

И. Ю. Куреева

БАКТЕРИОПЛАНКТОН ОСЕТРОВЫХ ПРУДОВ

Представлен анализ основных структурно-морфологических и функциональных показателей бактериопланктона выростных осетровых прудов. Общая численность тотального бактериопланктона была достаточно высокой и стабильной даже при высоких значениях летней температуры воды и лимитировалась наличием консументов. Трофический статус прудов в процессе выращивания рыбы менялся. Скорость роста и размножения бактериальных клеток были практически одинаковыми. В морфологическом составе доминировали крупные палочки. Размерные показатели микробных группировок колебались в широких пределах пропорционально их количеству. Невысокое содержание спорных клеток – показатель отсутствия процессов гниения в анаэробных условиях. Активная минерализующая деятельность бактериопланктона формировала благоприятный экологический режим для выращивания рыбы.

Ключевые слова: бактериопланктон, численность, биомасса, время генерации, скорость размножения, продукция, кокки, палочки, споры, минерализация.

Введение

В мониторинге пресноводных экосистем численность и структурно-морфологический состав бактериопланктона входят в группу индикаторов, с помощью которых можно характеризовать качество воды и условия обитания гидробионтов, особенно при искусственном рыборазведении, когда особенно важна жизнестойкость выращиваемых рыб. Экологический статус водных экосистем характеризуют структурные, морфологические и функциональные показатели бактериопланктона (общая численность, динамика развития, биомасса, время генерации, морфологический состав, минерализующая активность) [1–3].

Целью нашего исследования было изучение структурно-морфологического состава и функциональной активности тотального бактериопланктона выростных осетровых прудов осетрового рыбоводного завода (ОРЗ) «Кизанский» (Астраханская область).

Материал и методы исследования

Объектом исследования служил бактериопланктон выростных осетровых прудов ОРЗ «Кизанский» (Астраханская область).

Методы исследования – общепринятые в водной микробиологии [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Молодь белуги выращивалась прудовым методом по пастбищной технологии при плотности посадки рыбы 108 тыс. экз./га. Для стимуляции развития природной кормовой базы пруды удобрялись. С целью обеспечения молоди белуги мелким доступным зоопланктоном при переходе на смешанное питание в пруды вносилась маточная культура дафний. Наличие необходимого количества доступного корма облегчало процесс адаптации молоди белуги к новым условиям обитания и снижало ее отход на данном этапе онтогенеза.

Полученные микробиологические показатели бактериопланктона выростных осетровых прудов приведены в табл. 1.

Численность тотального бактериопланктона варьировала в пределах 0,14–5,77 млн кл/мл при среднем показателе 3,18 млн кл/мл. Сезонная динамика развития водных бактерий соответствовала 1-му типу по классификации Г. П. Вороновой (1972), что является наиболее распространенным вариантом для прудов аридной зоны [5]. При этом наблюдались 2 пика развития, первый из которых отмечался сразу после внесения в пруды маточной культуры дафний, когда общая численность водных микроорганизмов увеличилась в среднем в 8 раз – до 1,28 млн кл/мл. Данное явление можно связать с активным поеданием водных бактерий вселенными в пруд дафниями и соответствующей реакцией бактериопланктона – активным размножением. Второй пик развития водных бактерий наблюдался в конце периода выращивания молоди белуги при температуре воды +25 °С и был больше связан с накоплением в пруду автохтонного органического вещества [6]. Пики численности и биомассы бактериопланктона совпадали, т. е. размеры микробных клеток менялись прямо пропорционально их количеству, удовлетворяя пищевые

потребности консументов (зоопланктона). Кривые общего количества водных бактерий и величины перманганатной окисляемости также совпали. Гидрохимический режим выростных прудов был благоприятным – содержание кислорода не опускалось ниже 5,8 мг/л, величина перманганатной окисляемости не превышала 8,3 мг О/л.

Таблица 1

Основные структурно-функциональные показатели бактериопланктона выростных осетровых прудов на ОРЗ «Кизанский» (среднее многолетнее)

Дата отбора проб	Общая численность микроорганизмов, млн кл/мл	Биомасса бактериопланктона В, г/м ³	Время генерации, ч	Продукция бактериопланктона Р, г/м ³	Р/В, сут ⁻¹
26.04	0,14	0,12	19,0	0,11	0,91
11.05	1,28	1,11	16,0	1,12	1,1
15.05	1,59	1,52	14,5	1,45	0,95
20.05	1,97	1,79	10,4	2,53	1,4
30.05	2,44	2,11	8,80	4,58	2, 2
Среднее за май	1, 83	1,64	12,4	2,42	1,4
04.06	3,35	2,73	5,70	8,10	3,0
09.06	3,72	3,51	4,50	11,0	3,1
14.06	5,86	5,55	1,20	18,3	3,3
19.06	5,72	5,33	1,34	29,0	5,4
25.06	5,77	5,61	1,24	32,0	5,7
Среднее за июнь	4,88	4,55	2,80	19,7	4,1
Среднесуточное	3,41	3,15	8,0	10,92	2,8
Суммарное	–	–	–	486,9	134

В морфологическом составе бактериопланктона доминировала группа палочек, среднее содержание которых составило 53 % от общей численности бактерий, содержание кокковидных – 46 %. Самой малочисленной группой были споровые клетки – менее 1 % от общего числа, что свидетельствовало о благоприятном экологическом режиме водоемов и интенсивных процессах самоочищения в них. Выявлены 4 размерные группы клеток: мелкие (меньше 0,1 мкм), средние (0,1–0,2 мкм), относительно крупные (0,2–0,5 мкм), крупные (больше 0,5 мкм). Численно преобладали крупные палочковидные клетки (более 50 %), средний объем которых составлял 0,92 мкм³. В июне объем палочек и спор увеличился практически в 2 раза, а объем кокков уменьшился в 6 раз, что можно связать с накоплением и деструкцией в прудах автохтонного органического вещества. В сезонном аспекте прослеживалась четкая динамика структурных изменений микробного сообщества – смена кокковидных форм средних размеров (0,20 мкм), количественно доминирующих в начале вегетационного периода, палочковидными – в конце периода выращивания молоди, при одновременном увеличении размерных показателей бактерий обеих групп до 1,2 и 1,02 мкм³ (табл. 2).

Таблица 2

Размерно-морфологический состав бактериопланктона (среднее)

Месяц	Палочки		Кокки		Споры	
	Количество, %	Объем, мкм ³	Количество, %	Объем, мкм ³	Количество, %	Объем, мкм ³
Май	30	0,62	58	0,20	0,50	0,15
Июнь	76	1,20	33	1,02	1,20	0,37
Среднее	53	0,92	46	0,61	0,85	0,46

Биомасса водных микроорганизмов – результат суммарного кооперативного эффекта деятельности всех размерных групп бактериопланктона. Кроме численности и размеров бактериопланктона, на величину его биомассы влияют климатические и региональные особенности водоема, количество и видовой состав зоо- и фитопланктона, скорость размножения и потребления бактерий [6]. Анализ полученных данных показал, что биомасса бактериопланктона обследованных осетровых прудов изменялась в широком диапазоне (0,12–5,61 мг/м³) пропорционально изменению общей численности бактерий с максимумом, приходящимся на конец вегетационного периода. Средняя за июнь биомасса бактерий составила 1,64 г/м³, в то время как в июле она увеличилась в 2,8 раза за счет повышения температуры воды, накопления питательных веществ в виде автохтонной органики, активного развития фитопланктона, расширения пищевого рациона зоопланктона и снижения его пресса на бактерий. Среднесезонная биомасса бактериопланктона не опускалась ниже 3,14 г/м³ и была достаточной для удовлетворения пищевых потребностей консументов (зоопланктона).

Скорость размножения бактерий – основной показатель их жизнедеятельности, характеризующий интенсивность процессов воспроизводства бактериальной биомассы и бактериального самоочищения водоема. Показателем скорости размножения в водной микробиологии считают время генерации – отрезок времени, в течение которого число клеток микроорганизмов удваивается [6]. В ходе исследований при расчете времени удвоения численности микроорганизмов мы исходили из обратной зависимости между величиной этого показателя и суточным *P/B*-коэффициентом [7]. Среднесезонный показатель времени генерации составил 8,0 часа при диапазоне колебаний данного показателя от весны к лету 19,0–1,14 часа. Время удвоения численности бактерий уменьшалось под влиянием абиотических (температура, концентрация органического вещества) и биотических факторов среды (консументы). Именно скорость размножения бактерий и обуславливала интенсивность бактериальных процессов в опытных водоемах, т. к. сразу после посадки дафний в водоемы наблюдалось ее резкое усиление. По данным лаборатории хозяйства, в составе зоопланктона опытных прудов численно и по биомассе преобладали *Dafnia magna* (0,97 г/м³), *D. pulex* (0,04 г/м³), *Cyclops* (0,02 г/м³), которые являлись основными потребителями бактериопланктона. Необходимо указать, что на скорость размножения бактерий могла влиять и динамика соотношения слабо и активно развивающихся форм бактерий, например активно размножающихся сапрофитов, численность которых в конце вегетационного периода увеличилась. Продуцирование бактериальной биомассы соответствовало 1-му типу по классификации А. П. Романовой, Т. Г. Гурунович (1983) – скорость роста и размножения бактерий были одинаковыми, что характерно для достаточно стабильных водных экосистем [8]. В мае средняя бактериальная продукция составляла 2,42 г/м³. В июне она увеличилась в 8 раз, достигнув своего максимума – 32,0 г/м³ в последнюю декаду. Тогда в морфологическом составе численно уже преобладали палочки и споры, а время генерации не превышало 1,24 часа. Среднесуточная бактериальная продукция была достаточно высокой – 10,91 г/м³ при суммарном за сезон показателе 486,9 г/м³. В экспериментальных прудах наибольший *P/B*-коэффициент наблюдался в конце вегетационного периода – 5,7 сут⁻¹ при максимальной общей численности и биомассе бактериопланктона, что вполне закономерно для водоемов аридной зоны [9]. Известно, что скорость оборачиваемости единицы биомассы бактериопланктона связана со скоростью элиминации бактерий в водоеме [10]. Скорость размножения бактериопланктона характеризует изучаемые пруды как среднепродуктивные. Достаточно высокие темпы размножения в целом обусловили значительно участие микроорганизмов в формировании биологической продукции и рыбопродуктивности обследованных прудов [11].

С целью оценки участия бактериопланктона в формировании экологического режима обследованных водоемов нами проводились расчеты деструкции (минерализации) органического вещества и восстановления биогенных элементов (азот, фосфор) водными бактериями [12, 13]. Кроме того, в результате минерализующей деятельности микроорганизмов постоянно создается оформленная биомасса – одна из основных форм органического вещества, легко трансформирующаяся на следующие трофические уровни, что особенно важно при пастбищной технологии выращивания рыбы. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Интенсивность бактериальной минерализации органических веществ и восстановления биогенных элементов в воде выростных прудов № 1, 2 (на сухую массу бактерий)

Дата отбора проб	Минерализация, г/м ³	Биогенные элементы, г/м ³	
		N ₂	P ₂
26.04.09	0,06	0,005	0,0003
11.05.09	0,64	0,05	0,003
15.05.09	1,0	0,10	0,005
20.05.09	1,6	0,13	0,008
30.05.09	3,1	0,24	0,015
Среднее за май	1,6	1,13	0,008
04.06.09	5,3	0,50	0,03
09.06.09	8,0	0,64	0,04
14.06.09	43,5	3,40	0,21
19.06.09	35,5	2,72	0,17
25.06.09	42,7	3,20	0,2
Среднее за июнь	27,0	2,09	0,13
Среднее	9,30	0,70	0,04
Суммарное	567,3	42,7	2,7

В исследуемых прудах № 1, 2 интенсивность бактериальной минерализации органических веществ усиливалась от начала к окончанию вегетационного периода (0,06–42,7 г/м²). В середине июня при максимальном прогреве воды в прудах наблюдалась резкая активизация бактериальной деструкции (43,5 г/м²), связанная с повышением температуры воды и усилением обмена веществ у водных бактерий (правило Ван-Гоффа). При этом восстановилось 3,4 г/м³ N₂ и 0,21 г/м³ P₂, необходимых для развития фитопланктона и высшей водной растительности. Всего за время выращивания молоди белуги деструкции подверглось 567,7 г/м³ органического вещества и восстановилось 72,7 г/м³ N₂ и 2,7 г/м³ P₂, достаточных для полноценной жизнедеятельности водных растений.

Заключение

Анализ полученных данных позволил сделать следующие выводы.

Общая численность бактерий в воде обследованных водоемов была достаточно высокой, но стабильной даже при высоких значениях летней температуры воды и лимитировалась наличием консументов (зоопланктона). Трофический статус прудов в процессе выращивания рыбы менялся – от олиготрофного (начало вегетационного периода) через мезотрофный (середина) к первой степени эвтрофного типа (окончание). Скорость роста и размножения бактериальных клеток в основном были одинаковыми, что подтверждается динамикой численности и биомассы бактериопланктона. С повышением температурного режима прудов отмечалась четкая положительная связь времени генерации с температурой воды. Сезонная динамика развития бактериопланктона и темп продуцирования его биомассы соответствовали 1-му типу по классификациям Г. П. Вороновой (1972) и А. П. Романовой, Т. Г. Гурунович (1983) соответственно. Количество и биомасса бактериопланктона удовлетворяли пищевые потребности вселенных консументов. В морфологическом составе доминировали палочки. Размерные показатели микробных группировок колебались в широких пределах пропорционально их количеству. Невысокое содержание спорных клеток свидетельствует об отсутствии процессов гниения в анаэробных условиях. Выявлена достаточная обеспеченность водных растений выростных прудов регенерированными биогенными элементами, что особенно важно при выращивании рыбы по пастбищной технологии. Активная минерализующая деятельность бактериопланктона формировала благоприятный экологический режим и санитарные условия выращивания рыбы. Таким образом, количество и структурно-функциональные показатели бактериопланктона выростных осетровых прудов формировались под действием комплекса биотических и абиотических факторов, основные из которых – температура и количество автохтонного органического вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kireeva I. Yu. Ecological and Sanitary Condition of Fishery Ponds with Complex Intensification / Yu. Kireeva // Науч. вед. Белгород. гос. ун-та. Сер.: Естественные науки. 2015. Т. 32, вып. 15 (212). С. 114–118.
2. Киреева И. Ю. Особенности мониторинга биоразнообразия водных экосистем / И. Ю. Киреева // Научный альманах. 2015. № 5 (7). С. 158–165.
3. Киреева И. Ю. Мониторинг эколого-санитарного состояния водоемов по интегрированным показателям бактериопланктона / И. Ю. Киреева // Науч. вестн. Черновец. ун-та. 2008. Вып. 416: Биология. С. 110–117.
4. Антипчук А. Ф. Водна мікробіологія / А. Ф. Антипчук, І. Ю. Кіреєва. Київ: Кондор, 2005. 256 с.
5. Воронова Г. П. Продуктивность бактериопланктона в прудах / Г. П. Воронова // Тр. БЕЛНИИРХ. Минск: Ураджай, 1972. С. 109–118.
6. Антипчук А. Ф. Микробиология рыбоводных прудов / А. Ф. Антипчук. М.: Легкая и пищ. пром-ть, 1983. 145 с.
7. Гак Д. З. Бактериопланктон и его роль в биологической продуктивности водохранилищ / Д. З. Гак. М.: Наука, 1975. 245 с.
8. Романова А. П. Бактериопланктон оз. Бахманского // А. П. Романова, Т. Г. Гурунович // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. 1983. Вып. 204. 1983. С. 41–47.
9. Новожилова М. И. Микрофлора и удобрение прудов аридной зоны СССР / М. И. Новожилова, А. Ф. Сокольский, К. В. Горбунов. Алма-Ата: Наука, 1987. 152 с.
10. Беляцкая-Потаенко Ю. С. Количественные данные по бактериальному питанию зоопланктона / Ю. С. Беляцкая-Потаенко // Тр. X науч. конф. по внутр. водоемам Прибалтики. Минск, 1964. С. 277–282.
11. Дробкова В. Г. Динамика численности бактерий, время генерации и продукция бактерий в воде оз. Красного (Пуннус-Ярви) / В. Г. Дробкова // Микробиология. 1965. Т. 34, вып. 6. С. 1063–1069.
12. Киреева И. Ю. Интенсивность бактериальной минерализации органического вещества в водоемах с интенсивной антропогенной нагрузкой / И. Ю. Киреева // Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. От-

дел биол. 2009. Т. 114, вып. 2. Прил. 1: Физиология и генетика микроорганизмов в природных и экспериментальных системах. С. 220–223.

13. Якушин В. М. Роль бактериопланктона и бактериоперифитона в деструкции органического вещества в лотических экосистемах / В. М. Якушин: дис. ... д-ра биол. наук. Киев, 1997. 348 с.

14. Киреева И. Ю. Самоочищение водоемов и роль микроорганизмов в этом процессе / И. Ю. Киреева // Любимцевские чтения «Современные проблемы эволюции». Ежегод. междунар. науч.-практ. конф. (Ульяновск, 6–8 апреля 2010 г.): материалы докл. Ульяновск: Изд-во УЛГУ, 2010. С. 337–341.

Статья поступила в редакцию 1.06.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Киреева Ирина Юрьевна – Украина, 03041; Киев; Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины; канд. биол. наук, доцент; доцент кафедры «Гидробиология и ихтиология»; kireevaiu@mail.ru.



I. Yu. Kireeva

BACTERIAL PLANKTON OF STURGEON REARING PONDS

Abstract. The analysis of the basic structural, morphological and functional parameters of bacterial plankton of sturgeon rearing ponds is presented. The total number of bacterial plankton was sufficiently high and stable even at high summer water temperatures and limited by the presence of consumers. The trophic status of the ponds on the fish farming has changed. The growth and proliferation rate of bacterial cells was virtually the same. The large sticks dominated in the morphological composition. Dimensional indicators of the microbial groups varied widely in proportion to their number. The low content of spore cells is an indicator of the absence of the decay processes under anaerobic conditions. The active mineralizing activity of bacterial plankton created the favorable environmental conditions for fish.

Key words: bacterial plankton, number, biomass, generation time, reproduction rate, production, cocci, rods, spores, mineralization.

REFERENCES

1. Kireeva I. Yu. Ecological and Sanitary Condition of Fishery Ponds with Complex Intensification. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2015, vol. 32, no. 15 (212), pp. 114–118.
2. Kireeva I. Yu. Osobennosti monitoringa bioraznoobraziia vodnykh ekosistem [Special characteristics of monitoring the biodiversity of aquatic ecosystems]. *Nauchnyi al'manakh*, 2015, no. 5 (7), pp. 158–165.
3. Kireeva I. Yu. Monitoring ekologo-sanitarnogo sostoianiia vodoemov po integrirovannym pokazateliam bakterioplanktona [Monitoring the ecological and sanitary state of the water bodies by integrated parameters of bacterial plankton]. *Naukovii visnik Chernovets'kogo universitetu*, 2008, iss. 416: Biologiya, pp. 110–117.
4. Antipchuk A. F., Kireeva I. Yu. *Vodna mikrobiologiya* [Aquatic microbiology]. Kiev, Kondor Publ., 2005. 256 p.
5. Voronova G. P. Produktivnost' bakterioplanktona v prudakh [Productivity of bacterial plankton in ponds]. *Trudy Belorusskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta rybnogo khoziaistva*. Minsk, Uradzhai Publ., 1972. P. 109–118.
6. Antipchuk A. F. *Mikrobiologiya rybovodnykh prudov* [Fish ponds microbiology]. Moscow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost' Publ., 1983. 145 p.
7. Gak D. Z. *Bakterioplankton i ego rol' v biologicheskoi produktivnosti vodokhranilishch* [Bacterial plankton and its role in biological productivity of the reservoirs]. Moscow, Nauka Publ., 1975. 245 p.
8. Romanova A. P., Gurenovich T. G. Bakterioplankton oz. Bakhmanskogo [Bacterial plankton in the Bakhmanskii lake]. *Sbornik nauchnykh trudov GosNIORKh*, 1983, iss. 204, pp. 41–47.
9. Novozhilova M. I., Sokol'skii A. F., Gorbunov K. V. *Mikroflora i udobrenie prudov aridnoi zony SSSR* [Microflora and fertilization of ponds of the arid zone in the USSR]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1987. 152 p.

10. Beliatskaia-Potaenko Iu. S. Kolichestvennye dannye po bakterial'nomu pitaniuu zooplanktona [Quantitative data on bacterial nutrition of zooplankton]. *Trudy X nauchnoi konferentsii po vnutrennim vodoemam Pri-baltiki*. Minsk, 1964. P. 277–282.

11. Drabkova V. G. Dinamika chislennosti bakterii, vremia generatsii i produktsiia bakterii v vode oz. Krasnogo (Puinnus-Iarvi) [Dynamics of the number of bacteria, generation time and bacteria products in the water of the Krasnyy lake]. *Mikrobiologiya*, 1965, vol. 34, iss. 6, pp. 1063–1069.

12. Kireeva I. Iu. Intensivnost' bakterial'noi mineralizatsii organicheskogo veshchestva v vodoemakh s intensivnoi antropogennoi nagruzkoi [Intensity of bacterial mineralization of organic substance in the water bodies with intensive anthropogenic load]. *Biulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody. Otdel biologicheskii*, 2009, vol. 114, iss. 2. *Prilozhenie 1: Fiziologiya i genetika mikroorganizmov v prirodnikh i eksperimental'nykh sistemakh*, pp. 220–223.

13. Iakushin V. M. Rol' bakterioplanktona i bakterioperifitona v destruktzii organicheskogo veshchestva v loticheskikh ekosistemakh. Dis. ... d-ra biol. nauk [Role of bacterial plankton and bacterial periphyton in destruction of organic substance in lotic ecosystems. Dis. doc. biol. sci.]. Kiev, 1997. 348 p.

14. Kireeva I. Iu. Samoochishchenie vodoemov i rol' mikroorganizmov v etom protsesse [Self-purification of the water bodies and the role of microorganisms in the process]. *Liubishchevskie chteniia «Sovremennye problemy evoliutsii»*. *Ezhegodnaia mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia (Ul'ianovsk, 6–8 apreliia 2010 g.)*. *Materialy dokladov*. Ulyanovsk, Izd-vo ULGU, 2010. P. 337–341.

The article submitted to the editors 1.06.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kireeva Irina Yurievna – Ukraine, 03041; National University of Life Environmental Sciences of Ukraine; Candidate of Biology, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department "Hydrobiology and Ichthyology"; kireevaiu@mail.ru.

