



С.Н. Пантелей, В.Д. Сенникова, М.Н. Исаенко, М.И. Агеенко

РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», Минск, Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ МАЛЫХ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ, ВИДОВЫХ И ВОЗРАСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМИРУЕМОЙ В НИХ ИХТИОФАУНЫ

Аннотация: В статье приведен анализ материалов, полученных в ходе исследований гидробиоценозов малых прудов СПУ «Изобелино» (Молдечненский район Минской области, 2 зона рыбоводства), зарыбляемых в различном, зависящем от используемой схемы эксперимента, соотношении карповыми рыбами, в частности, личинками белого амура в монокультуре при плотности от 25 до 100 тыс. экз/га, личинками черного амура при плотности 20 тыс. экз/га., годовиками язя в монокультуре при плотности 6500 экз/га и в поликультуре с карпом, белым амуром, пестрым толстолобиком и европейским сомом. В соответствии с характером формируемых ихтиоценозов применялись разные схемы кормления. В ходе исследований установлено, что количественные и таксономические характеристики сообществ фито- и зоопланктона в значительной степени зависят от структуры и количественных характеристик сформированной в прудах ихтиофауны. Более высокие количественные показатели развития сообщества зоопланктона наблюдаются в условиях распределения потоков вещества и энергии по детритной цепи, в прудах, населённых поликультурой рыб, более интенсивно вовлекающих органическое вещество прудов в цепи питания, здесь закономерно более высокие темпы минерализации органического вещества и, соответственно, возврата углерода и биогенов в круговорот веществ в системе. Низкие плотности посадки белого амура закономерно оказывают существенно меньший прессинг на сообщества зоопланктона по сравнению с вариантами с более высокими плотностями посадки, поэтому достигается более высокая биомасса и продукция зоопланктона, а также потенциальная рыбопродукция за счёт планктонных сообществ. Наиболее эффективно продукция планктонных сообществ конвертиру-



ется в рыбопродукцию в прудах, где ихтиофауна представлена поликультурой прудовых карповых рыб. Потенциальная рыбопродуктивность здесь достигала 306,56 кг/га, при этом за счёт зоопланктона могло быть получено 300,0 кг/га рыбопродукции.

Ключевые слова: белый амур, пестрый толстолобик, язь, карп, европейский сом, монокультура, поликультура, посадочный материал, личинки, годовики, фитопланктон, зоопланктон, численность, биомасса, продукция

S. Panteley, V. Sennikova, M. Isaenko, M. Ageenko

RUE "Fish Industry Institute" of the RUE "Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry", Minsk, Belarus

FEATURES OF THE FORMATION OF PLANKTONIC COMMUNITIES OF SMALL FISH PONDS DEPENDING ON THE QUANTITATIVE, SPECIES AND AGE CHARACTERISTICS OF THE ICHTHYOFAUNA FORMED IN THEM

Abstract: The article presents an analysis of materials obtained in the course of studies of hydrobiocenoses of small ponds of breeding and genetic center "Isobelino" (Molodechno district of Minsk region, 2nd zone of fish farming), stocked in a different ratio, depending on the experimental scheme used, by cyprinid fish, in particular, larvae of grass carp in monoculture at a density of 25 to 100 thousand individuals per hectare, larvae of the chinese roach at a density of 20 thousand individuals per hectare, yearlings of the ide in monoculture at a density of 6500 individuals per hectare and in polyculture with carp, grass carp, mottled carp and european catfish. In accordance with the nature of the formed ichthyocenoses, different feeding schemes were used. In the course of the research, it was found that the quantitative and taxonomic characteristics of phyto- and zooplankton communities largely depend on the structure and quantitative characteristics of the ichthyofauna formed in ponds. Higher quantitative indicators of zooplankton community development are observed in conditions of distribution of matter and energy flows along the detritus chain, in ponds inhabited by fish polyculture, more intensively involving organic matter of ponds in the food chain, higher rates of mineralization of organic matter and, accordingly, the return of carbon and biogens to the circulation of substances in the system are natural here. Low planting densities of the Amur white naturally exert significantly less pressure on zooplankton communities compared to variants with higher planting densities, therefore, higher biomass and zooplankton production is achieved, as well as potential fish production due to plankton communities. The products of planktonic



communities are most effectively converted into fish products in ponds where the ichthyofauna is represented by a polyculture of pond carp fish. The potential fish productivity here reached 306,56 kg per hectare, while 300,0 kg per hectare of fish products could be obtained due to zooplankton.

Keywords: grass carp, mottled carp, ide, carp, European catfish, monoculture, polyculture, planting material, larvae, yearlings, phytoplankton, zooplankton, abundance, biomass, products

Введение. Цель настоящего исследования — изучение особенностей формирования планктонных сообществ малых рыбоводных прудов в зависимости от количественных, видовых и возрастных характеристик формируемой в них ихтиофауны.

Ставились следующие задачи:

- ♦ Изучить показатели количественного развития фитопланктона в разных вариантах исследований;
- ♦ Изучить показатели количественного развития зоопланктона в разных вариантах исследований;
- ♦ Провести сравнительный анализ показателей количественного развития фито- и зоопланктона, их продукционных показателей, а также расчётной рыбопродуктивности в зависимости от количественных, видовых и возрастных характеристик формируемой ихтиофауны вариантов исследований.

Материалы и методы исследований. Объект исследований — фито- и зоопланктон, прудовые карповые рыбы разных возрастов.

Исследования проводились в 2022 г. на базе СГК «Изобелино». В ходе исследований в прудах проводился регулярный мониторинг показателей видового состава и количественных характеристик развития планктонных сообществ. Для работы использовались небольшие пруды (площадью 0,08–0,1 га), расположенные локально в зоне рыбхоза, имеющей общую водоподачу, при этом водоснабжение прудов независимое. Средняя глубина прудов 1,1 м, грунты торфянистые, укрыты значительным (0,2–0,4 м) слоем иловых отложений. Зарастаемость водного зеркала прудов существенная (40–60 %).

Ихтиофауна прудов формировалась в весенний период искусственно, путём зарыбления посадочным материалом в количестве, зависящем от варианта эксперимента. Затраты кормов, а также плановая рыбопродуктивность в экспериментах зависят от видовых и количественных характеристик сформированной ихтиофауны. Видовые и количественные характеристики экспериментов в этом аспекте приведены в табл. 1.



Таблица 1. Схема зарыбления, кормовые затраты и плановые показатели рыбопродуктивности в вариантах эксперимента
Table 1. Stocking scheme, feed costs and planned indicators of fish productivity in experimental variants

Вариант	Вид рыбы	Возраст рыбы при посадке, полных лет	Плотность посадки, экз/га	Затраты корма*, кг/га	Плановая рыбопродуктивность, кг/га
1	белый амур	0	25000	0	180
2	белый амур	0	50000	1440	360
3	белый амур	0	100000	2880	720
4	черный амур	0	20000	0	90
5	язь	1	6500	2000	500
6	язь	1	1200	1380	500
	каarp	1	900		
	белый амур	1	100		
	пестрый толстолобик	1	100		
	сом	1	40		

Примечание. * — комбикорм рецептуры К-110.

Отбор и обработка планктонных проб проводились по общепринятым в гидробиологии методикам [1–7]. В работе использовались величины Р/В коэффициентов, коэффициента использования продукции рыбами, кормовых коэффициентов для сообществ фитопланктона (38, 0,3 и 20, соответственно), зоопланктона (22, 0,6 и 7, соответственно), приводимые рядом авторов [1, 2, 7]. Обработка полученных данных проводилась при помощи инструментов табличного процессора Excel.

Основная часть. Видовая структура и количественные характеристики развития планктонных сообществ в экспериментальных прудах

Фитопланктон

В июне-августе 2022 г. в фитопланктоне прудов СПУ «Изобелино», используемых под выращивание сеголетков белого амура (варианты 1–3), обнаружено 26 таксонов водорослей планктона: зеленые — 11 таксонов; сине-зеленые — 5; диатомовые — 8; пиррофитовые — 2. В группу доминант входили представители сине-зеленых водорослей — *Oscillatoria limnetica*, диатомовых — *Navicula sp.*, из пиррофитовых водорослей представители родов *Cryptomonas* и *Rhodomonas*.



Количественное развитие сообществ фитопланктона характеризовалось невысокими величинами (табл. 2–4).

Таблица 2. Средние показатели количественного развития фитопланктона в прудах при выращивании сеголетков белого амура при высокой степени интенсификации, СПУ «Изобелино», 2022 г.

Table 2. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in ponds during the cultivation of white Amur fingerlings with a high degree of intensification, SPU «Isobelino», 2022

Отдел водорослей	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./л	%	мг/л	%
Зеленые	15,60	2,80	0,06	3,75
Сине-зеленые	250,00	37,50	0,43	20,65
Диатомовые	109,38	14,60	0,46	17,35
Пирофитовые	265,63	43,05	1,16	57,10
Эвгленовые	15,63	2,05	0,03	1,15
Золотистые	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого	656,25	100,00	2,13	100,00

Таблица 3. Средние показатели количественного развития фитопланктона в прудах при выращивании сеголетков белого амура при средней степени интенсификации, СПУ «Изобелино», 2022 г.

Table 3. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in ponds during the cultivation of white Amur fingerlings with an average degree of intensification, SPU «Isobelino», 2022

Отдел водорослей	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./л	%	мг/л	%
Зеленые	0,00	0,00	0,00	0,00
Сине-зеленые	31,25	10,00	0,05	2,65
Диатомовые	62,50	33,35	0,27	28,50
Пирофитовые	156,25	56,65	1,00	68,85
Эвгленовые	0,00	0,00	0,00	0,00
Золотистые	0,00	0,00	0,00	0,00
Итого	250,00	100,00	1,31	100,00

Анализ показателя численности не позволяет сделать вывода о его взаимосвязи с плотностью посадки, поскольку наименьшая величина показателя наблюдается в варианте со средней в эксперименте степенью интенсификации (первоначальная плотность посадки 50 тыс. экз/га личинки белого амура). При анализе показателя биомассы четко прослеживается тенденция к снижению величины показателя при сниже-

нии степени интенсификации. Так, в варианте с наименьшей степенью интенсификации (первоначальная плотность посадки 25 тыс. экз/га личинки белого амура) наблюдается и наименьшая величина показателя биомассы фитопланктона (1,05 мг/л). При средней интенсификации (первоначальная плотность посадки 50 тыс. экз/га личинки белого амура) величина аналогичного показателя составила 1,31 мг/л, при наибольшей в эксперименте (первоначальная плотность посадки 100 тыс. экз/га личинки белого амура) 2,13 мг/л.

Таблица 4. Средние показатели количественного развития фитопланктона в прудах при выращивании сеголетков белого амура при низкой степени интенсификации, СПУ «Изобелино», 2022 г.

Table 4. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in ponds during the cultivation of white Amur fingerlings with a low degree of intensification, SPU «Isobelino», 2022

Отдел водорослей	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./л	%	мг/л	%
Зеленые	93,75	26,00	0,16	14,80
Сине-зеленые	93,75	28,05	0,46	47,10
Диатомовые	15,63	10,00	0,02	1,60
Пирофитовые	328,13	33,85	0,04	3,00
Эвгленовые	15,63	0,00	0,37	31,90
Золотистые	15,63	11,60	0,02	1,60
Итого	562,50	100,00	1,05	100,00

Процентные соотношения представителей отдельных таксонов в сообществах фитопланктона как по биомассе, так и по численности не позволяют сделать определённых выводов о влиянии степени интенсификации на таксономическую структуру сообществ. На уровне тенденции можно отметить, что при более высоких плотностях посадки доминируют по биомассе пирофитовые водоросли, в то время как при наименьшей плотности посадки личинок белого амура — сине-зелёные водоросли, характеризующиеся потенциальной токсичностью для рыб.

При выращивании сеголетков черного амура, также в монокультуре, среднесезонные значения величин, характеризующих количественное развитие фитопланктона, отличались от таковых в предыдущих вариантах (табл. 5).

Как видно из данных, приведенных в табл. 5, при численности, превышающей таковую во 2 варианте, среднесезонный показатель биомассы самый низкий (0,8 мг/л). Это может объясняться более медленным



возвратом вещества и энергии в трофическую сеть, поскольку, в отличие от белого амура, черный амур не потребляет макрофиты и их вещество остаётся недоступным гидробиоценозу длительное время.

Таблица 5. Средние показатели количественного развития фитопланктона в прудах при выращивании сеголетков белого амура при низкой степени интенсификации, СПУ «Изобелино», 2022 г.

Table 5. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in ponds during the cultivation of white Amur fingerlings with a low degree of intensification, SPU «Isobelino», 2022

Отдел водорослей	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./л	%	мг/л	%
Зеленые	62,5	20,0	0,0	4,9
Диатомовые	31,3	10,0	0,3	33,1
Пирофитовые	187,5	60,0	0,5	58,3
Золотистые	31,3	10,0	0,0	3,7
Итого	312,5	100,0	0,8	100,0

При выращивании двухлетков язя в моно- и поликультуре сформированные сообщества зоопланктона также обладали определёнными особенностями. В вегетационном сезоне 2022 г. в фитопланктоне прудов СПУ «Изобелино», используемых под выращивание двухлетков язя, обнаружено 28 таксонов водорослей планктона: зеленые — 13 таксонов; сине-зеленые — 5; диатомовые — 8; пирофитовые — 2. В группу доминант входили представители сине-зеленых водорослей — *Oscillatoria limnetica*, *Microcystis sp.*, из зеленых — *Coelastrum cambricum*, диатомовых — *Nitzschia acicularis*, *Pinnularia sp.* из пирофитовых водорослей представители родов *Cryptomonas* и *Rhodomonas*.

Уровень количественного развития планктонных водорослей в прудах при выращивании сеголетков язя был низким, что вероятно связано с высокой зарастаемостью прудов макрофитами (табл. 6, 7).

Как видно из данных, представленных в табл. 6–7, наблюдались заметные различия как в количественных показателях, так и в таксономической структуре сообществ фитопланктона прудов разных вариантов. Так, при выращивании двухлетков язя в поликультуре, средняя численность и биомасса были ниже по сравнению с аналогичными показателями в прудах при выращивании двухлетков язя в монокультуре (в 0,7 и 0,5 раза, соответственно). В то же время таксономический состав сообществ фитопланктона при выращивании язя в поликультуре был существенно богаче, включая 6 отделов водорослей, в то время



как в варианте с монокультурой насчитывалось только 3 отдела водорослей. Пирофитовые водоросли доминировали во всех вариантах, однако к субдоминантам в варианте с монокультурой относились диатомовые водоросли, в то время как в варианте с поликультурой диатомовые и зеленые водоросли. Это объясняется, вероятно, влиянием видового и количественного состава ихтиофауны прудов на консументов 1 порядка (зоопланктеров-фильтраторов), обладающих избирательной способностью к элиминации тех или иных видов водорослей.

Таблица 6. Средние показатели количественного развития фитопланктона в прудах при выращивании двухлеток язя в поликультуре, СПУ «Изобелино», 2022 г.

Table 6. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in ponds during the cultivation of two-year-old ide in polyculture, SPU «Isobelino», 2022

Отдел водорослей	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./л	%	мг/л	%
Зеленые	15,63	3,55	0,01	0,50
Сине-зеленые	15,63	8,35	0,03	20,85
Диатомовые	109,38	25,00	0,36	35,30
Пирофитовые	140,63	55,95	0,15	40,40
Эвгленовые	0,00	0,00	0,00	0,00
Золотистые	31,25	7,15	0,03	2,95
Итого	312,50	100,00	0,57	100,00

Таблица 7. Средние показатели количественного развития фитопланктона в прудах при выращивании двухлеток язя в монокультуре, СПУ «Изобелино», 2022 г.

Table 7. Average indicators of the quantitative development of phytoplankton in ponds during the cultivation of two-year-old ide in monoculture, SPU «Isobelino», 2022

Отдел водорослей	Численность		Биомасса	
	тыс. экз./л	%	мг/л	%
Зеленые	156,25	27,70	0,57	34,15
Сине-зеленые	156,25	23,80	0,24	11,95
Пирофитовые	140,63	48,50	0,34	53,90
Итого	453,13	100,00	1,15	100,00

Зоопланктон.

Анализ количественных и таксономических характеристик сообществ зоопланктона в прудах, где проводились эксперименты по выяв-



лению оптимальных технологических подходов к выращиванию посадочного материала белого амура, показывает отсутствие выраженных тенденций к изменению таксономической структуры формируемых сообществ зоопланктона в зависимости от плотности посадки личинки белого амура и, соответственно, применяемого комплекса технологических подходов. В то же время влияние вышеуказанного на количественные характеристики сообществ зоопланктона очевидно (табл. 8).

Таблица 8. Средние показатели количественного развития зоопланктона в прудах при выращивании сеголетков белого амура в монокультуре при различной степени интенсификации, СПУ «Изобелино», 2022 г.
Table 8. Average indicators of quantitative zooplankton development in ponds during the cultivation of white Amur fingerlings in monoculture with varying degrees of intensification, SPU «Isobelino», 2022

Вариант (плотность посадки личинки)	Таксон	Численность, экз/л	Биомасса, мг/л	Численность, %	Биомасса, %
1 (25000 экз/га)	Copepoda	32,5	4,855	67,59	49,44
	Cladocera	13	6,635	19,22	41,83
	Rotifera	5,5	0,25	13,20	8,74
	всего	51	11,74	100,00	100,00
2 (50000 экз/га)	Copepoda	13	1,65	41,16	41,16
	Cladocera	6	1,435	19,56	19,56
	Rotifera	8,5	0,035	39,29	39,29
	всего	27,5	3,12	100,00	100,00
3 (100000 экз/га)	Copepoda	11,5	1,095	63,89	46,50
	Cladocera	6	1,83	33,33	53,11
	Rotifera	0,5	0,005	2,78	0,40
	всего	18	2,93	100,00	100,00

Из данных, приведенных в табл. 8, видно, что максимальная среднесезонная численность биомасса наблюдается у сообщества зоопланктона в варианте с минимальной плотностью посадки (вариант 3, 51 экз/л и 11,74 мг/л, соответственно). С увеличением плотности посадки личинки белого амура вдвое численность снижается в 1,85 раза (27,5 экз/л), биомасса в 3,76 раза (3,12 мг/л). Дальнейшее увеличение плотности посадки приводит к дальнейшему снижению количественных характеристик сообщества зоопланктона, хоть и не столь выраженному, как в первом случае. По отношению к первому варианту численность снижается в 2,83 раза (18 экз/л), биомасса в 4,0 раза (2,93 мг/л). Это говорит

об интенсивном потреблении зоопланктона выращиваемой молодь белого амура как в вариантах, где для кормления использовался комбикорм (2 и 3 варианты), так и в 1 варианте, где комбикорм не использовался. Однако интенсивное выедание приводило к элиминации производителей и снижению продукционного потенциала сообществ во 2 и 3 вариантах.

Численные характеристики зоопланктонного сообщества в четвёртом из рассматриваемых вариантов исследования определялись видовыми и возрастными характеристиками ихтиофауны, как это можно установить, проведя сравнительный анализ приведенных выше (табл. 9) и следующих данных (табл. 10).

Таблица 9. Средние показатели количественного развития зоопланктона в прудах при выращивании сеголетков черного амура в монокультуре, СПУ «Изобелино», 2022 г.

Table 9. Average indicators of quantitative development of zooplankton in ponds during the cultivation of black Amur fingerlings in monoculture, SPU «Isobelino», 2022

Вариант (плотность посадки личинки)	Таксон	Численность, экз/л	Биомасса, мг/л	Численность, %	Биомасса, %
4 (черный амур- 20000 экз/га)	Copepoda	24	4,01	72,73	88,91
	Cladocera	3	0,3	9,09	6,65
	Rotifera	6	0,2	18,18	4,43
	всего	33	4,51	100	100

Исходя из анализа этих данных, биомасса зоопланктона в четвёртом варианте выше по сравнению с вариантами 2 и 3, где при достаточно высоких плотностях посадки выращивался белый амур, на начальных этапах в значительной мере питающийся зоопланктоном. Высокая интенсивность питания привела к элиминации значительного количества «производителей» зоопланктона, что в дальнейшем сказалось на продукционных характеристиках сообщества. В то же время биомасса зоопланктона в первом варианте, где белый амур выращивался при низкой плотности посадки, превышала аналогичный показатель в анализируемом варианте более чем вдвое. Как уже говорилось, белый амур питается зоопланктоном только на начальных этапах выращивания, поэтому относительно небольшое его количество не приводило к элиминации такого количества «производителей» зоопланктона и в дальнейшем, при переходе белого амура на питание растительностью, описываемое



сообщество характеризовалось более высокими продукционными показателями по сравнению с вариантом 4, где черный амур питался планктонными ракообразными на протяжении всего сезона.

В целом, анализируя показатели количественного развития планктонных сообществ в исследуемых вариантах, следует отметить, что по сравнению с сообществом фитопланктона количественное развитие сообществ зоопланктона в прудах СПУ «Изобелино», характеризовалось значительно более высокими величинами. Например, варианте с поликультурой язя (вариант 6) среднесезонная биомасса зоопланктона составила 15,9 мг/л при биомассе фитопланктона 0,57 мг/л. Поскольку очевидна недостаточность продукции фитопланктона для обеспечения такого показателя биомассы, можно предположить, потоки вещества и энергии распределялись в вегетационном сезоне 2022 г в исследуемых вариантах по детритной цепи, то есть зоопланктон питался преимущественно сестоном, представленным сапрофитными микроорганизмами. В таком случае закономерны более высокие темпы минерализации органического вещества в прудах, населённых поликультурой рыб, более интенсивно вовлекающих органическое вещество прудов в цепи питания. Этим и могут объясняться высокие количественные показатели развития сообщества зоопланктона в этом случае, что подтверждается значительной разницей биомасс в вариантах с моно- и поликультурой (табл. 10).

Таблица 10. Средние показатели количественного развития зоопланктона в прудах при выращивании двухлетков язя, СПУ «Изобелино», 2022 г.
Table 10. Average indicators of quantitative development of zooplankton in ponds during the cultivation of two-year-old yazia, SPU «Isobelino», 2022

Вариант	Таксон	Численность, экз/л	Биомасса, мг/л	Численность, %	Биомасса, %
5 (язь, монокультура)	Copepoda	12	0,86	44,44	35,10
	Cladocera	12	1,58	44,44	64,49
	Rotifera	3	0,01	11,12	0,41
	всего	27	2,45	100	100
6 (язь, поликультура)	Copepoda	24	4,24	47,06	26,65
	Cladocera	23	11,63	45,1	73,10
	Rotifera	4	0,04	7,84	0,25
	всего	51	15,91	100	100

Как видно из данных, представленных табл. 10, в варианте с монокультурой двухлетков язя, среднесезонный показатель биомассы зоо-



планктона составил 2,45 мг/л. В варианте с поликультурой показатели количественного развития сообщества зоопланктона значительно выше (биомасса 15,9 мг/л). Доминировали в этих вариантах считающиеся более ценными в пищевом отношении по сравнению с другими таксонами зоопланктона ветвистоусые ракообразные (64,5 %).

Исходя из вышеперечисленного, можно заключить, что количественные и таксономические характеристики сообществ фито- и зоопланктона в значительной степени зависели от структуры и количественных характеристик сформированной в прудах ихтиофауны. Во всех прудах биомасса фитопланктона не обеспечивала потребностей зоопланктона, поэтому логично предположить, что потоки вещества и энергии распределялись в вегетационном сезоне 2022 г в исследуемых вариантах по детритной цепи, то есть зоопланктон питался преимущественно сестоном, представленным сапрофитными микроорганизмами. В таком случае закономерны более высокие темпы минерализации органического вещества в прудах, населённых поликультурой рыб, более интенсивно вовлекающих органическое вещество прудов в цепи питания. Этим могут объясняться высокие количественные показатели развития сообществ зоопланктона в этих вариантах. Плотность посадки белого амура 25000 экз/га (вариант 1) оказывала существенно меньший прессинг на сообщества зоопланктона, поэтому достигалась более высокая биомасса (11,74 мг/л).

Таблица 11. Биомасса, сезонная продукция планктонных сообществ прудов и потенциальная рыбопродукция за их счёт, СПУ «Изобелино», 2022 г.
Table 11. Biomass, seasonal production of pond plankton communities and potential fish products at their expense, SPU «Isobelino», 2022

Вариант	Фитопланктон			Зоопланктон		
	В*, мг/л	Р**, мг/л	РП***, кг/га	В, мг/л	Р, мг/л	РП, кг/га
1	2,13	80,94	-	11,74	258,28	221,4
2	1,31	49,78	-	3,12	68,64	58,8
3	1,05	39,9	-	2,93	64,46	55,3
4	0,8	30,4	-	4,51	99,22	85,0
5	0,57	21,66	-	2,45	53,9	46,2
6	1,15	43,7	6,56	15,91	350,02	300,0

Примечание. В* — биомасса, Р** — продукция, РП*** — потенциальная рыбопродуктивность. Рыбопродуктивность за счёт фитопланктона рассчитана только для варианта 6, где в поликультуре был потребляющий его толстолобик.



Также интересным в рамках этой работы представлялось оценить продукционные показатели планктонных сообществ в зависимости от варианта исследования, а также обеспечиваемую ими потенциальную рыбопродуктивность. Эти данные представлены в табл. 11.

Как видно из данных, приведенных в табл. 11, максимальная сезонная продукция была у сообщества фитопланктона из первого варианта. Однако показатель потенциальной рыбопродукции за счёт фитопланктона целесообразно рассчитывать только для шестого варианта, поскольку в состав выращивавшейся в варианте поликультуры рыб входил толстолобик, способный потреблять фитопланктон непосредственно. За счёт этого ресурса могло быть получено 6,56 кг рыбопродуктивности. Наибольшей среди исследованных вариантов продуктивностью обладало сообщество зоопланктона шестого варианта (350,02 мг/л за сезон), где содержалась поликультура двухлетков карповых рыб. Кроме того, высокой продуктивностью характеризовалось сообщество зоопланктона в прудах первого варианта исследований, где при относительно низкой плотности в монокультуре содержался сеголеток белого амура (258,28 кг/га). Соответственно, и наибольшие величины потенциальной рыбопродуктивности были получены в вариантах 1 и 6 (221,4 и 300,0 кг/га, соответственно). В других прудах этот показатель был заметно ниже.

Выводы. Количественные и таксономические характеристики сообществ фито- и зоопланктона в значительной степени зависели от структуры и количественных характеристик сформированной в прудах ихтиофауны.

Во всех вариантах исследования биомасса фитопланктона не обеспечивала потребностей зоопланктона. Таким образом, потоки вещества и энергии распределялись в вегетационном сезоне 2022 г в исследуемых вариантах по детритной цепи, то есть зоопланктон питался преимущественно сестоном, представленным сапрофитными микроорганизмами. Этим объясняются высокие количественные показатели развития сообщества зоопланктона в этих варианте 6, поскольку в прудах, населённых поликультурой рыб, более интенсивно вовлекающих органическое вещество прудов в цепи питания, закономерны более высокие темпы минерализации органического вещества и, соответственно, возврата углерода и биогенов в круговорот веществ в системе.

Плотность посадки белого амура 25000 экз/га (вариант 1) оказывала существенно меньший прессинг на сообщество зоопланктона по сравне-



нию с вариантами с более высокими плотностями посадки (50000 и 100000 экз/га), поэтому достигалась более высокая биомасса и продукция зоопланктона, а также потенциальная рыбопродукция за счёт планктонных сообществ (11,74 мг/л, 258,28 мг/л и 221,4 кг/га, соответственно).

Наиболее эффективно продукция планктонных сообществ конвертировалась в рыбопродукцию в варианте, где ихтиофауна была представлена поликультурой прудовых карповых рыб. Потенциальная рыбопродуктивность составила 306,56 кг/га, при этом за счёт зоопланктона могло быть получено 300,0 кг/га рыбопродукции.

Список использованных источников

1. Лапицкий, И. И. Направленное формирование ихтиофауны и управление численностью популяций рыб в Цимлянском водохранилище / И. И. Лапицкий. — Волгоград : Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1970. — 280 с. — (Труды / Волгоград. отд-ние Гос. науч.-исслед. ин-т озер. и реч. рыб. хоз-ва ; т. 4).
2. Киселев, И. А. Методы исследования планктона / И. А. Киселев // Жизнь пресных вод СССР / под ред. Е. Н. Павловского, В. И. Жадина. — М. ; Л., 1956. — Т. 4, ч. 1. — С. 183–265.
3. Китаев, С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / С. П. Китаев ; отв. ред. Г. Г. Винберг. — М. : Наука, 1984. — 207 с.
4. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва, Акад. наук СССР, Зоол. ин-т ; сост.: А. А. Салазкин [и др.]. — Л. : ГосНИОРХ, 1984. — 52 с.
5. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ин-т глобал. климата и экологии ; подгот.: В. А. Абакумов [и др.] ; под ред. В. А. Абакумова. — СПб. : Гидрометеоиздат, 1992. — 318 с.
6. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях / Акад. наук СССР, Науч. совет по проблемам гидробиологии, ихтиологии и использования биол. ресурсов водоемов ; редкол.: Е. В. Боруцкий (отв. ред.) [и др.]. — М. : Наука, 1974. — 254 с.
7. Известия Государственного научно-исследовательского института озерного и речного хозяйства / М-во рыб. хоз-ва РСФСР. — Л. : [б. и.], 1976. — Т. 108 : Основные типы озер гумидной зоны СССР и их биолого-продукционная характеристика. — 194 с.

References

1. Lapitskii I. I. Directed formation of the ichthyofauna and control of the number of fish populations in the Tsimlyansk reservoir. Volgograd, Nizhne-Volzhsk book publishing house, 1970. 280 p. (in Russian).



2. Kiselev I. A. Metody issledovaniya planktona. Zhizn' presnykh vod SSSR. T. 4. Ch. 1 [Life of fresh waters of the USSR. Vol. 4. Pt. 1]. Moscow, Leningrad, 1956, pp. 183–265 (in Russian).
3. Kitaev S. P. Ecological foundations of the bioproductivity of lakes in different natural zones. Moscow, Nauka Publ., 1984. 207 p. (in Russian).
4. Salazkin A. A. (comp.) (et al.). Guidelines for the collection and processing of materials for hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zoobenthos and its products. Leningrad, State Research Institute of Lake and River Fisheries, 1984. 52 p. (in Russian).
5. Abakumov V. A. (ed.). Guidance on hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1992. 318 p. (in Russian).
6. Borutskii E. V. (ed.). Methodical manual for the study of nutrition and food relations of fish in natural conditions. Moscow, Nauka Publ., 1974. 254 p. (in Russian).
7. Proceedings of the State Research Institute of Lake and River Economy. Vol. 108. The main types of lakes in the humid zone of the USSR and their biological and production characteristics. Leningrad, 1976. 194 p. (in Russian).

Сведения об авторах

Пантелей Сергей Николаевич — кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: pantsialei@yandex.ru

Сенникова Виолетта Дмитриевна — старший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева, 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

Исаенко Марина Николаевна — младший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

Агеенко Мария Игоревна — младший научный сотрудник лаборатории прудового и индустриального рыбоводства, РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (ул. Стебенева 22, 220024, Минск, Республика Беларусь). E-mail: belniirh@tut.by

Information about the authors

Panteley Sergey — Ph.D. (Agriculture), RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: pantsialei@yandex.ru



Sennikova Violetta — Senior researcher of the Laboratory of Pond and Industrial Fish Farming, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (220024, Minsk, st. Stebeneva, 22, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Isaenko Marina — Junior researcher at the Laboratory of Pond and Industrial Fish Farming, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (22 Stebeneva str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by

Ageenko Maria — Junior researcher at the Laboratory of Pond and Industrial Fish Farming, RUE “Fish Industry Institute” of the RUE “Scientific and Practical Center of Belarus National Academy of Sciences for Animal Husbandry” (22 Stebeneva str., 220024, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: belniirh@tut.by