longispina*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*, *Polyarthra trigla*, *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*. В зоопланктоне Нижнего пруда доминантный комплекс был несколько иным: наряду с *Daphnia longispina* в него входила *Daphnia pulex*. Массово в планктоне была представлена *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachiurum*, *Brachionus calyciflorus*.

В видовом отношении наиболее богато представлены коловратки, особенно род *Brachionus* (13 видов). Таксономическая структура зоопланктонного сообщества трех изученных прудов представлена в таблице 2.

Таблица 2. Таксономическая структура зоопланктона (в % от общей биомассы) в нагульных прудах каскада.

Пруды	Ветвистоусые	Веслоногие	Коловратки
Верхний	56,3±11,4	40,5±8,9	3,2±2,6
Средний	52,6±9,5	38,7±6,7	8,7±4,3
Нижний	49,7±6,3	41,1±5,6	9,2±3,4

Как видим из таблицы, доля ветвистоусых в общей биомассе зоопланктона укладывалась в пределах от 52% до 56%, веслоногих 38-41% и коловраток от 3% до 9%. Прослеживалась тенденция увеличения доли коловраток рода *Brachionus* (13 видов) в планктоне Нижнего пруда. Величины общей численности и биомасс в зоопланктонном сообществе исследованных прудов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Общая биомасса (мг/л) и численность (экз./л) зоопланктона рыбоводных прудов каскада.

Пруд	Биомасса	Численность
Верхний	6,44±1,84	457 ±194
Средний	13,29±3,02	669 ±167
Нижний	18,11 ± 4,60	799 ±284

По данным таблицы 3 видим, что уровень развития зоопланктона (по биомассе) Нижнего пруда превышает таковой Верхнего в три раза. Сезонная динамика развития зоопланктона, выраженная величинами ее суммарной биомассы в трех нагульных прудах каскада, представлена на рис. 1.

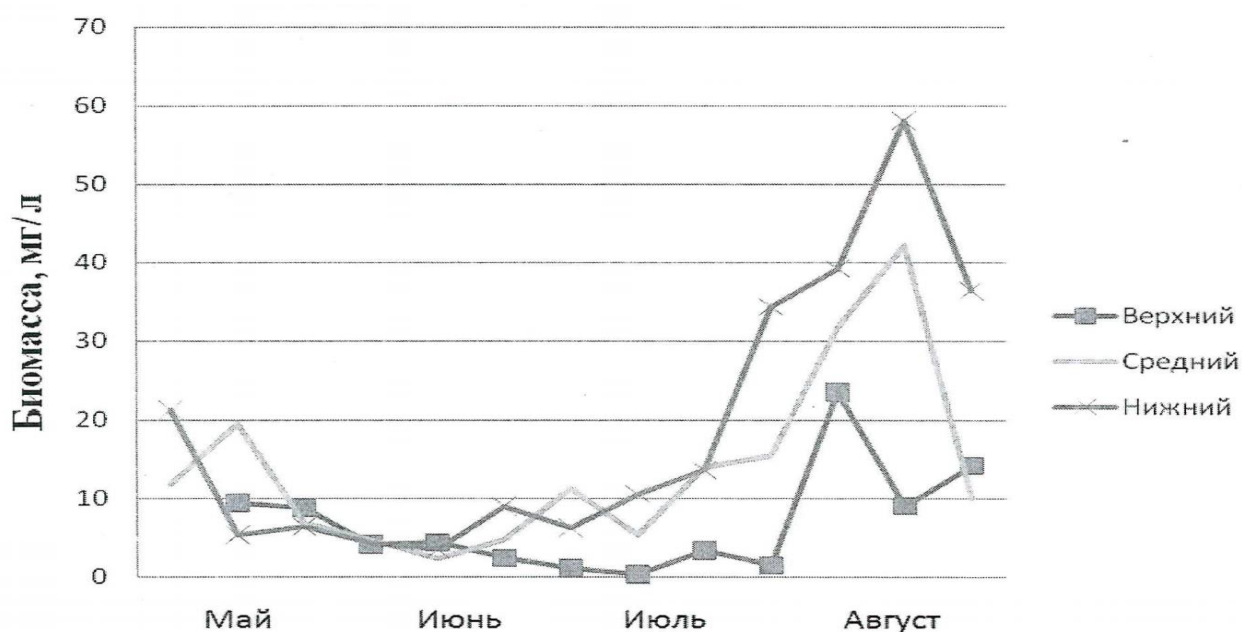


Рисунок 1. Сезонная динамика развития зоопланктона в нагульных прудах каскада.

Как видим, динамика развития зоопланктона имеет форму кривой с большим максимумом во второй половине августа и небольшим майским увеличением развития. Рисунок демонстрирует большой по величине августовский максимум развития зоопланктона в Нижнем пруду по сравнению с Верхним.

Трофическая структура сообщества зоопланктона состоит из двух взаимодействующих систем хищник-жертва. Анализ поведения организмов этих систем позволяет судить о мере их сбалансированности, степени их взаимодействия, что чрезвычайно важно при оценке воздействия на экосистему прудов. Сосуществование сообщества типа хищник-жертва предполагает наличие определенного равновесия между адаптивными признаками и функциями хищника и жертвы, создаваемого в процессе эволюции. Трофический статус видов может меняться в зависимости обилия и доступности пищевых объектов (таблица 4).

Таблица 4. Соотношение биомасс хищного зоопланктона и фильтраторов в зоопланктоне прудов каскада

Пруды	Фильтраторы	Хищники		
В, мг/м ³	%	В, мг/м ³	%	
Верхний	4,46	76	1,41	24
Средний	10,14	75	3,42	25
Нижний	12,02	72	4,68	28

Как видим, доля хищников в планктоне изученных прудов составляла по биомассе от 24 до 28%, демонстрируя тенденцию ее увеличения от Верхнего пруда к Нижнему, что можно объяснить большим развитием и по численности и биомассе мелких коловраток, в особенности рода *Brachionus*, являющихся подходящим по размерам пищевым ресурсом для хищного зоопланктона. Таким образом, полученные данные по уровню развития зоопланктона, его таксономической структуры указывают на сильную связь с количеством органического вещества, попадающего в пруды.

Планктонное сообщество, и в частности зоопланктонное, чрезвычайно чувствительно к уровню интенсификации и водному режиму, благодаря которому формируется тот или иной структурный облик зоопланктонного сообщества рыбоводного пруда. Перенос органического вещества из верхнего и нижние пруды каскада привел к повышению численности и биомассы зоопланктона в три раза, перестройке таксономической и трофической структуры его сообщества, что отразилось и на возрастании величин естественной и общей рыбопродукции нижних прудов по сравнению с верхним. О наличии переноса органического вещества в системе каскадно расположенных прудов свидетельствуют также повышенные величины перманганатной окисляемости прудовой воды и снижение ее прозрачности в нижних прудах по сравнению с верхним (таблица 1).

Выводы

1. Видовое богатство зоопланктона каскада из трех прудов: Верхнего, Среднего и Нижнего представлено 50 видами и родами, из которых доля ветвистоусых раков составляла 52-56%, веслоногих раков 38-41 %, коловраток 3-9%. Прослеживалась тенденция увеличения доли коловраток рода *Brachionus* (13 видов) в планктоне Нижнего пруда.

2. Доминантный комплекс видов Верхнего пруда составили: *Daphnia longispina*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*, *Polyarthra trigla.*, *Filinia longiseta*, *Keratella cochlearis*. В зоопланктоне Нижнего пруда доминантный комплекс был несколько иным, наряду с *Daphnia longispina* в него входила *Daphnia pulex*. Массово в планктоне была представлена *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma brachyurum*, *B. calyciflorus*. В видовом отношении наиболее богато представлены коловратки, особенно род *Brachionus* (13 видов).

3. Среднесезонная плотность (экз./л) и биомасса (мг/л) зоопланктона Верхнего пруда составила соответственно: 457 ± 194 и $6,44 \pm 1,84$; Среднего пруда: 669 ± 167 и $13,29 \pm 3,02$; Нижнего пруда 799 ± 284 и $18,11 \pm 4,60$ т.е. как плотность, так и биомасса зоопланктона возрастали от Верхнего к Нижнему пруду.

4. Доля зоопланктеров с хищным способом питания составляла от 24 до 28%. Наибольшая ее величина была зарегистрирована в планктоне Нижнего пруда.

5. В сезонной динамике биомассы зоопланктонного сообщества отмечалось два максимума развития: небольшой - майский и большой максимум во второй половине августа. Величина второго августовского максимума зоопланктона в Нижнем пруду была значительно превышала таковой Верхнего пруда.

6. Принимая во внимание, что в трех прудах каскада плотность выращивания карпа и объемы внесенных кормов были примерно равными, можно сделать вывод, что более высокие величины плотностей и биомасс зоопланктона связаны с переносом органического вещества по каскаду прудов от Верхнего к Нижнему. Судя по величинам прозрачности воды, которая напрямую зависит от уровня развития фитопланктона, в Нижнем пруду его биомассы должны быть также наибольшими, что в итоге и сформировало выявленные структуру и уровень развития зоопланктона в прудах с зависимым водоснабжением. Повышение уровней развития биологических сообществ (фито и зоопланктона) в нижних прудах каскада вызвали адекватное повышение рыбопродуктивности.

Список использованных источников

1. Исаева, С. А. Влияние искусственных кормов на развитие зоопланктона / С. А. Исаева // Рыбное хозяйство : респ. межведомств. темат. сб. / М-во рыб. хоз-ва СССР. – Киев, 1976. – Вып. 23. – С. 45–49.

2. Ветышева, М. Я. Зоопланктон нагульных прудов Чимкентского прудового хозяйства и его использование рыбами / М. Я. Ветышева // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана : сб. науч. ст. / Казах. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва. – Алма-Ата, 1973. – Вып. 8. – С. 56–61.

3. Punccharova-Novasova M – Archiv Hydrobiol., Suppl.49, 1976, № 17, p.450.

4. Кузнецов, Е. А. Бактериопланктон в каскаде рыбоводных прудов с зависимым водоснабжением / Е. А. Кузнецов // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. – 1983. – № 7. – С. 74–78.

5. Касымов, А. Г. Гидробиологическая характеристика каскадов прудов / А. Г. Касымов, Т. Д. Слепухина // Каскады прудов на водосборе реки Кумы. Заиление и гидробиология / Ин-т озераведения АН СССР ; отв. ред.: Г. В. Назаров, М. Я. Прыткова. – М., 1975. – Гл. 6. – С. 219–249.

6. Камлюк, Л. В. Гидробиологический режим систем рыбоводных прудов каскадного типа / Л. В. Камлюк, Ю. С. Потапенко // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 1984. – № 3. – С. 43–46.