

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

УДК 639.3:576.8:574.4

**НЕКОТОРЫЕ БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ С РАЗНЫМИ ФОРМАМИ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА**

© 2014 г. В. П. Михеев,¹ И. В. Михеева², П. В. Михеев³

¹Всероссийский научно-исследовательский институт
пресноводного рыбного хозяйства, пос. Рыбное, Дмитровский р-н,
Московская обл., 141821

²Дмитровский филиал Астраханского государственного технического университета,
пос. Рыбное, Дмитровский р-н, Московская обл., 141821

³Национальный центр безопасности рыбной продукции
и аквакультуры, Москва, 107140
E-mail: vnprh@mail.ru

Поступила в редакцию 20.04.2012 г.

Окончательный вариант получен 20.08.2012 г.

Проведена оценка некоторых биоэкологических процессов, связанных с функционированием микробного сообщества в водоемах разного типа с разными формами рыбного хозяйства — экстенсивной, полуинтенсивной, интенсивной и индустриальной. Дана характеристика микробиологических ниш ряда рыбохозяйственных водных объектов, направления в них деструкционных процессов, обеспечивающих благоприятные условия водной среды для культивирования рыб. На примере рыб-сестофагов показана роль бактериопланктона и детрита в получении рыбоводной продукции.

Ключевые слова: товарное рыбоводство, экологические ниши микроорганизмов, деструкция, самоочищение водоемов, детрит, толстолобик.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В настоящее время в рыбной отрасли России объективно сложился определенный тип хозяйствования. Анализ и обобщение многолетних собственных исследований и литературных данных позволили обосновать систему рыбного хозяйства, положения которой представлены в ряде публикаций последних лет (Михеев, 2008, 2011; Михеев и др., 2011а, б). Выделены четыре основных формы ведения рыбного хозяйства: экстенсивная, полуинтенсивная, интенсивная и индустриальная. Форма ведения рыбного хозяйства тесно связана с используемым водным объектом, его размером, водным режимом, биопродукционным потенциалом, экономическими и социальными вопросами хозяйствования и т.д. Многие из этих вопросов освещены в упомянутых выше публикациях.

В настоящей работе представлены материалы по оценке некоторых биоэкологических процессов, связанных с функционированием микробного сообщества в водоемах разного типа и их значением для рыбного хозяйства, что и явилось целью исследования. В задачи исследования входили: оценка распределения и численности микроорганизмов в различных экологических нишах водоемов, процессов деструкции естественно поступающих в водоемы и специально вносимых веществ, формирование кормовой для рыб биомассы водных микроорганизмов, определение роли бактерий в образовании товарной рыбной продукции. Изучение микробиологических показателей касалось, прежде всего, двух аспектов: роли микроорганизмов в процессах самоочищения воды, их деструк-

ционного потенциала с целью определения возможной рыбоводной нагрузки на водный объект, а кроме того — бактерий в качестве пищевого компонента для рыб.

Исследования были проведены в течение ряда лет в водоемах разного типа (реках, озерах, водохранилищах, прудах, карьерах, водоемах-охладителях и др.), где использовались разные методы хозяйствования и формы рыбоводства. В процессе выполнения рыбохозяйственных исследований изучали основные параметры водной среды. В качестве микробиологических показателей определяли общее количество бактерий, численность гетеротрофов и бактерий других физиологических групп, активность деструкционных процессов, развитие бактерий в разных экологических нишах водоема, количественные показатели образования детрита и сестона и некоторые другие вопросы прикладной водной микробиологии. В работе использовали общепринятые методы ихтиологических, рыбоводных, гидробиологических, гидрохимических и других исследований. При этом были использованы как современные классические методы, так и новые авторские разработки и изобретения (Трофимов, Михеева, 2008; Михеева и др., 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Водоемы с экстенсивной формой рыбного хозяйства

К ним относятся промысловые реки, водохранилища, озера, другие водоемы. В них ведётся промышленное рыболовство, любительское рыболовство и, к сожалению, браконьерство, но не проводятся работы по товарному рыбоводству, т.е. не привносятся дополнительные органические и минеральные вещества для интенсификации рыбоводных процессов. В такие водоемы природные и антропогенные аллохтонные вещества могут поступать естественным путем с площади водосбора или иногда специально направляются преимущественно в виде очищенных сточных вод. В большей или меньшей степени здесь аллохтонные вещества подверга-

ются деструкции. Поэтому каждая речная система, по которой далее растворенные и взвешенные в толще воды вещества направляются в моря, — это естественный биологический фильтр, который ежегодно очищает водосборную площадь от аллохтонного вещества.

В реках и других водотоках в связи с течением воды отсутствует ярко выраженная стратификация толщи воды по гидрологическим, гидрохимическим, гидробиологическим и другим параметрам. Течение воды удерживает на плаву мельчайшую и пассивную часть сестона: минеральные частицы и детрит. В потоке, так же как растворенные вещества, микрочастицы перемещаются преимущественно в горизонтальном направлении, не оседают на дно водоема. Течение воды наряду с фитопланктоном является одним из главных факторов, поддерживающих постоянно высокую концентрацию растворенного в воде кислорода. Это формирует благоприятные условия для аэробной деструкции и минерализации микроорганизмами веществ, находящихся в толще воды. Не подвергшиеся деструкции вещества рекой выносятся за пределы речных долин. Благодаря течению в реках не происходит накопления многолетних и вековых донных отложений.

Микробное население водотоков делит на несколько микробиологических ниш. С учетом работ по этому вопросу Романенко (1985) и Заварзина (2004) в водотоках мы выделяем четыре микробиологических ниши: одну — в потоке воды, две — в донных отложениях и одну — на поверхностях организмов. Первая ниша представлена бактериопланктоном, бактериями на минеральной микровзвеси и детритом. Значительное число бактерий приходится на период открытой воды, в частности, на летний период. При родниковом питании рек общая численность бактерий, как правило, невелика. Так, по нашим данным, в родниках, питающих речку в районе д. Уязы (западные предгорья Урала), общее число бактерий в воде составляло 1,35 млн кл/мл, преобладали палочки (90%). Невысоким было количество сапро-

фитных бактерий (102 КОЕ/мл). На участках рек, вытекающих из озер и водохранилищ, численность бактерий бывает примерно такой же, как в питающих реки стоячих водоемах. Так, по данным Романенко (1985), в р. Волга на участке от Волгограда до Астрахани численность бактерий составила 3 млн кл/мл, а в Волгоградском водохранилище — 2,85, ниже Горьковского водохранилища — 2,3, в Горьковском — 4,5 млн кл/мл.

В летний период численность микроорганизмов в пределах искусственного водотока канала им. Москвы (выходит из Ивановского водохранилища и втекает в водохранилища водораздельного бьефа) изменялась от 420 до 1040 КОЕ/мл на эритро-агаре и от 260 до 840 КОЕ/мл на среде Эндо и примерно была равна этим показателям в водохранилищах (Михеева, Боброва, 2008).

В малых реках, протекающих по густонаселенным территориям, численность микроорганизмов может значительно варьировать. Например, в р. Озерна при впадении в Тростенское озеро общее число бактерий летом составляло 3,52 млн кл/мл, сапрофитов — 650 КОЕ/мл, отношение числа сапрофитов к общему числу равнялось 0,018 %. В малых сильно загрязненных реках (р. Сходня, Московская обл.) общая численность бактерий на отдельных участках может достигать 7–10 млн кл/мл (Михеева и др., 2009).

Самая низкая численность бактерий в реках характерна для зимнего периода, максимальная численность наблюдается во время паводков. Так, в Оке она примерно в 31 раз выше минимальной зимней, в р. Сускан, впадающей в Куйбышевское водохранилище, — в три раза по сравнению с допаводковым периодом (Михеева, 1966).

В первой нише микроорганизмы осуществляют деструкцию растворенного вещества в процессе его переноса на определенные расстояния в потоке воды в аэробных условиях.

Вторая ниша — бактериальный перифитон (био пленка) — использует вещества

из потока воды в аэробных условиях. Течением воды мелкий донный материал вместе с микроорганизмами может периодически перемещаться вниз по течению. В отличие от стоячих водоемов, где формируются вековые донные иловые отложения, в потоке они носят преимущественно сезонный характер и постоянно обновляются.

Третья ниша — бактериобентос — микроорганизмы в ней размещаются на минеральных и органических субстратах в микроаэрофильных и, возможно, в анаэробных условиях, в глубине донных отложений преобладают анаэробные процессы.

Четвертая ниша — перифитонные микроорганизмы (био пленка) на растениях и обрастания на животных. Обростовые биоценозы изменяются в течение вегетационного периода. Наибольшее количество перифитонных микроорганизмов развивается при отмирании растений и животных.

Примерный расчет самоочищения воды при выращивании рыб в судах-прорезях показал, что в зависимости от скорости течения воды в реке (0,5–1,5 м/с) полное «разложение» продуктов жизнедеятельности рыб завершится на расстоянии 10–30 км вниз по течению от рыбоводных прорезей. В потоке усиливаются процессы минерализации органических веществ, уменьшается численность микроорганизмов. Так, в реках Ижора и Вуокса через 14 ч перемещения воды погибло 65% всех сапрофитов и около 30% общего числа бактерий (Фурсенко, 1976).

В нетекучих водоемах также формируется масса веществ, часть которых поступает с водосборной площади водоемов (аллохтонные), а часть формируется внутри водоема (автохтонные). Основную массу органического вещества продуцирует фитопланктон. Второй по значимости источник — высшая водная растительность, которая, однако, в водохранилищах дает менее 5% от суммарной продукции фитопланктона и высшей водной растительности (Романенко, 1985). Эти вещества в основном остаются внутри водоемов и только при наличии водообмена некоторая их часть может

выносятся за его пределы. В непроточных водоемах микровзвеси перемещаются преимущественно в вертикальном направлении и осаждаются на дно. В результате многолетнего накопления вещества на дне происходит изменение статуса водоемов от олиготрофного к эвтрофному.

В стоячих глубоководных водоемах выделяют три среды обитания микроорганизмов: водную толщу, донные отложения, поверхность различных предметов (субстраты) (Романенко, 1985). Для периода летней стагнации выделено 10 экологических ниш (табл. 1).

Ниши микроорганизмов не установлены применительно к литорали глубоководных водоемов и к мелководным водоемам, которые чаще всего используются в рыболовстве. Литораль глубоководных водоемов обычно располагается на уровне эпилимниона. Большая ее часть характеризуется тем, что свет проникает до дна водоема. Здесь вегетирует высшая водная растительность. Во всей толще воды и на поверхности дна водоема развиваются низшие растения и цианобактерии (водоросли).

В дневное время за счет окислительных фотосинтезирующих организмов вода обогащается кислородом. Кроме того, поступление кислорода происходит из атмосферы в результате ветрового воздействия (ветровая рябь, волна и пр.). Днем под воздействием солнечного света поверхностные слои прогреваются сильнее, чем придонные, происходит температурное расслоение толщи воды. Ночью при охлаждении воздуха и более быстром остывании поверхности воды возникает вертикальное движение воды, в придонные слои и к поверхности дна поступает насыщенная кислородом вода из верхних горизонтов водоема, а температура по глубине выравнивается. Благодаря этому здесь создаются благоприятные условия для аэробных микробиологических процессов.

Очевидно, в литоральной зоне совмещаются несколько микробиологических ниш, свойственных эпилимниону водных объектов всех типов, а также толще воды и поверхности дна олиготрофных глубоководных водоемов, но с другими температурными параметрами (Романенко, 1985). Толщу воды можно на-

Таблица 1. Распределение микроорганизмов в глубоководных водоемах

Биотоп	Вертикальный уровень	№ и название ниши
Водная толща	Эпилимнион	1. Поверхностная пленка воды
		2. Активный фотосинтез
	Металимнион	3. Активные деструкционные процессы
	Гиполимнион	4. Доокисления взвешенных органических соединений
		5. Окисления восстановленных соединений железа, марганца, метана, водорода и сероводорода
Донные отложения	Поверхность дна	6. Экранирующий слой
	Неглубокие слои ила	7. Микроаэрофильные процессы окисления органического вещества, метана, сероводорода и водорода, анаэробные процессы
	Глубокие слои ила	8. Затухания микробиологических процессов, консервации органического вещества
Поверхность различных субстратов	Вся толща воды	9. Перифитонные микроорганизмы на неживых субстратах
		10. Перифитонные микроорганизмы на растениях и животных

звать мелководной освещенной микробиологической нишей и выделить экранирующий слой поверхности дна (по Романенко — ниша 6). Наряду с этим в литоральной зоне в глубине иловых отложений сохраняются ниши 7 и 8, характерные для глубоководных водоемов. На водной растительности в виде биопленки формируется ниша 10, на неорганических макросубстратах — ниша 9.

В поверхностных слоях высокопродуктивных эвтрофных озер общая численность бактерий составляет 2,3—8,2 млн л/мл, в олиготрофных со значительными глубинами и бедным фито- и зоопланктоном — 0,06—1,3 млн кл/мл, в мезотрофных — от 1,0 до 2,0 млн кл/мл, в дистрофных озерах численность бактерий колеблется в пределах (0,2)1,8 — 3,8 млн кл/мл, присутствуют специфические группы микробов (Горленко и др., 1977). На распределение и численность бактерий в воде стоячих водоемов могут оказывать воздействие целый ряд абиотических факторов среды, что было прослежено на примере озер, прудов, водохранилищ (Кузнецов, 1970; Михеева, 1963). Бактерии в органических микро-взвешах (детрит) достигают по биомассе 50%, на минеральных микрочастицах биомасса живых организмов в среднем составляет 6% (Михеева, Михеев, 1987). Наиболее высокая численность бактериобентоса. Общее число бактерий в поверхностных слоях донных отложений озер составляет 0,9—2,3 млрд кл. на 1 г сырого ила и 8—54 млрд кл. на 1 г сухого ила (Кузнецов, 1970). На макросубстратах образуется биопленка из бактерий, грибов, водорослей, коловраток, кладок насекомых и др.

Экологические ниши, где распад фитопланктона, формирующего основное органическое вещество в водоемах, достигает 75—85%, расположены в самых поверхностных слоях воды, до глубины 10 м (Горленко и др., 1977). Здесь были выделены микроорганизмы, в основном принадлежащие к миксобактериям родов *Myxobacter*, *Cytophaga*, к флексибактериям *Flexibacter*, способным лизировать живые клетки цианобактерий и зеленых водорослей. Естественные сообщества бактерий воды наиболее легко, за четы-

ре дня, разрушали живые и мертвые клетки отдельных видов синезеленых. Менее легко лизировались виды, принадлежащие к зеленым и диатомовым водорослям, а наиболее устойчивыми были десмидиевые. Процесс распада отмершего фитопланктона и высшей водной растительности происходит в водоеме в основном за счет зимогенной микрофлоры. Остатки белка и углеводов разрушают сапрофитные бактерии. В ряде водоемов распад идет при участии в первую очередь разных видов *Caulobacter*, клетчатка разрушается в основном разными видами *Sporocytophaga* и *Cytophaga*.

В поверхностном слое ила биополимеры минерализуются разными видами *Caulobacter*, *Spirillum*, *Flexibacter* и др. Дальнейший распад растворенного органического вещества происходит при участии автохтонной микрофлоры: олиготрофных и факультативно олиготрофных бактерий, которые довольствуются его малыми концентрациями (Кузнецов и др., 1985).

Таким образом, водоемы сами справляются с очищением воды от избытка привнесенных извне и образовавшихся в них веществ, в результате чего стабильно сохраняются благоприятные условия внешней среды для туводных рыб и для ведения рыбного хозяйства экстенсивной формы. В водоемах формируется значительная биомасса микроорганизмов, которая используется в питании беспозвоночными животными и рыбами.

Активным потребителем бактерий являются, например, толстолобики. При вселении во многие водохранилища, озера, русловые пруды и другие водоемы толстолобики находят благоприятные условия для питания и быстрого роста. Считается, что среднесезонная пороговая концентрация фитопланктона, на базе которого и формируется основная масса детрита в этих водоемах, должна составлять не менее 5 мг/л (Киреева, 2008). Если питание толстолобиков соотнести с распределением микробиологических ниш в водоемах, то в течение всего вегетационного периода толстолобики могут питаться детритом и бактериями в

первой-второй, частично — в третьей микробиологических нишах. Остальные ниши им малодоступны или недоступны. В мелководной освещенной микробиологической нише литорали микроорганизмы толщи воды доступны для питания рыбам-фильтраторам в течение всего вегетационного периода.

Одним из основных кормовых ресурсов для толстолобиков является детрит. У этих рыб ограничена возможность использования в питании отдельных бактериальных клеток, а минеральная микровзвесь, как указывалось выше, имеет небольшое количество пищевого материала. На примере мезотрофных водохранилищ (Куйбышевское) показано, что в течение вегетационного периода количество органо-минеральной взвеси в толще воды составляет: в июне — 18, июле — 14, августе — 14, сентябре — 12, октябре — 5 мг/л (Иватин, 1984). В это время в составе микровзвесей преобладает детрит. В мае (концентрация взвеси 48 мг/л) в связи с общим паводком велика доля минеральной взвеси. Примерно такие же концентрации микровзвесей были определены нами в водохранилищах канала им. Москвы. В ряде крупных водохранилищ за счет искусственного вселения образованы популяции толстолобиков, и эти рыбы занимают существенную долю в промысле.

Водоёмы с полунтенсивной формой рыбного хозяйства

Это небольшие и неглубокие озера, водохранилища, другие водоёмы, в которых выполняют работы по озерному, пастбищному, биомелиоративному рыбоводству, не применяя искусственные корма. В этих водоёмах наряду с ограниченным естественным поступлением аллохтонных веществ с площади водосбора увеличивается доля искусственных веществ в виде минеральных удобрений для развития естественной кормовой базы рыб. В качестве органического удобрения используют высшую водную растительность и проводят взмучивание

иловых отложений водоемов для удобрения и кормления гидробионтов.

Применяется ряд рыбоводных биотехнологий, в том числе озерные и пастбищные. По озерным биотехнологиям, которые используют в северных регионах страны, культивируют рыб, которые более эффективно, чем туводные, находят естественную животную пищу в виде зоопланктона, зообентоса и нектона. В озерах выращивают преимущественно сиговых и лососевых рыб. При пастбищных технологиях культивируемые рыбы наряду с зоопланктоном, зообентосом и нектоном эффективно используют фитопланктон, фитобентос, детрит, массовых моллюсков и организмы других водных биоценозов. За счет минеральных удобрений воду обогащают биогенными элементами. Для озер с низкоминерализованной водой оптимальной считается норма внесения минеральных удобрений, обеспечивающая в летнее время концентрацию растворенного минерального азота 1,5 мг/л и фосфора — 0,2 мг/л; соотношение азота к фосфору — 7,5 (Мухачев, 2006).

Биогенные элементы, необходимые фитопланктону, поступают в воду при бороновании дна. Одновременно при этом происходит взмучивание донного детрита, который напрямую используют гидробионты. В озерном рыбоводстве рыхление донных отложений озер рекомендуется проводить в течение июня — октября один-два раза в месяц. Это ведет также к увеличению биомассы зоопланктона и зообентоса в 1,5—3 раза, что в итоге повышает рыбопродуктивность водоема. Такое мероприятие, как кормление гидробионтов толщи воды донным детритом, следует проводить чаще. Для увеличения количества детрита в толще воды водоемов, предназначенных для пастбищного рыбоводства, в состав поликультуры должны быть включены бентосоядные рыбы, например сазан и карп, которые при питании взмучивают донный детрит.

Для стимулирования развития естественной кормовой базы для культивируе-

мых рыб в озерах используют органические удобрения в виде, например, скошенной водной растительности. При обкесе водоемов в августе растительность быстро разлагается, увеличивается численность микроорганизмов: бактерий более чем в 3 раза, грибов — в 40 раз. До ледостава растительность успевает минерализоваться, образующиеся биогенные элементы стимулируют развитие фитопланктона (Михеева, 1969; Мухачев, 2006).

При использовании биомелиоративных технологий главным является управление показателями качества воды в интересах энергетики и других отраслей. Биологическими помехами здесь могут выступать, например, повышенная концентрация сестона, приводящая к заилению систем водоснабжения. Суть биомелиорации заключается в том, чтобы постоянно изымать избыточное вещество из водоема хозяйственно полезным способом. Для этого, например, используется вселение посадочного материала — рыб-биомелиораторов, использующих сестон, и последующий их отлов в качестве товарной рыбы. За счет этого происходит уменьшение циркулирования в водоеме органического вещества. Чаще всего необходимость в таких работах возникает в водоемах-охладителях электростанций, где вселение рыб-биомелиораторов обеспечивает стабильную работу систем водоснабжения технических объектов.

Водоемы с полуинтенсивной формой рыбного хозяйства имеют небольшую глубину — от 0,6 до 5,0 м, в среднем 2–3 м. Условия среды в этих водоемах примерно такие же, как в литоральной зоне крупных озер и водохранилищ. Свет проникает до дна водоемов, фотосинтез водорослей происходит во всей толще воды. Суточные колебания температуры воды и связанное с этим ее вертикальное движение обеспечивают протекание микробиологических процессов в толще воды и на поверхности дна в аэробных условиях. Зоны фотосинтеза в озерах на основании литературных (Кузнецов, 1970; Справочник ..., 1983; Мухачев, 2006) и собственных данных представлены в табл. 2.

При использовании в рыбоводстве эвтрофных и дистрофных водоемов предпочтение должно отдаваться тем, в которых свет проникает до дна.

Распределение микробиологических ниш в водоемах с полуинтенсивной формой рыбного хозяйства примерно такое же, как в литорали крупных водоемов. Развитие фитопланктона, следовательно, и образование детрита в водоемах с экстенсивной формой рыбного хозяйства происходит за счет естественного последовательного в течение вегетационного периода изменения видового состава водорослей — диатомовых, протококковых, эвгленовых, синезеленых и др. В отличие от них, в водоемах с полуинтенсивной формой рыбного хозяйства при внесении минеральных удобрений создаются благоприятные условия для более равномерного развития протококковых и некоторых других водорослей, наиболее подходящих для питания беспозвоночных и рыб-сестофагов, при этом регулируется их численность и биомасса для нужд рыбного хозяйства. Стабильное развитие фитопланктона обеспечивает и более равномерное поступление в толщу воды детрита. Общее число бактерий в воде составляет 1,5–4,0 млн кл/мл, в грунтах — до 2,5 млрд кл. на 1 г сырого ила. Нормы внесения дополнительных веществ в водоемы рассчитаны таким образом, что водоемы сами справляются с очисткой воды от нагрузок автохтонными и аллохтонными веществами.

В мелиорируемых водоемах отмечены особенности в образовании детрита и его переработке микроорганизмами. Так, в водоемах-охладителях электростанций по техногенным причинам организмы планктона подвергаются сильному стрессу и непрерывному разрушению в воде, особенно выходящей со станции (Михеев и др., 2007). Здесь же обнаружено наибольшее количество гетеротрофных бактерий, которые, вероятно, ускоряют образование «техногенного» детрита. Зарыбление водоема рыбами-биомелиораторами, в частности толстолобиками, позволяет очищать его от дополнительного

Таблица 2. Зоны фотосинтеза водорослей в озерах

Показатель	Тип водоема			
	олиготрофный	мезотрофный	эвтрофный	дистрофный
Аэробная зона в естественном водоеме				
Прозрачность, м	10–14	3–6	1–2,5	1–1,5
Глубина проникновения света, м	20–28	6–12	2–5	2–3
Фотосинтез и выделение кислорода до глубины, м	20–28	6–12	2–5	2–3
Озера для выращивания молоди сиговых рыб				
Глубина, м	1,5–5,1	1,5–5,1	1,5–5,1	1,5–5,1
Глубина проникновения света, м	3–10,2	3–10,2	3–10,2	3–10,2
Микробиологическая зона толщи воды и поверхности дна	Аэробная	Аэробная	Аэробная	Аэробная-анаэробная
Озера для выращивания сеголеток пеляди				
Глубина, м	—	1,8–3,3	1,8–3,3	1,8–3,3
Глубина проникновения света, м	—	3,6–6,6	3,6–6,6	3,6–6,6
Микробиологическая зона толщи воды и поверхности дна	—	Аэробная	Аэробная	Аэробная
Озера для выращивания товарных карповых рыб				
Глубина, м	—	0,6–4	0,6–4	0,6–4
Глубина проникновения света, м	—	1,2–8	1,2–8	1,2–8
Микробиологическая зона толщи воды и поверхности дна	—	Аэробная	Аэробная	Аэробная

органического вещества и превращать рыб-биомелиораторов в высокоценную рыбную продукцию, которую регулярно необходимо изымать из водоема.

Бактериальный детрит наряду с фито- и зоопланктоном является основным компонентом питания при выращивании толстолобиков в водохранилищах, озерах, других водоемах по пастбишным технологиям. При расчете выращивания белого толстолобика по пастбищной биотехнологии соотношение фитопланктона и детрита можно установить по среднесезонному соотношению этих компонентов в содержимом кишечника этих рыб в конкретном водоеме. При

выполнении расчетов учитывали, что в питании белого толстолобика преобладает детрит фитопланктонного происхождения, который составляет 20% содержимого кишечника рыб (табл. 3).

Для взвешенного в толще воды детрита, как и для фитопланктона, принимают коэффициент пересчета биомассы в продукцию — 60, кормовой коэффициент — 40, выедаемость — 70% (Мухачев, 2005; Киреева, 2008; Михеев и др., 2011а, б). В зависимости от глубины с 1 га мезотрофного озера можно получать 50–100 кг толстолобика, в том числе 12–25 кг за счет потребления микроорганизмов.

Таблица 3. Примерный расчет рыбопродукции по белому толстолобику при питании фитопланктоном и детритом в озере мезотрофного типа

Глубина озера, м	Б, (г/м ³) г/м ²	П/Б	П, кг/га	ПВ, %	ПВ, кг/га	КК	РП, кг/га
1	$\frac{(\phi 4 + \text{д} 1)}{5}$	60	3000	70	2100	40	52
2	$\frac{(\phi 4 + \text{д} 1)}{10}$	60	6000	70	4200	40	105

Примечание. Обозначения: Б — среднесезонная биомасса фитопланктона (ф-80%) и взвешенного в толще воды детрита (д-20%); ф — фитопланктон; д — детрит; П/Б — коэффициент пересчета биомассы в продукцию; П — сезонная продукция кормовых организмов; ПВ — выедаемость рыбой сезонной продукции кормовых организмов; КК — кормовой коэффициент; РП — рыбопродукция.

Водоемы с интенсивной формой рыбного хозяйства

К ним относятся, главным образом, пруды рыбхозов, в которых выполняют комплекс работ по товарному рыбоводству. При этом обязательно предусматривается кормление рыбы искусственными кормами и внесение в пруды минеральных удобрений.

В пруды вносят искусственные корма для карпа и минеральные удобрения для стимуляции развития естественной кормовой базы рыб. Наиболее рациональным является внесение минеральных удобрений по биологической потребности. Количество вносимых кормов и удобрений определяется способностью пруда к самоочищению от продуктов обмена рыб и вносимых веществ без потери благоприятных условий для культивируемых рыб.

Обычно применяются интенсивные, реже — высокоинтенсивные технологии культивирования товарных рыб и ряд методов: традиционный, непрерывный, комбинированный и др. При интенсивных технологиях в пруды рекомендуется вносить не более 10 г корма на 1 м² площади пруда в сутки. Выход товарной рыбы составляет 1–2 т/га (Технология ... , 1986; Михеев, Михеева, 2003). В этом случае пруды сами справляются с очисткой воды. Превышение указанного уровня внесения искусственных кормов, как правило, приводит к неблагоприятным последствиям для культивируемых рыб.

При высокоинтенсивных технологиях за счет ряда интенсификационных мероприятий кормовую нагрузку на водоем можно увеличить до 22–24 г/м² в сут. и получить выход рыбы до 7 т/га (Технология ... , 1989).

Микробиологические процессы в толще воды и на поверхности дна в этих водоемах протекают преимущественно в аэробных условиях, поскольку нагульные пруды — это неглубокие водоемы эвтрофного типа (преимущественно 1,3–1,5 м). Глубина проникновения света в них составляет 1,8–3,0 м, что обеспечивает высокий уровень фотосинтеза. В нагульных прудах микробиологические ниши микроорганизмов распределяются примерно так же, как в литоральной зоне естественных водоемов.

Исследования бактериопланктона, бактериобентоса и сестона проведены в нагульных прудах, эксплуатируемых по интенсивной технологии (выход рыбы 1–2 т/га) и высокоинтенсивной технологии (до 7 т/га). Общая численность бактерий в воде прудов составляла от 1,4 до 27,2 млн кл/мл, в среднем за три года — 4,5–11,6 млн кл/мл (табл. 4).

Анализ морфологического состава микрофлоры воды показал, что основная масса бактерий представлена кокками — в среднем 78,2–88,3%. Палочковидные формы составили 0,7–13,0%. Их количество возрастало в прудах с аэрацией воды, что, вероятнее всего, было связано с взмучива-

Таблица 4. Общая численность бактерий (млн кл/мл) и сапрофитов (тыс. кл/мл) в воде нагульных прудов

Год	Микроорганизмы	Месяц						Среднее за сезон
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1981	Общее число	—	9,80	10,40	16,80	11,30	9,50	11,60
	Сапрофиты	—	2,44	1,38	0,90	2,46	0,88	1,61
1982	Общее число	2,50	4,70	3,50	5,50	6,10	—	4,50
	Сапрофиты	0,28	1,14	0,68	2,54	4,28	—	1,78
1983	Общее число	3,80	5,90	5,20	5,80	4,70	2,90	4,70
	Сапрофиты	0,08	0,85	1,29	1,75	2,09	1,74	2,30

нием верхнего слоя донных отложений. Споробразующие бактерии в значительном количестве обнаружены в августе — 1,9 против 0,15—0,43% в мае-июне от общего числа сапрофитов, что связано с распадом трудноминерализуемых веществ. Отмечено увеличение численности споробразующих бактерий в воде с течением времени эксплуатации прудов без очистки их ложа.

В скорости размножения бактерий во всех прудах не выявлено четкой сезонной динамики. Однако можно отметить, что в летние месяцы создавались менее благоприятные условия для размножения бактерий, чем в сентябре. Так, если в июне-августе время генерации бактерий составило от 9,8 до 224,7 ч, то в сентябре оно уменьшилось до 8,5—27,5 ч, при этом в прудах с высокоинтенсивной технологией в среднем за сезон оно равнялось 66,4 ч, а с интенсивной — 20,2 ч.

Сапрофитные бактерии (аммонифицирующие) составляли в воде 0,9—4,5 тыс. КОЕ/мл или 0,005—0,070% от общего числа бактерий. Их количество возрастало в мае и держалось на высоком уровне в течение всего сезона, обычно достигая максимума в августе. Установлено, что при прочих равных условиях численность этой группы бактерий зависела от количества внесенных кормов. В прудах были учтены бактерии и ряда других физиологических групп. В частности, в воде находилось значительное количество денитрификаторов (до 1 тыс. колоний / мл).

Отмечено влияние на бактериопланктон отдельных рыбоводных технологических мероприятий. Прослеживалось возрастание численности бактерий с увеличением внесенного за сезон на 1 га пруда корма. Так, при количестве корма 167 ц/га и 3 ц/га общее количество бактерий составило соответственно 5,88 и 3,85 млн кл/мл, численность сапрофитов — 2,63 и 1,78 тыс. кл/мл. То есть если норма кормления примерно в пять раз более низкая, то общее число бактерий уменьшается на 34,5%, сапрофитов — на 32,2%.

При повышенном водообмене (6-суточном) численность бактерий снижалась на 20% по сравнению с 12-суточным водообменом (соответственно максимальная — 19 и 27 млн кл/мл). В прудах с водообменом скорость размножения бактерий была ниже: в летний период — 0,5—1,0 поколение в сутки против 1—3 в прудах без водообмена.

Техническая аэрация воды (в прудах без водообмена) увеличивала число палочковых форм до 7,5—40,0% от общего числа сапрофитных бактерий. Эти же пруды отличались и наиболее высоким содержанием сестона, достигавшим 220 г/м³.

Взмученный верхний слой ила и взвесь в толще воды были представлены минеральной и органической составляющими. Основная масса взвеси состояла из экскрементов культивируемых рыб. Меньшую долю составлял отмирающий фито- и зоо-

планктон. В состав сестона также входили минеральные микрочастицы со дна прудов. Микровзвесь постоянно стремится к оседанию на дно. А взмучивают донный детрит и поднимают его в толщу воды рыбы-зообентофаги (каarp) и некоторые беспозвоночные, при этом происходит движение воды, вызванное работой аэраторов, за счет донных газов, выходящих на поверхность воды, и других (Михеев, 1985, 1987; Михеев и др., 1992). Численность бактерий в сестоне была одного порядка с илами нагульного рыбоводного пруда и составляла 9–86 млрд. кл/г вещества (в среднем 40 млрд кл/г). В сестоне много органо-минеральных частиц разного размера (до 1000 мкм²), обсемененных микроорганизмами. В агрегированном состоянии, то есть в микроколониях и на частицах детрита, в прудах находилось примерно 26% от общего количества бактерий в воде.

Динамика образования сестона определялась преимущественно массой рыб, интенсивностью кормления и технологическими мероприятиями. В целом повышенное содержание сестона было характерно для прудов при многократном нормированном кормлении (без применения маятниковых кормушек).

Статистически достоверные различия по сестону были отмечены между прудами с водообменом и без него. Известкование прудов «по воде» приводило к уменьшению содержания взвешенных веществ. При этом в прудах с 8–10-суточным водообменом влияние известкования на сестон сказывалось быстрее — через 8 ч, в прудах без водообмена — примерно через сутки. Уменьшение концентрации сестона при известковании приводило к снижению численности агрегированных бактерий (Михеев и др., 1986а). Отмечено уменьшение количества сестона в прудах примерно в два-три раза при кормлении рыбы «по потребности» с помощью маятниковых кормушек. При высокой обеспеченности искусственным кормом карп меньше питается зообентосом, меньше взмучивает ил.

Обильно заселены бактериями были донные отложения прудов с высокоинтен-

сивной технологией (Михеев, 1988). Их численность в верхнем слое ила достигала 30–100 млрд кл/г сухого ила, что соизмеримо с численностью микроорганизмов в активных илах систем биологической очистки. Была выявлена тесная связь химического состава донных отложений, в частности содержания водорастворимых соединений азота и фосфора, и количества внесенных кормов с численностью бактерий. В прудах с рыбопродуктивностью 3–7 т/га в верхних слоях илов численность бактерий была на порядок выше, чем в прудах с рыбопродуктивностью менее 2 т/га. Общее количество сапрофитных бактерий в илах составляло от 5 до 150 млн КОЕ/г сырого ила. Больше всего бактерий этой физиологической группы было учтено в июне, затем шло постепенное снижение к концу сезона. В илах были учтены клостридии, денитрифицирующие, сульфатредуцирующие (до 1 млн колоний/г), анаэробные целлюлозоразрушающие бактерии (до 100 тыс. колоний/г), т.е. разлагающие органические вещества в анаэробных условиях (Михеев, 1988).

При семикратном повышении выхода товарной рыбы в результате увеличения количества вносимых в пруды искусственных кормов не выявлено существенных различий в общем числе бактерий в прудах с интенсивной и высокоинтенсивной технологиями. Это связано с комплексом интенсификационных рыболовных мероприятий, которые направлены на стабилизацию определенных рыболовных параметров среды. По сравнению с озерами и водохранилищами, несмотря на внесение значительного количества кормов, в прудах меньше накапливается иловых отложений. Прежде всего, это связано с технологией эксплуатации прудов — ежегодным спуском воды и осушением. В этот период обычно применяется ряд агротехнических мероприятий — боронование, известкование ложа, засев трав, расчистка канав и ложа, выведение на лето и др.

Деструкционные микробиологические процессы вносят существенный вклад

во время вегетационного периода, определяя результаты самоочищения воды и донных отложений в процессе выращивания рыбы. Деструкция органического вещества в интенсивно эксплуатируемых прудах в летний период составляла 6,5–7,3 мг O_2 /л, в сутки в среднем за сезон минерализовалось 25,6–28,5% органического вещества (Михеева и др., 1986). Благодаря мелководности прудов деструкционные процессы в толще воды и на поверхности дна протекают преимущественно в аэробных условиях, примерно по той же схеме, что и в литоральной зоне крупных водоемов. Рыбоводные интенсификационные мероприятия позволяют применять в рыбоводных прудах высокие дополнительные нагрузки органического вещества, с которыми водоем справляется за счет самоочищения. Согласно существующим нормативам в прудовом рыбоводстве (Технология ... , 1986) суточная масса корма в прудах по зонам составляет 6,0–8,6 г/м², или 2,7–3,9 г С/м² (табл.5).

Предельной считается норма нагрузки кормов на пруды без дополнительного водообмена при такой форме эксплуатации — 10 г /м² в сут., в пересчете на углерод — 4,5 г С/м² в сут.

При высокоинтенсивных способах выращивания рыбы в прудах предусматривается добавочный специальный комплекс интенсификационных мероприятий, который вовлекает биологические механизмы, прежде всего микробиологические, в процессы самоочищения и сохранения экологической емкости водной среды. За счет этих мероприятий удастся увеличить кормовую нагрузку на пруды и получать выход рыбы из прудов свыше 7 т/га (табл. 6). В водоемах с интенсивной формой рыбного хозяйства одним из важнейших интенсификационных мероприятий является выращивание рыб, чаще всего карпа и толстолобиков, в поликультуре. В течение всего периода выращивания толстолобики питаются бактериопланктоном и сестоном в толще воды прудов. Толстолобикам частично доступен и донный детрит, который формируется преимущественно на основе экскрементов рыб. Бактериопланктон рыбоводных прудов, как и других водоемов, также представляет собой сообщество не только отдельных планктонных клеток, но и значительного количества агрегированных клеток (Спиглазов, 1985). В рыбоводных прудах средней полосы России бактериальные агрегаты имеют средние размеры 3–15 мкм, треть из них составляют крупные, размером 10–15 мкм,

Таблица 5. Нормы расхода корма при выращивании товарного карпа в прудах разных зон рыбоводства по традиционной технологии

Показатель	Возраст рыб			
	1+	1+	1+	2+
Зона рыбоводства	1–3	4–5	6	1–2
Плотность посадки, шт/га	4000	3900	3800	2400
Выход, %	85	85	85	90
Плотность в конце сезона, шт/га	3400	3315	3230	2160
Масса рыбы, г	400	460	500	800
Общая масса рыбы, кг/га	1360	1525	1615	1728
Максимальная норма корма, % /сут.	5,5	4,0	3,7	5,0
Суточная масса корма, кг/га	74,8	61,0	59,7	86,4
Влажность корма, %	10	10	10	10
Сухое вещество корма, кг/га	67,3	54,9	53,7	77,8
Суточная масса корма, кг С/га	33,6	27,4	26,8	38,9
Суточная масса корма, г С/м ²	3,4	2,7	2,7	3,9

Таблица 6. Расход кормов при высокоинтенсивной технологии

Показатель	Карп 1+		Карп 2+	
Ихтиомасса в пруду, кг/га	1040–2060	2400–5120	1300–1700	2100–6300
Суточная контрольная норма максимального расхода корма:				
— кг/га	160–230	240	180–200	220
— г/м ²	16–23	24	18–20	22
Влажность корма, %	10	10	10	10
Сухое вещество корма, г/м ²	14,4–20,7	21,6	16,2–18,0	19,8
Суточная масса корма, г С/м ²	7,2–10,3	10,8	8,1–9,0	9,9

а частицы детрита имеют размеры от 4–5 до 17–20 и даже 30 мкм, т.е. примерно половина агрегированных бактерий имеет такие размеры, что может потребляться рыбами, в частности толстолобиками (Кузнецов, 1977).

В прудовом рыбоводстве на получение 1 кг прироста карпа затрачивают 3–4 кг искусственных кормов. В итоге только 7–9% корма расходуется на прирост рыбы (пластический обмен), более 90% корма поступает в водоем в виде растворенных продуктов обмена рыб и экскрементов. Учитывая малую глубину рыбохозяйственных водоемов, эти продукты достаточно быстро оказываются на дне водоема и сразу же подвергаются бактериальной деструкции.

Соотношение фитопланктона, зоопланктона и бактериального детрита в пи-

тании толстолобиков может быть разным, но нередко оно бывает представлено в равных долях, т.е. детрит может составлять 1/3 содержимого пищеварительных трактов рыб. Следовательно, до 1/3 общего выхода рыбопродукции толстолобиков из прудов можно получать за счет бактериального питания. При выращивании двухлеток толстолобиков в прудах третьей-шестой зон рыбоводства это составляет от 70 до 280 кг/га (табл. 7).

Водоемы и устройства с индустриальной формой рыбного хозяйства

К числу водоемов и устройств, предназначенных для товарного рыбоводства, можно отнести пруды, бассейны с прямотоком, садки, рыбоводные суда, УЗВ, рыбо-

Таблица 7. Некоторые нормативы при выращивании товарных двухлеток карпа и растительноядных рыб в поликультуре (для третьей-шестой зон прудового рыбоводства)

Наименование нормы	Зона			
	3	4	5	6
Общий выход рыбопродукции (кг/га) из одамбированных нагульных прудов площадью 100–150 га	1450	1900	2150	2350
Карп	1200	1300	1350	1400
Белый толстолобик		300	450	560
Пестрый толстолобик	200	250	300	300
Гибрид толстолобиков	200			
Белый амур	50	50	50	90

водные аквариумные установки и др. В этих устройствах для получения высокой рыбопродуктивности обязательно предусматривается кормление рыб полнорационными высокобелковыми искусственными кормами. При индустриальных способах выращивания в рыбоводные устройства вносят значительное количество искусственных кормов (табл. 8).

На один квадратный метр рыбоводного устройства для обеспечения пищевых потребностей рыб и их роста (получение рыбоводной продукции) необходимо вносить в сутки от 100 до 1000 г искусственного корма, или от 45 до 450 г в пересчете на углерод. Эти нагрузки искусственных кормов на единицу площади рыбоводного пространства в 7,5–75,0 раза превосходят таковые в непроточных прудах. В рыбоводном пространстве устройства индустриального типа не может быть благоприятных для рыб условий среды, так как оно не может обеспечить самоочищения. В таких устройствах не формируется экологически сбалансированный биоценоз организмов, а преобладание бактериального комплекса приведет к вторичному загрязнению с ухудшением кислородных и других условий среды. Поэтому продукты обмена рыб и остатки корма должны постоянно выводиться из зоны обитания рыб. Деструкция продуктов обмена рыб происходит преиму-

щенно за пределами рыбоводного пространства устройств.

В проточных прудах и бассейнах, в сетчатых садках, рыбоводных судах численность бактерий зависит от качества воды в водоисточниках или водоемах.

По нашим данным, при правильно выполняемых технологических мероприятиях обычно достоверных различий в общей численности бактерий в источниках и устройствах не наблюдается. Были отмечены различия в численности сапрофитных бактерий, например, между садками и водоемом, где они были установлены. Это, очевидно, объясняется очень быстрым реагированием сапрофитов (прежде всего, аммонификаторов) на поступление в воду легкоомобилизуемых органических веществ — продуктов жизнедеятельности рыб в садках (табл. 9).

При недостаточной проницаемости поверхностей рыбоводного устройства, обеспечивающей его связь с водоисточником, или при неудовлетворительном удалении из рыбоводного пространства экскрементов рыб и остатков кормов микробиологические показатели изменяются в сторону резкого увеличения численности микроорганизмов. Так, если в садках накапливается осадок, то в нем развивается до 10 млрд кл/г бактерий (общее количество) и до 5 млн кл/г сапрофитов, что соизмеримо с их количеством в

Таблица 8. Нормы кормления товарной радужной форели искусственными кормами в устройствах индустриального типа при оптимальных условиях

Рыбоводное устройство	Выход товарной рыбы, кг/м ²	Суточная норма корма		
		% от массы рыб	г /м ²	г С/м ²
Прямоточный пруд	15	2	300	135
Прямоточный бассейн	30	2	600	270
Садок в стоячем водоеме	20	2	400	180
Садок на течении до 0,1 м/с	50	2	1000	450
Рыбоводное судно в реке	50	2	1000	450
Бассейн с замкнутым водоснабжением	30	2	600	270
Рыбоводный аквариум	5	2	100	45

Таблица 9. Численность бактерий в Пяловском водохранилище канала им. Москвы и в рыбоводных садках (среднее за летний период)

Год	Место отбора пробы	Общее число, млн кл/мл	Сапрофиты	
			КОЕ/мл	% от общего числа
1973	Водоохранилище	3,70	355	0,009
	Садки	4,91	846	0,017
1974	Водоохранилище	4,05	196	0,005
	Садки	3,88	350	0,009
1975	Водоохранилище	3,52	298	0,008
	Садки	4,10	797	0,019
1976	Водоохранилище	3,41	182	0,005
	Садки	3,41	385	0,011
1978	Водоохранилище	3,11	180	0,005
	Садки	3,64	183	0,005

илах непроточных карповых рыбоводных прудов.

Из прямооточных прудов, как и из прямооточных бассейнов, продукты обмена рыб удаляются в водоем-приемник в основном за счет усиленного водообмена. Из сетчатых рыбоводных садков в стоячих водоемах растворенные продукты обмена рыб выходят в результате существующего пассивного водообмена между садком и водоемом, а оформленные остатки корма и экскременты под действием собственной массы проходят через дно садка и погружаются в водоем. При установке рыбоводного садка, судна или контейнера с культивируемой рыбой в реке с достаточно высокой скоростью течения воды продукты жизнедеятельности рыб вымываются водой через дно и стенки устройств и сносятся вниз по течению.

В рыбоводных устройствах с замкнутым циклом водообеспечения качество воды формируется непосредственно в них. Поэтому необходимо сразу же удалять из рыбоводного пространства накапливающиеся загрязнения. При выращивании рыб в бассейнах с замкнутым водообеспечением продукты обмена рыб постоянно удаляются водой за пределы рыбоводного пространства в специальные отдельно расположенные механические и биологические

фильтры, в которых и происходит очистка воды.

При выращивании рыб в аквариумных устройствах используются технологии аквариумистики по очистке воды, дополнительной аэрации, температурной и др. стабилизации благоприятных условий выращивания рыб.

Установлено, что для сохранения благоприятных условий культивирования рыб численность бактерий в воде устройств промышленного типа продолжительное время не должна превышать показатели, характеризующие воду эвтрофного водоема.

В устройствах промышленного типа — садках — успешно проводят выращивание рыб-сестофагов, получая при этом хорошие рыбоводные и экономические показатели. Это достигается за счет использования естественной кормовой базы водоема, а именно проходящего транзитом через эти сетчатые устройства фито-, зоопланктона и детрита. Масса выращенных за сезон в садках рыб-сестофагов обычно соизмерима со средней за сезон суммарной биомассой детрита, фитопланктона и зоопланктона. В водоемах средней полосы при среднесезонной биомассе 5 г/м³ можно получить в садках без внесения искусственных кормов примерно 5 кг/м³ рыб-сестофагов, соответственно при

7 г/м³ — 7 кг/м³ и т. д. Значительное количество посадочного материала толстолобиков до возраста 1+ выращивают в садках, установленных в проточной акватории Десногорского водохранилища — водоема-охладителя Смоленской АЭС (табл. 10).

Двухлетки толстолобиков предназначены для выпуска в водоем-охладитель в качестве рыб-биомелиораторов, уменьшающих массу сестона в воде, которая направляется на охлаждение агрегатов АЭС. Ежегодно осенью в садки высаживают толстолобиков массой 1 г и выращивают их в течение года. При этом рыба питается в

основном сестоном (фитопланктон, зоопланктон, детрит), поступающим в сетчатые садки за счет течения воды. В состав детрита входит и поврежденный в системе охлаждения агрегатов станции фито- и зоопланктон, который, как отмечено выше, фактически является детритом техногенного происхождения. При низкой массе сестона производится подкормка мальков искусственными кормами. Плотность посадки рыб в садках составила в среднем 5870 экз. на садок, масса — 289 кг. В 2003 г. в водоем было выпущено из садков 469 900 экз. рыб общей массой 23 125 кг.

Таблица 10. Результаты выращивания двухлеток толстолобиков в садках водоема-охладителя Смоленской АЭС за 1 год

Показатель	Значение
Садковая линия ЛМ-4 для выращивания р/я рыб, шт.	3
Количество садков, шт.	80
Дата посадки в садки сеголеток	осень 2002 г.
Облов садков и выпуск двухлеток	сентябрь 2003 г.
Общая масса рыбы, т	около 21
Средняя масса двухлеток, г	108
Пределы индивидуальной массы, г	50–250

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В различных рыбохозяйственных водных объектах с разными типами хозяйствования (экстенсивный, полунтенсивный, интенсивный, индустриальный) формируются микробиологические ниши с определенным составом и численностью микроорганизмов, участвующих в деструкционных процессах, которые обеспечивают благоприятные условия среды для культивируемых рыб. Особые биоэкологические условия функционирования микробного сообщества создаются в водоемах при добавочных нагрузках за счет alloхтонных веществ. Образующийся детрит и микробная биомасса воды и донных осадков представляют ценный пищевой материал, который можно с успехом использовать в аквакультуре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Горленко В. М., Дубинина Г. А. Кузнецов С. И. Экология водных микроорганизмов. М.: Наука, 1977. 289 с.
- Заварзин Г. А. Лекции по природо-ведческой микробиологии. М.: Наука, 2004. 348 с.
- Иватин А. В. Интенсивность микробиологических процессов в приплотинном плесе Куйбышевского водохранилища // Биология внутр. вод. 1984. Информ. бюл. № 63. С. 5–8.
- Киреева И. Ю. Биоэкологические особенности формирования продукционно-го потенциала водоемов аридного климата России и Украины. Астрахань: Изд. АГТУ, 2008. 242 с.

Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. Л.: Наука, 1970. 440 с.

Кузнецов Е.А. Потребление бактерий белым толстолобиком // Вопр. ихтиологии. 1977. Т. 17. Вып. 3. С. 455–461.

Кузнецов С.И., Саралов А.И., Назина Т.Н. Микробиологические процессы круговорота углерода и азота в озерах. М.: Наука, 1985. 213 с.

Михеев П.В. Микробиологическая характеристика илов интенсивно эксплуатируемых рыбоводных прудов // Вып. 45. Вопросы интенсификации товарного рыбоводства. М.: ВНИИПРХ, 1985. С. 155–161.

Михеев П.В. Газовыделение из иловых отложений интенсивно эксплуатируемых рыбоводных прудов как показатель анаэробных деструкционных процессов // Вып. 51. Болезни рыб и водная токсикология. М.: ВНИИПРХ, 1987. С. 219–224.

Михеев П.В. Бактерии в грунтах интенсивно эксплуатируемых рыбоводных прудов и их участие в деструкции органического вещества // Рыбные ресурсы водоемов Молдавии и их использование. Кишинев: МолдНИРХС, 1988. С. 22–30.

Михеев В.П. Биотехнологические основы рыбного хозяйства внутренних водоемов России. М.: Экон-Информ, 2008. 138 с.

Михеев В.П. Озерное рыбное хозяйство. М.: Компания Спутник+, 2011. 92 с.

Михеев В.П., Михеева И.В. Культивирование рыб в прудах по традиционной технологии. Справочно-методическое пособие. М.: Компания Спутник +, 2003. 110 с.

Михеев В.П., Михеева И.В., Михеев П.В. Способ контроля предзаморного состояния в рыбохозяйственных водоемах: Авт. свидет-во № 1759388. А1 // Бюл. изобретений. 1992. № 23.

Михеев В.П., Михеева И.В., Тагирова Н.А. Биологическое обоснование вселения рыб-биомелиораторов в водоем-охладитель электростанции // Сборник научных трудов. Вып. 83. М.: ВНИИПРХ, 2007. С. 19–33.

Михеев В.П., Михеева И.В., Михеев П.В. Любительское рыболовство в системе рыбного хозяйства внутренних водоемов России. Часть 1 // Рыб. хоз-во. 2011а. № 3. С. 60–75.

Михеев В.П., Михеева И.В., Михеев П.В. Любительское рыболовство в системе рыбного хозяйства внутренних водоемов России. Часть 2 // Там же. 2011б. № 4. С. 13–16.

Михеева И.В. Динамика численности бактерий в Куйбышевском водохранилище в связи с некоторыми гидрологическими факторами // Матер. I науч.-технич. совещания по изучению Куйбышевского водохранилища. Вып. 3. Куйбышев, 1963. С. 95–101.

Михеева И.В. Динамика численности бактерий в водной толще Куйбышевского водохранилища в 1960–1961 гг. // Тр. Ин-та биологии водохранилищ АН СССР. 1966. № 13 (16). С. 204–207.

Михеева И.В. Участие микроскопических грибов в разложении водорослей // Сборник по прудовому рыбоводству. М.: ОНТИ ВНИРО, 1969. С. 22–27.

Михеева И.В., Боброва Д.В. Санитарно-микробиологическое состояние канала им. Москвы // Тез. докл. Междунар. эколог. форума «Окружающая среда и здоровье человека». СПб.: НИИЭМ РАМН, 2008. С. 587.

Михеева И.В., Михеев П.В. Бактериальные сообщества в воде рыбоводных прудов // Вып. 51. Болезни рыб и водная токсикология. М.: ВНИИПРХ, 1987. С. 21–29.

Михеева И.В., Михеев П.В., Земляничина Т.Ю. и др. Характеристика сестона интенсивно эксплуатируемых рыбоводных прудов // Вып. 47. Вопросы интенсификации прудового рыбоводства. М.: ВНИИПРХ. 1986а. С. 115–125.

Михеева И.В., Федорченко В.И., Михеев П.В. Микробиологические процессы в интенсивно эксплуатируемых рыбоводных прудах // Структура и функционирование сообществ водных

- микроорганизмов. Новосибирск: Наука, 1986б. С. 127–132.
- Михеева И.В., Трофимов С.И., Харитонов Ю.С. Экспресс-метод оценки микробиологического состояния р. Сходня (Московская обл.) // Тр. Рос. науч.-техн. общ-ва радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. Сер. Инженер. экология. Вып. V. М.: РНТОРЭС им. А.С. Попова, 2009. С. 109–112.
- Мухачев И.С. Биологические основы рыбоводства. Тюмень: ТГСХА, 2005. 257 с.
- Мухачев И.С. Озерное рыбоводство. Тюмень: ТГСХА, 2006. 302 с.
- Романенко В.И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах. Л.: Наука, 1985. 295 с.
- Спиглазов С.П. Агрегированность бактерий в воде Байкала // Микроорганизмы в воде озер и водохранилищ. Новосибирск: Наука, 1985. С. 4–23.
- Справочник по озерному и садковому рыбоводству / Под ред. Г.П. Руденко. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 312 с.
- Технология производства рыбы в прудовых хозяйствах СССР / Под ред. В.И. Федорченко, В.П. Михеева. М.: МРХ СССР, 1986. 159 с.
- Технология выращивания рыбы в прудах при оборотном водоиспользовании с выходом рыбопродукции 5–7 т/га. М.: ВНИИПРХ, 1989. 27 с.
- Трофимов С.И., Михеева И.В. Совершенствование хемилюминесцентного экспресс-метода оценки уровня бактериальной зараженности водной среды. Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. № 4. М.: Академия гражданской защиты МЧС России, 2008. С. 57–62.
- Фурсенко М.В. Микробиологическая оценка сапробности воды и функциональные особенности бактериопланктона. Гидробиологические исследования самоочищения водоемов. Л.: ЗИН АН СССР, 1976. С. 5–17.

SOME BIOECOLOGICAL PECULIARITIES OF WATER BODIES WITH DIFFERENT FORMS OF FISHERIES

© 2014 y. V. P. Mikheev¹, I. V. Mikheeva², P. V. Mikheev³

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Freshwater Fisheries,
p. Rybnoe, Dmitrov region, Moscow area, 141821

² Dmitrov Branch of Astrakhan State Technical University, p. Rybnoe, Dmitrov region, Moscow area,
141821

³ NTsB National Centre of Fish Production and Aquaculture Sustainability, Moscow, 107140

An estimation of some bioecological processes, connected with functioning microbial communities in water bodies of different types and various forms of fisheries (extensive, semi-intensive, intensive and industrial, has been carried out. Characteristics of microbiological niches for a number of fish-farming water objects, trends of destructive processes, providing favourable water conditions for fish cultivation, have been given. On the example of seston-consuming fish, the role of bacterioplankton and detritus in obtaining fish-farming production has been shown.

Keywords: commercial fish-farming, ecological niches of microorganisms, destruction, self-purification of water bodies, detritus, bighead carp.