

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Лекция 1. Принципы создания технологий культивирования живых объектов Вопросы

1. Общие понятия технологий.
2. Классификация биотехнологий культивирования рыб.
3. Потоки и разноуровневый характер биотехнологий.

1. Общие понятия технологий

Технология – совокупность приемов и способов получения, обработки и переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий, осуществляемых в различных отраслях промышленности.

Метод (от греческого *metodos* – путь исследования, теория, учение) – способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи, совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности.

Технология – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, осуществляемых в процессе производства продукции, научная дисциплина, изучающая физические, химические, механические и другие закономерности, действующие в технологических процессах. Технологией называют также сами операции добычи, обработки, транспортировки, хранения, контроля, являющиеся частью общего производственного процесса.

Технология как комплексный процесс функционирования с четко определенными конечными результатами базируется на нескольких важнейших принципах, которыми необходимо руководствоваться при создании технологического процесса в различных отраслях производства.

Первый принцип – малая ресурсоемкость разработки технологий, обеспечивающая как на входе, так и на выходе экономичность и незначительные выбросы.

Второй принцип – создание цикличного производства, когда отходы одного производства являются сырьем для другого.

Третий принцип – организация разумного захоронения неминуемых остатков. Технологии, в основе которых лежит выращивание живых объектов, значительно отличаются от технологий обработки и производства неживых материалов. Живые организмы, являющиеся основополагающей составной частью биотехнологий, характеризуются такими отличительными от неживых объектов свойствами как наследуемость, изменчивость, приспособительность, самоорганизация, разнообразие, изменяемость, т.е. этапность в развитии организма от зарождения в теле самки и до наступления половой зрелости, элиминация под воздействием естественного отбора.

Каждое указанное свойство живого организма определяет особенности его существования в технологическом процессе одного или нескольких производственных циклов и, как следствие, требует учета этой особенности при создании технологии разведения и выращивания того или иного вида гидробионта.

Наследственность – способность живых организмов передавать потомкам этих

особей признаки родителей, способствующие приспособлению этих потомков к изменяющимся условиям среды обитания. Благодаря этому происходит эволюция, чему способствует воспроизводство избыточного числа потомков с признаками, передаваемыми им родительскими формами, обладающими некоторыми фенотипическими признаками, повышающими выживаемость. При этом необходимо помнить, что естественный отбор действует только на те признаки, которые передаются по наследству. Наследуемость – проявление у предков и потомков одинаковых или сходных признаков и передача специфических наследственных задатков, ответственных за образование признака. Наследуемость – это часть общей фенотипической изменчивости, обусловленной генотипом (генетическими факторами). Это свойство определяет потенциальную возможность создания конструкции объекта культивирования, адаптированной к определенным условиям выращивания и отличающейся высокими хозяйственно полезными признаками.

Изменчивость – отклонение от первоначального (родительского) типа в результате наследственных вариаций, новых комбинаций или рекомбинаций и мутаций, происходящих в нескольких сменяющих друг друга поколениях или в популяциях. Изменчивость может быть наследуемой и модификационной. Фенотипическая изменчивость характеризуется незначительными постепенными переходами между отдельными вариантами или резкими отклонениями, не связанными между собой промежуточными формами. Это свойство лежит в основе наличия разновозрастных рыб различных размеров и массы, вылавливаемых в одном пруду, причем, чем хуже условия выращивания, тем больший диапазон изменчивости, особенно в отношении их массы.

Самоорганизация – способность организма с помощью внутренней среды сохранять гомеостаз и выдерживать определенные пределы флуктуации условий внешней среды без сокращения роста и потери жизнеспособности. Это свойство определяет наличие в показателях конечного продукта и промежуточных полуфабрикатов технологического процесса неких пределов, а не единой цифры, как что характерно при работе с неживыми предметами.

Разнообразие определяется особенностью биогидроценозов функционировать с обитанием нескольких видов животных на одной площади при условии их питания различными видами пищевых организмов (поликультура), т.е. энергетика трофической цепи может утилизироваться при довольно высоком КПД при условии оптимизации видового состава выращиваемых видов с учетом особенностей экосистемы конкретного водоема.

Естественная элиминация – воздействие абиотических и биотических условий обитания на численность вида в различные периоды жизненного цикла, которая определяется различными факторами: биологическое состояние производителей, условия нереста, температура и другие гидрохимические показатели среды, хищничество, естественная смертность и др. Значение этого свойства для создания технологий культивирования рыб и других гидробионтов убывает пропорционально изменениям соотношений естественного и искусственного отбора, т.е. от экстенсивных к индустриальным типам

технологий.

2. Классификация биотехнологий культивирования рыб

Названные свойства указывают на то, что биотехнология – это многокомпонентная система, функционирование которой определяется тремя самостоятельно существующими взаимодополняющими друг друга компонентами: культивируемым организмом, средой обитания и внешними воздействиями, влияющими или только на организм, или только на условия среды обитания, или в равной степени на оба этих компонента. Исходя из различной степени взаимодействия этих трех составляющих компонентов, все биотехнологии можно подразделить на три класса.

Альфа-биотехнологии – биотехнологии, базирующиеся на использовании естественного потенциала объекта культивирования и природной среды, определяющиеся естественной рыбопродуктивностью. К этому классу относятся все биотехнологии культивирования рыб и других гидробионтов в условиях пастбищной аквакультуры, а также прудовые биотехнологии с низким уровнем организации, базирующиеся на использовании естественной кормовой базы прудов. Это наименее энергоемкие и ресурсоемкие биотехнологии.

Бета-технологии – биотехнологии, в основе которых лежит воздействие извне на один из объектов: культивируемый организм или среду обитания. К этому классу относится большинство современных биотехнологий выращивания гидробионтов с выращиванием беспородных или диких видов рыб.

Гамма-технологии – биотехнологии, при которых внешне воздействуют на обе составные части биотехнологии: культивируемые организмы и среду их обитания. К этому классу относятся технологии, базирующиеся на выращивании высокопродуктивных пород или кроссов рыб и регулировании большинства параметров водной среды с целью их оптимизации применительно к требованиям культивируемых организмов. В этот класс входят биотехнологии выращивания в установках с замкнутым циклом водообеспечения и в некоторой части бассейновые биотехнологии с элементами водоподготовки. Наиболее ресурсоемкие и энергоемкие биотехнологии.

Несомненно, что существуют биотехнологии переходного класса, связанные с переводом хозяйства на выращивание высокопродуктивных пород или кроссов рыб, определенным воздействием на отдельные абиотические факторы среды (оксигинация, известкование и т.д.), улучшением организации производства и ужесточением технологической дисциплины на предприятии и др. Указанные мероприятия могут значительно улучшать бета-технологии, занимающие срединное положение между использованием естественного потенциала водоемов и максимально управляемыми технологическими процессами в замкнутых системах.

Рассмотрим классификацию биотехнологий исходя из экосистемных подходов.

Альфа-технологии – это саморегулируемые системы с низким экосистемным КПД. Альфа-технология как самосовершенствующаяся организация эволюционирует в сторону адаптации культивируемого организма к условиям среды обитания, так как условия среды в этом случае являются более фундаментальным фактором эволюции, чем гомеостаз организма.

Для этих технологий характерны низкая выживаемость культивируемых гидробионтов, высокая зависимость выращиваемых организмов от природно-климатических условий, особенно в части темпа роста и полового созревания, и относительно низкий выход продукции с единицы площади по сравнению с другими типами технологий. В полной мере на состояние популяций выращиваемых гидробионтов воздействует естественный отбор. Для технологий такого типа характерен высокий уровень риска, так как конечный результат зависит от многих факторов, управление которыми или вообще отсутствует, или осуществляется в крайне ограниченных масштабах.

Бета-технологии – технологии, состояние экосистемы которых, как правило, контролируется извне по многим важнейшим абиотическим факторам среды обитания, однако управление по большинству из них или вообще не проводится (температура), или осуществляется в ограниченном масштабе (кислород, состояние естественной кормовой базы, продолжительность периода выращивания). В то же время под жестким воздействием находятся такие важнейшие производственные показатели, как видовое разнообразие, породная принадлежность, численность и плотность выращивания, начальная и конечная масса особей, количество задаваемого искусственного корма и др. Имеет место некоторая стабильность в получении определенного товара, обладающего спросом на рынке, однако серьезным недостатком является полная зависимость от такого важнейшего для холоднокровных животных фактора, как температура, которая из-за своей глобальности не поддается воздействию человека. Именно этот фактор формирует сезонность производства товарной продукции, что снижает ее конкурентоспособность на рынке и, как следствие, создает определенные риски в деятельности предприятия.

Гамма-технологии – технологии с целенаправленным формированием искусственной экосистемы, все составные части которой контролируются и управляются человеком исходя из его знаний особенностей взаимодействия организма и абиотических факторов среды обитания. Современные знания позволяют стабильно производить конкретный конечный продукт в заданные сроки с нужными размерно-весовыми характеристиками, пользующимся спросом на рынке только по ограниченным видам (породам) рыб. Риски при использовании технологий такого типа незначительны, однако серьезным недостатком их является высокая ресурсоемкость и энергоемкость, возможны и нарушения технологического процесса из-за проблем с энергетикой и уровня квалификации работников.

3.Потоки и разноуровенный характер биотехнологий

Биотехнология – это единый комплекс, направленный на достижение конкретной цели, т.е. производство конкретного товара, обладающего конкурентоспособными характеристиками и имеющего устойчивый спрос на рынке. Единый технологический комплекс состоит из нескольких потоков, каждый из которых, как бы самостоятельно двигаясь к единой цели с помощью своих своеобразных методов и способов, обеспечивает выполнение требований

основного технологического потока в части создания оптимальных абиотических и биотических условий для выращиваемого объекта, а также в организации производства.

На настоящем этапе технологическая система в рыбоводстве состоит из четырех потоков: технологического, технического, ресурсного и организационно-экономического, которые, взаимодействуя, дополняют друг друга, но характеризуются самостоятельными методическими решениями, своими способами контроля и выполнения тех или иных производственных функций.

Важнейшим коренным, определяющим суть технологического комплекса, является технологический поток, в основе которого лежат особенности биологии вида или видов выращиваемых рыб. Именно этот поток, исходя из необходимости создания оптимальных или близких к оптимальным условий жизнедеятельности культивируемого организма рыбы, определяет существование второго технического потока и формирует исходные требования к техническим средствам контроля, управления и осуществления конкретных видов работ.

Технический поток лежит в основе двух важнейших критериев оценки создаваемых или действующих технологий: технический уровень технологии и степень затрат ручного труда на производство единицы товарной продукции, но конкретной технологии.

Третьим потоком является ресурсный, определяющий стоимостную как с финансовой, так и энергетической стороны характеристику конкретной технологии и непосредственно влияющий на экономические показатели деятельности предприятия, работающего по этой технологии.

Наличие высокопродуктивного объекта культивирования и хорошее техническое оснащение производства не гарантирует высокую эффективность работы предприятия, если на производстве отсутствует система последовательности выполнения определенных работ, нет контроля качества работ на отдельных звеньях или в отдельных блоках технологического процесса, нечетко соблюдается технологическая дисциплина. На решение комплекса этих работ направлен четвертый организационно-экономический поток получения конечного продукта.

Сутью технологического комплекса являются характеристики производственного процесса, имеющие определенные ограничения как во времени, так и в пространстве. Показатели по этим характеристикам являются принципиально важными и могут быть отнесены к критериям оценки той или иной технологии.

Этапность развития живого объекта культивирования, характеризующаяся значительными изменениями как в строении объекта, так и, что особенно важно, в требованиях к условиям среды обитания, определила особенность последовательного построения производственного процесса выращивания гидробионтов.

Во-первых, весь производственный процесс представляет собой цепочку последовательных технологических звеньев и блоков, в которой зачастую нельзя выбросить или игнорировать то или иное звено. И в этом случае в действие вступает общесистемный закон, гласящий, что крепость цепочки определяется одинаковой крепостью всех ее звеньев. Ослабление любого отдельно взятого звена отрицательно сказывается на общей целостности цепочки независимо от того, что явилось причиной ослабления звена. В одном случае это может быть морально устаревший процесс или

самортизированное оборудование, или низкая квалификация работника, а во втором случае – принимаемые действия на укрепление одних звеньев без внимания на состояние других. Второй случай заключается в том, что над решением одних зачастую частных вопросов (отдельные ячейки технологии) работают многие исследователи, а исследованиями по совершенствованию рядом расположенных звеньев никто не занимается. По этой причине технологическая цепочка не становится крепче, хотя средств и времени тратится много.

Логистика технологического процесса разведения и выращивания конкретного вида рыб или гидробионтов требует четкой вертикальной детализации, что связано с выделением различных структурных составляющих, которые в нашем случае на современном уровне знаний установлены сверху вниз следующим образом: комплекс (технология), блок, звено, ячейка.

Ячейка – основополагающий первичный элемент биотехнологий, являющийся составной частью звена, который может представлять собой отдельные параметры окружающей среды (температура, кислород, рН и др.) или отдельные физиологические характеристики культивируемого организма (отношение к температуре, кислороду и т.д.). Знания физиологических потребностей организма и возможностей отдельных факторов среды обитания во многом определяют эффективность разрабатываемых биотехнологий и перспективность их внедрения в производственные структуры.

Звено – состоит из ячеек и является четким отражением этапности в развитии культивируемого организма. Звено отражает комплексный характер взаимодействия организма и среды обитания, который по мере роста и развития культивируемого гидробионта изменяется, особенно на начальных этапах онтогенеза.

Блок – состоит из отдельных звеньев, конечный результат по которому может быть представлен тем или иным видом получаемой продукции.

Рыбоводно-биологические особенности всех объектов, выращиваемых в аквакультуре, позволяют вычленив четыре рыбоводно-производственных блока:

- ремонтно-маточное стадо, в качестве товара для реализации в этом блоке может быть племенной материал, отличающийся от другой рыбоводной продукции особыми рыбоводно-биологическими параметрами и генетико-морфологическими признаками;
- потомство на ранних этапах жизненного цикла, в качестве товара для реализации могут быть рыбоводная икра и личинки;
- рыбопосадочный материал, в качестве товара для реализации может использоваться разноразмерная молодь в возрасте от 1 до 24 месяцев;
- товарное производство, в качестве товара для реализации используется рыба коммерческих размеров.

В зависимости от объекта культивирования количество звеньев и ячеек в каждом, отдельно взятом блоке будет различным, но характерным для каждого объекта выращивания. Продолжительность во времени отдельных блоков также будет различной, но здесь важно учитывать организационно-экономические постулаты, из которых следует, что чем короче и проще производственный цикл,

тем рентабельнее производство, эффективнее хозяйственный механизм

Таким образом, биотехнологии – это горизонтально-вертикальная многоярусная ячеистая система культивирования конкретного вида (породы) рыб или других гидробионтов с блочно-модульным принципом ее конструирования. Эволюция такой довольно сложной системы может происходить в двух разнонаправленных движениях: от простого к сложному и от сложного к простому с ее оптимизацией через:

- адаптацию организма к условиям среды обитания;
- улучшение условий среды применительно к требованиям организма;
- взаимообразное сближение требований организма и условий среды обитания;
- оптимизацию логистического построения с учетом различных организационно-экономических принципов.

Рассматривая биотехнологию как многоярусную ячеистую интегрированную систему культивирования конкретного вида гидробионтов, необходимо признать, что ее создание и функционирование является весьма сложной задачей.

Лекция 2. Естественная кормовая база – основа выбора объектов культивирования

Вопросы

1. Биотехнология производства живых кормов как способ решения проблемы выживаемости ювенильных стадий гидробионтов.
2. Понятие естественной кормовой базы. Виды живых кормов и требования к ним

1. Биотехнология производства живых кормов как способ решения проблемы выживаемости ювенильных стадий гидробионтов

В настоящее время, при широком развитии индустриального и декоративного рыбоводства проблема разведения живых стартовых кормов приобрела большое значение.

Одной из ключевых проблем при искусственном разведении рыб и беспозвоночных является получение жизнестойкой молоди, успех выращивания которой зависит от обеспечения хозяйства полноценными кормами.

Живые корма обеспечивают увеличение выживаемости ювенильных стадий гидробионтов и повышают рентабельность производства в целом. Большим преимуществом естественных кормов является то, что их можно получать за счет естественных ресурсов, не прибегая к услугам других отраслей сельского хозяйства, комбикормовой промышленности и т. д. Особенно это важно для декоративного рыбоводства. По мере совершенствования биотехники и роста культуры рыбоводства естественные корма будут приобретать все большее значение. Особенно для молоди, которая выращивается для зарыбления естественных водоемов.

Естественные корма характеризуются высокой пищевой ценностью, значительным содержанием белка, жира, незаменимых аминокислот, витаминов,

ферментов, других жизненно важных для молоди рыб компонентов. Создание столь же полноценных искусственных кормосмесей оказывается практически невозможным. На первый взгляд, наиболее простой и удобный путь массового получения живого корма – это вылов водных беспозвоночных из естественных водоемов. Разработаны эффективные методы, позволяющие осуществлять массовый отлов планктонных животных. Однако таким методом нельзя обеспечить гарантированное стабильное получение живого корма в нужные для рыбоводства сроки.

Известно, что получение личинок и молоди рыб заводским методом ведется как правило в начале вегетационного периода, когда численность и биомасса планктонных животных в естественных водоемах еще очень низки. Важным обстоятельством является и то, что вместе с выловленным из водоема кормом в емкости для выращивания молоди рыб можно занести паразитов (например, аргулюсов – карповая вошь), переносчиков заболеваний (циклопов) и т.д. Поэтому рекомендации по отлову естественных кормов из естественных водоемов как правило временная, вынужденная мера, ограниченная рамками следующих условий:

- наличие сравнительно крупного водоема около рыбоводного предприятия, где производится выращивание рыб;
- интенсивное развитие в этом водоеме кормовых организмов в период подращивания молоди рыб, т.е. обычно ранней весной;
- отсутствие в водоеме паразитов и хищных беспозвоночных, которые могут нанести вред рыбе;
- постоянный контроль водоемов в период отлова кормовых организмов со стороны гидробиологов и ихтиологов.

Таким образом, основной путь массового, гарантированного получения живого корма при подращивании молоди рыб и выращивании беспозвоночных – это искусственное разведение различных живых кормов с применением методов инкубации и культивирования.

Разные виды рыб различаются по характеру питания. Наряду с всеядными рыбами имеются с узким пищевым спектром, морфологически и физиологически приспособленные к питанию одним или немногими видами корма. С возрастом характер питания изменяется. Но личинки большинства рыб, независимо от характера их питания во взрослом состоянии, питаются животными кормами.

Для выращивания личинок рыб используются живые и искусственные стартовые корма. Однако сухой микробный корм уступает животным кормам, молодь хуже растет и выживаемость ее более низкая.

Сложный вопрос питания личинок не исследован окончательно, однако живые корма необходимы личинкам рыб на первых этапах развития.

Пищеварительные органы личинок недоразвиты, поджелудочная железа не сформирована, активность щелочных протеаз (ферментов, расщепляющих белок) кишечника очень слаба. В связи с тем, что у личинок рыб недостаточно полно функционирует пищеварительная система, важно, чтобы часть пищеварительных ферментов они получили с кормовыми организмами. Ферментативная активность

вытяжек из науплиусов артемии и зоопланктона (коловратки, босмины, циклопы) в 2–3 раза выше, чем кишечников личинок. Следовательно, молодь рыб использует ферменты беспозвоночных, подаваемых в качестве живого корма.

Исследование биохимического состава живых организмов, служащих живым кормом для личинок рыб, показало наличие в них свыше 50 % белков, а в белке – большого количества (свыше 50 % к белку) низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот, что позволяет личинкам усваивать их без существенной ферментативной обработки в полости пищеварительного тракта.

Естественная пища – живые кормовые организмы содержат протеин с относительно низкой молекулярной массой. Именно эта особенность дает возможность ранней молоди рыб, потребляющей зоопланктон, эффективно использовать белок кормовых организмов и обуславливает быстрый рост и формирование пищеварительного тракта.

Исследования по питанию растительноядных рыб в природе показали, что их молодь довольно долго питается простейшими.

Для нормального роста и формирования пищеварительной системы личинок осетровых в первые дни кормления рекомендуется использовать живые корма.

2. Понятие естественной кормовой базы. Виды живых кормов и требования к ним.

Естественная кормовая база рыб – это комплекс гидробионтов, используемых рыбами непосредственно или через промежуточное пищевое звено в пищу и определяющих прирост рыбной продукции. Важное значение для оценки естественной кормовой базы рыб имеет качественная и количественная характеристика развития растений и животных, данные по питанию рыб и трофическим связям в водоеме. В мировой практике аквакультуры накоплен значительный опыт выращивания различных кормовых организмов – живой корм можно получать в нужном количестве и в необходимые сроки.

К **живым кормам** относятся организмы, составляющие естественную кормовую базу водоемов или не являющиеся таковыми, но культивируемые в искусственных условиях для использования в кормлении рыб.

Живой корм представляет собой совокупность растительных и животных гидробионтов. К ним относятся: микроводоросли, простейшие – инфузории, или ресничные (*Ciliata*), науплии артемии (*Artemia*), дафнии (*Daphnia*), моины (*Moina*), веслоногие рачки (*Copepoda*), мелкие жаброногие *Branchiopods* (*Streptocephalus torvicornis*), коловратка (*Rotatoria*),

(*Drosophila*), личинки насекомых (*Chironomus plumosus*), гаммариды (*Gammaridae*), олигохеты *Oligochaeta*: белый энхитрей (*Enchitreus albidus*), трубочник (*Tubifex tubifex*), аулофорус (*Aulophorus*) и калифорнийский червь (*Eisenia foetida*), свободноживущие нематоды (*Nematoda*).

Организмы, избираемые в качестве объектов культивирования, должны обладать набором свойств, обеспечивающих возможность высокой степени интенсификации производства, характеризоваться полноценностью биохимического состава, высокой калорийностью и доступностью для конкретного вида рыб на определенной стадии его

развития.

Виды, избираемые для культивирования должны отвечать определенным требованиям, основными из которых являются:

- эврибионтность;
- высокая продукционная способность;
- устойчивое развитие популяции в условиях высокой плотности;
- высокая пищевая ценность;
- доступность.

Эврибионтность – это приспособление к широкому диапазону природных условий окружающей среды и выдерживание их значительных изменений. Требования неприхотливости вида к факторам внешней среды следует понимать, как способность переносить определенные колебания экологических факторов.

Культивирование стенобионтов вполне осуществимо благодаря разработанной в настоящее время аппаратуре для поддержания стабильных условий среды, но поскольку культивирование не является самоцелью, а служит для получения живых кормов, которые будут скармливаться рыбам, выращиваемым в условиях, отличающихся от таковых в культуре, предпочтение отдается достаточно пластичным видам.

Высокая продукционная способность вида характеризуется его коротким жизненным циклом, большой плодовитостью и быстрым темпом роста.

Для характеристики продукционной способности гидробионтов применяется значение удельная продукция, представляющая собой отношение продукции к их биомассе за единицу времени. Удельная продукция животных, относящихся к одной систематической группе и даже одному и тому же виду, может изменяться в зависимости от состава (полового, возрастного) и физиологического состояния популяции, а также условий существования.

Устойчивое развитие популяции, при значительной плотности особей, является важным условием осуществления системы мероприятий по значительному увеличению полезной продукции с единицы объема или площади искусственных и естественных экосистем.

Полноценность биохимического состава корма определяется наличием в нем всех необходимых для нормального обмена веществ потребителя компонентов, белков, жиров, углеводов, минеральных солей и биологически активных соединений.

Содержание белков в корме имеет важное значение, поскольку они являются основным поставщиком азотсодержащих соединений и не могут быть заменены в рационе жирами или углеводами. Первостепенное значение имеет аминокислотный состав белков, поскольку полноценный корм должен содержать не только достаточное количество белка, но и все незаменимые аминокислоты в количестве и соотношениях, обеспечивающих нормальное протекание процессов обмена.

В процессе эволюции у многих водных беспозвоночных выработались приспособления, делающие их менее доступными для рыб. Защита от выедания достигается использованием укрытий, маскировкой, особенностями

поведенческих реакций, морфологическими приспособлениями. Личинки хирономид и олигохеты укрываются в грунте водоемов, минирующие личинки мелких насекомых находят убежище и пищу в стеблях растений и характеризуются слабой доступностью для рыб.

Целесообразно различать **экологическую, морфологическую и физиологическую доступности** кормовых организмов.

Под *экологической доступностью* понимается способность потребителя обнаружить кормовой организм, под *морфологической* – соответствие формы кормового организма строению органов захвата пищи и пищеварительного тракта животных-потребителей, под *физиологической* – ферментативный состав пищеварительного сока и физиологическое состояние животного-потребителя.

Фактор доступности является основным при определении перспективности конкретного объекта для культивирования, оценки состояния естественной кормовой базы рыб в водоемах и правильного выбора биотехники кормления рыб живыми кормами.

Лекция 3. Культивирование микроводорослей

Вопросы

1. Значение микроводорослей
2. Культиваторы для производства микроводорослей
3. Методы культивирования микроводорослей

1. Значение микроводорослей

Роль микроводорослей многозначна. С них начинаются пищевые цепочки: микроводоросли – зоопланктон – личинки рыб; микроводоросли – личинки рыб. В рыбном хозяйстве культуры микроводорослей находят разнообразное применение:

- в качестве корма для культивируемых беспозвоночных животных;
- для кормления рыб;
- как высокоактивная кормовая добавка к искусственным кормам для рыб.

Это только в рыбном хозяйстве, но она используется и в других отраслях народного хозяйства. Биомасса высокопродуктивных штаммов рода *Chlorella* и *Scenedesmus* после соответствующей обработки используется в качестве добавки в рационы скота, а также в пищевых целях. Гидролизаты белка зеленой водоросли *Scenedesmus* используются в медицине и косметической промышленности.

Хлорелла используется в рационах сельскохозяйственных животных и птицы. Доказано положительное действие хлореллы на общее физиологическое состояние и увеличение приростов животных. Животным хлореллу можно скармливать в виде суспензии, пасты, а также сухой биомассы. Она применяется как биостимулятор (увеличение приростов живой массы), а также в ветеринарных и профилактических целях (хлорелла обладает бактерицидным действием).

В Японии используют хлореллу в производстве кондитерских изделий и отдельных молочных продуктов.

В рыбоводстве на суспензии хлореллы выращивают многих беспозвоночных,

которые в дальнейшем используются для кормления рыб.

В настоящее время культивируют десятки видов водорослей, но объекты промышленного разведения пока еще малочисленны, это, главным образом, различные виды и штаммы хлореллы, сценедесмуса, спирулины (*Chlorella vulgaris*, *Ch. purenoidosa*, *Ch. regularis*, *Scenedesmus acutus*).

1.1. Пищевая ценность сине-зеленых водорослей. Большое место в фитопланктоне многих водоемов занимают сине-зеленые водоросли.

Отдел насчитывает более 1,5 тыс. видов. Сине-зеленые водоросли вместе с бактериями относятся к прокариотам и многие ученые склонны исключать цианеи из группы водорослей. Сине-зеленые водоросли чрезвычайно широко распространены в природе.

Среди сине-зеленых водорослей есть одноклеточные формы, но преобладают нитчатые и колониальные.

Сине-зеленые водоросли распространены повсеместно на Земном шаре и поселяются там, где не могут произрастать другие растения.

Способность некоторых сине-зеленых фиксировать азот (*Anabaena*, *Gloeocapsa*, *Nostoc*, *Calothrix*) позволяет им поселяться в местах, где полностью отсутствует питательная среда, например, на вулканах после их извержения. Сине-зеленые водоросли могут поселяться в горячих источниках, благодаря особому коллоидному составу их протоплазмы. Сине-зеленые водоросли встречаются в пресных и соленых водах, обычны в почвенных и надпочвенных сообществах, в сырых местообитаниях, на камнях, коре деревьев, на ледниках и снежниках.

Многие сине-зеленые водоросли, произрастающие в планктоне эвтрофных (богатых питательными веществами) водоемах способны вызывать массовое «цветение» воды.

Биомасса этих водорослей в водохранилищах и прудах может достигать в местах скопления нескольких кг/м³. В сухом веществе сине-зеленых водорослей содержится до 62 % сырого протеина. Белок сине-зеленых водорослей полноценен по аминокислотному составу, в нем содержатся все незаменимые аминокислоты, но высокое содержание труднорастворимых белков делает свежие и сухие сине-зеленые водоросли малоприспособными для питания гидробионтов. Так, например, в белке *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae* 60% составляют трудно извлекаемые фракции. В сине-зеленых содержится много витаминов, в больших количествах обнаружены β-каротин, витамин В₁₂, тиамин В₂, пиридоксин, биотин (Н), никотиновая кислота (РР) и витамин С.

В составе ферментов сине-зеленых водорослей отсутствуют крахмалонакопляющие ферменты, в связи с чем не обнаружен настоящий крахмал, но имеется крахмалоподобное вещество – крахмал сине-зеленых. В составе сине-зеленых обнаружен гликоген. Содержание золы у сине-зеленых водорослей намного меньше, чем у диатомовых. Водоросли, взятые для анализа из пресной воды содержали 2,6–5,3 % золы, из морской – 5,2–25,0 %. Основную часть золы сине-зеленых составляют сернокислые соли железа, магния, кальция и калия. Наличие труднопереваримых углеводов и белков ограничивает

физиологическую доступность живых сухих синезеленых для гидробионтов.

1.2. Пищевая ценность протококковых водорослей. Протококковые – микроскопические зеленые водоросли. Служат пищей для дафний и других водных организмов, являющихся, в свою очередь, пищей рыб. Среди зеленых водорослей большое значение имеют планктонные водоросли, особенно хлорелла и сценедесмус как объекты массового культивирования.

Хлорелла (*Chlorella*), род микроскопических одноклеточных зелёных водорослей из класса протококковых.

Клетки шаровидные или эллипсоидные, с целлюлозной оболочкой, содержащие один пристенный хлоропласт с пиреноидом или без него и одно ядро, запасные продукты – крахмал и масло. Объект массового культивирования в качестве возможного источника пищи и корма, для биологической очистки сточных вод, регенерации воздуха в замкнутых экосистемах (на космических кораблях, подводных лодках).

Сценедесмус (*Scenedesmus*) (рис. 2 б), род зелёных водорослей из класса протококковых. Образует ценобии (колонии) из 4–16 продолговатых клеток, соединённых боковыми стенками. Поверхность клеток гладкая или с различными выростами, крайние клетки нередко с шипами. Насчитывается около 100 видов, обитают в пресных водах. Предпринимаются попытки культивировать сценедесмус в качестве источника пищи и корма.

Белок протококковых водорослей содержит все незаменимые аминокислоты и хорошо усваивается водными беспозвоночными и растительноядными рыбами. В сухом веществе протококковых почти 14 % жиров, в составе которых преобладают ненасыщенные жирные кислоты. В составе углеводов протококковых содержится сахароза и крахмал. В большом количестве обнаружены также глюкоза, фруктоза и другие маннозы. Протококковые водоросли богаты витаминами, в том числе β-каротин, С, В₁, В₂, РР, В₃, В₆, Н, В₁₂, Д, К, F, E.

Максимальное количество витаминов содержится в водоросли в период их интенсивного роста (витаминов содержится больше чем в овощах и фруктах). Хлорелла выделяет большое количество витаминов в окружающую среду, а также ферментов. Калорийность сухого вещества протококковых водорослей обуславливает интенсивное развитие зоопланктона и бентоса и способствует повышению рыбопродуктивности. Химический состав зеленых и синезеленых водорослей по сравнению с соей представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав сухого вещества зеленых и синезеленых водорослей по сравнению с соей [Привезенцев]

Растение	Показатели					
	Белок	Вода	Липиды	Углево ды	Клетч атка	Зола
Зеленые водоросли	50–56	4–8	12–14	10–17	3–10	6–10
Синезеленые водоросли	56–62	10	2–3	16–18	–	2
Соя	34–40	7–10	16–20	19–35	3–5	4–5

Количество белка в водорослях может варьировать в зависимости от условий культивирования. Варьируя состав питательной среды, можно процессы биосинтеза в клетках хлореллы сдвинуть в сторону накопления либо белков, либо углеводов, а также активировать образование тех или иных витаминов. Содержание витаминов в водорослях больше, чем в овощах и фруктах.

2. Культиваторы для производства микроводорослей

Хлореллу можно культивировать как под открытым небом, так и в помещениях. Для массового культивирования хлореллы под открытым небом могут быть использованы установки самой различной формы и размеров. Для их изготовления пригодны различные материалы: кирпич, бетон, дерево, органическое стекло и др.

Таким образом, для производства микроводорослей используют культиваторы открытого и закрытого типа (рис. 1).

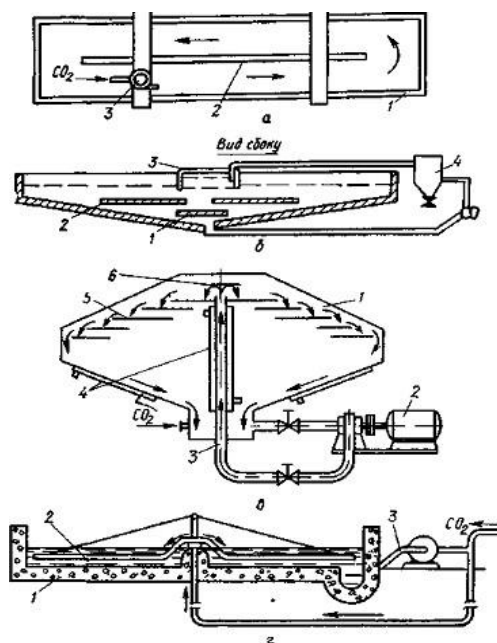


Рис. 1. Устройства для культивирования микроводорослей:

а – культиватор ЛГУ: *1* – корпус; *2* – неполная срединная перегородка; *3* – насос;

б – культиватор ВНИИПРХ-64: *1* – дисковая перегородка; *2* – кольцевая перегородка; *3* – газовый колпак; *4* – насос; *в* – культиватор ВНИИбиотехники: *1* – корпус; *2* – насос; *3* – нагревательная труба; *4* – теплообменники; *5* – сточный конус; *б* – насадка; *г* – японский культиватор: *1* – круглый бассейн; *2* – вращающиеся перфорированные трубки; *3* – насос

В открытых культиваторах водородослевая суспензия не изолирована от атмосферы, в закрытых полость культиватора, содержащая суспензию, имеет отличные от окружающей атмосферы физико-химические параметры.

Открытые культиваторы, как правило, просты по конструкции, дешевы в изготовлении и удобны в эксплуатации. Однако, они имеют ряд недостатков, связанных с трудностью осуществления оптимизации и стабилизации некоторых факторов роста микроводорослей и легкостью загрязнения и заражения культуры. Конструкции культиваторов закрытого типа обеспечивают возможность направленного регулирования параметров выращивания, что открывает перспективу резкого повышения урожая с единицы объема при более экономном расходовании химикатов и углекислого газа, увеличения плотности суспензии, улучшения ее качества вне зависимости от внешних условий.

Конструкции культиваторов для микроводорослей разнообразны, но в общей схеме содержат следующие основные функциональные системы и блоки:

1. Реактор.
2. Системы: освещения, питания, газообмена, термостабилизации, перемешивания, отбора урожая, контроля и управления.
3. Вспомогательное оборудование.

Реактор представляет собой резервуар, в котором происходит рост и размножение культуры микроводорослей. Наибольшее распространение на производстве получили реакторы в виде плоскопаралельных кювет стеклотрубчатых систем, разнообразные круглые, прямоугольные бассейны и пр.

Система освещения включает источник света и устройства для его распределения и отражения.

Система питания предназначена для поддержания концентрации, растворенных в воде питательных веществ в пределах, не вызывающих лимитирование или ингибирование роста микроводорослей. Система состоит из емкостей для питательной среды и дозаторов, обеспечивающих добавление в реактор определенного объема питательной среды при одновременном отборе такого же объема культуры.

Система газообмена включает источник углекислого газа (газобаллоны, топливные газы, биологические объекты), компрессор, расходомеры, магистраль движения газовой смеси.

Система термостабилизации предназначена для поддержания температуры суспензии микроводорослей в оптимальных пределах.

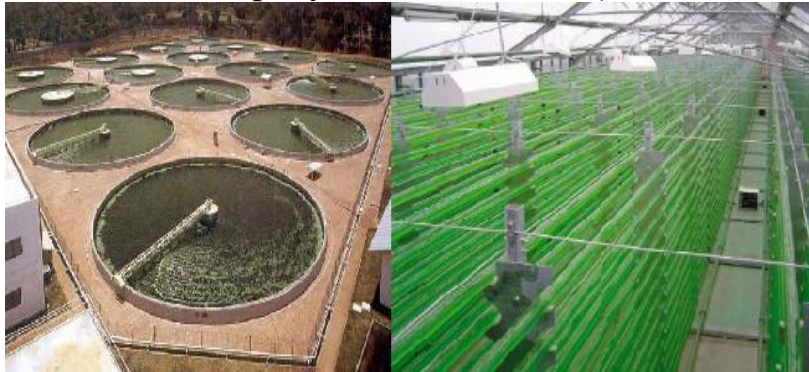
Система перемешивания предназначена для улучшения питания и дыхания клеток суспензии микроводорослей, для создания более равномерного облучения клеток светом, для уменьшения оседания на поверхность реактора.

Производство микроводорослей включает ряд операций:

- подготовка питательной среды;
- приготовление инокулянта;
- зарядка и запуск культиватора;
- культивирование и выдача готовой продукции;
- регулярная чистка и обеззараживание технологического оборудования.

В настоящее время разработано большое количество культиваторов для интенсивного выращивания микроводорослей. Это могут быть открытые круглые

неглубокие бассейны (рис. 2 а), перемешивание суспензии осуществляется с помощью флейты, или гребным колесом (дешево, но выход продукта меньше). Так же распространены закрытые культиваторы: специализированные трубы с прокачкой и добавлением питательных элементов (рис. 2 б) (эта установка дороже, но и выход продукта в ней больше).



а

б

Рис. 2. Культиваторы для интенсивного выращивания микроводорослей:

а – бассейны для культивирования микроводорослей;

б – трубчатый культиватор микроводорослей.

В лабораторных условиях для культивирования микроводорослей применяется культиватор закрытого типа. Установка состоит из двух плоскопарных кювет объемом 8 л каждая, между ними помещен светильник. Культура постоянно перемешивается воздухом, который подают со скоростью 2,5 л/мин на 1 л культуры. Один раз в сутки культуру сливают и доливают свежую питательную среду, а 2–3 раза в сутки в культиватор вносят мочевины из расчета 0,25 г/л. Ежедневная продуктивность культуры при таком режиме составляет 8 г сухой или 24 г сырой биомассы с 1 л среды.

Урожайность водорослей колеблется в широких пределах – от 2 до 20 г сухого вещества на 1 м³ в сутки.

3. Методы культивирования микроводорослей

Существует три метода культивирования микроводорослей:

- накопительный (периодический)
- непрерывный
- квазинепрерывный

Накопительный является наиболее простым, при котором водоросли развиваются сначала в условиях избытка, а затем недостатка питательных веществ. В среде накапливаются продукты метаболизма. По достижении максимальной плотности суспензию используют, после чего цикл можно повторять.

Недостатки метода: 1) недостаточно эффективное использование оборудования; 2) периодичность поступления биомассы; 3) низкая биологическая активность получаемой суспензии.

Непрерывный метод является более совершенным. Достоинства метода: 1) культура поддерживается в активном физиологическом состоянии; 2) постоянное

поступление биомассы.

Применяются два основных способа непрерывного культивирования микроводорослей: хемостатный и турбидостатный (плотностатный).

Суть первого состоит в том, что в аппарате устанавливается постоянная скорость потока питательной среды. В этих условиях концентрация клеток в среде устанавливается в соответствии с заданной скоростью потока за счет саморегулирующих свойств культуры. Имеют место колебания величины биомассы в культиваторах и в сливаемых порциях урожая, обусловленные физиологическим состоянием культуры микроводорослей. Регулирование при этом способе ведется путем подбора скорости потока среды.

Турбидостатный способ предусматривает принудительную автоматическую стабилизацию плотности суспензии, а скорость потока определяется факторами роста. При культивировании водорослей, для которых одним из определяющих факторов является стабильное обеспечение клеток светом, турбидостатный способ предпочтительнее, поскольку он основан на стабилизации оптической плотности суспензии.

Турбидостатное культивирование является самым совершенным и продуктивным методом для одноклеточных водорослей, однако требует наличия сложной автоматически действующей аппаратуры, но именно при использовании этого способа достигаются наибольшая продуктивность и устойчивость процесса биосинтеза микроводорослей при непрерывном культивировании.

Квазинепрерывный характеризуется импульсивным сливом суспензии и пополнением питательной среды. Он занимает промежуточное положение между накопительным и непрерывным. Культура выращивается до определенной плотности, соответствующей линейной стадии кривой роста в конкретных световых условиях, затем производится отбор части суспензии, отделение (сепарирование, фильтрация) биомассы урожая от питательной среды и возврат питательной среды в культиватор. Объем возвращаемой среды доводится до величины, равной объему слитой суспензии. В культиватор добавляются питательные элементы, количество которых может быть определено по количеству полученной биомассы урожая. Необходимо учитывать, что при возврате питательной среды в суспензии накапливаются метаболиты водорослей и периодически возникает необходимость полной замены раствора на свежий.

Лекция 4. Получение живых кормов методом инкубации яиц водных беспозвоночных

Вопросы

1. *Artemia salina* как кормовой объект
2. Размножение и развитие артемии
3. Влияние факторов среды на развитие науплиусов
4. Биотехника массового получения науплиусов
5. Декапсуляция яиц
6. Методы консервации артемии

1. *Artemia salina* как кормовой объект

Многие водные беспозвоночные, обитающие во временных, пересыхающих,

ультрагалинных водоемах или в прибрежной части крупных водоемов обладают способностью переносить длительное высыхание, промерзание, повышение температуры за критические пределы, летальные для особей данного вида в деятельном состоянии в виде стойких покоящихся яиц. При попадании яиц в благоприятные условия существования из них выходят личинки, дающие начало новым популяциям.

Жаброногие рачки, такие как *Artemia salina*, откладывают громадное количество покоящихся яиц. При массовой откладке таких яиц, в известные периоды и при определенных условиях становится возможным их сбор, с целью получения мельчайшего корма для личинок рыб.

Наиболее доступными для сбора оказались покоящиеся яйца жаброногого рачка артемия салина, обитающего в ультрагалинных водоемах. Полученные из яиц науплиусы являются хорошим кормом для выращиваемых в промышленных условиях личинок рыб.

Для выращивания более крупных личинок рыб (осетровых и лососевых) используют не только науплиусов, но и артемию на более поздних стадиях развития. Практика мирового рыбоводства убедительно показала особую ценность науплиусов артемии в качестве стартового корма для личинок рыб.

Ценность артемии как кормового объекта определяется:

- благодаря широкому диапазону размеров, может быть использована как корм для разных видов рыб на разных этапах (0,5–10 мм);
- мелкими размерами науплиев (0,5 мм) с мягким и тонким (1 мкм) наружным скелетом, что позволяет использовать науплиев в первые часы и дни жизни многих видов рыб и ракообразных;
- высоким темпом роста, за две недели выращивания рачки увеличиваются в длину в 20 раз, а их сухая масса возрастает в 500 раз;
- высокой степенью использования пищи на прирост – до 50%;
- высоким содержанием белка в теле рачка – до 60% (на сухие массы) при значительном уровне незаменимых аминокислот, витаминов, гармонов, каротиноидов;
- способностью к интенсивному росту при очень высоких плотностях (более чем 10 000 животных на 1 л соленой воды);
- высокой плодовитостью (более чем 100 потомков за каждые четыре дня);
- уникальными адаптационными возможностями вида, позволяющими рачкам существовать в широком диапазоне солености – от солоноватых вод до перенасыщенных;
- возможность находится в виде инертного продукта – яиц которые могут быть собраны в промышленных масштабах и способны сохраняться годами, и через 1–2 суток инкубации в любое время года могут быть получены свободноплавающие науплии;
- медленным плаванием, делающим науплиев и взрослых рачков доступным кормом для потребителей;
- содержанием в теле взрослых рачков репродуктивных гормонов, стимулирующих созревание организмов – потребителей артемии.

Артемия относится к подтипу ракообразных (*Crustacea*), классу жаброногие

(*Branchiopoda*), отряду жаброноги (*Anostraca*), семейство Артемииевые (*Artemiidae*). Известно более 50 рас артемии, различающихся по морфологическим, физиологическим и биохимическим показателям. Эти различия определяются генетической неоднородностью популяций, а также условиями окружающей среды.

2. Размножение и развитие артемии

Артемии – раздельнополы. Они могут размножаться половым путем и партеногенетически без участия самцов. Яйцевой мешок самок имеет округлую форму. При определенных условиях развитие яиц полностью протекает в яйцевом мешке и самки выметывают молодь на стадии науплиуса в окружающую среду. При неблагоприятных условиях самки прекращают живорождение и откладывают яйца. Одна самка может давать до 170 яиц или науплиусов за одну кладку и около 30 кладок в течение жизни. Для практического использования в рыбоводстве представляют интерес покоящиеся (диапаузирующие) яйца артемии. Схема размножения артемии представлена на рис. 3.

Существуют партеногенетические и двуполые особи артемии соответственно с яйцеживородящим и яйцекладущим видами репродукции. Из цист вылупливаются яйцеживородящее потомство; яйца сохраняются внутри матки до полного завершения эмбрионального развития. В экстремальных условиях эмбрионы развиваются только до стадии гастролы. После чего у яиц (размер 200–300 мкм) образуется толстая оболочка и переходят в состояние покоя или спячки (диапаузы) с соответствующим метаболизмом и самка (яйценосная) выводит их из своего тела

В определенные периоды года огромные количества яиц артемии плавают на поверхности соленых озер и сносятся ветрами и волнами к берегу. Яйца остаются в диапаузе до тех пор, пока находятся в сухом (высушены на воздухе или обезвожены за счет пребывания в условиях повышенной солености) или анаэробном состоянии. Диаметр диапаузирующих яиц в среднем равен 0,2 мм, масса сырого яйца – 0,04 мг, сухого 0,02 мг, причем 30 % массы сырого яйца приходится на оболочку. Находящиеся в покоящихся яйцах эмбрионы могут переносить неблагоприятные внешние условия. Они выдерживают значительное высыхание и могут находиться в сухом состоянии в течение нескольких лет. Благодаря высокой стойкости диапаузирующих яиц, вид переносит осолонение, опреснение, промерзание, воздействие высоких температур и расселяются из одного водоема в другой.

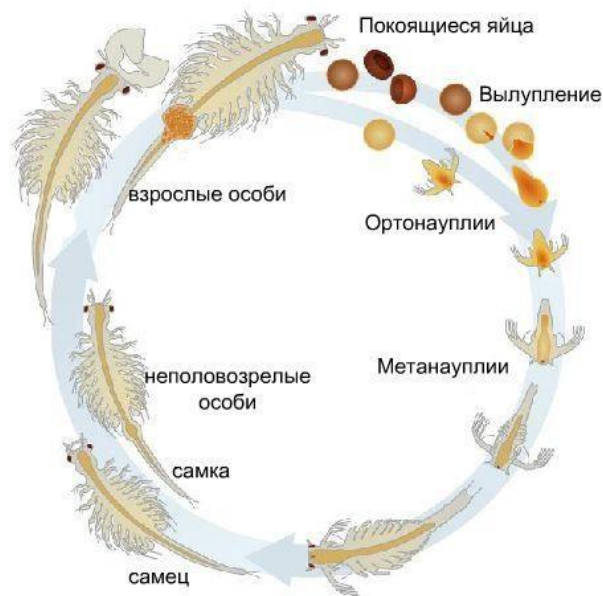


Рис. 3. Цикл развития артемии

После периода диапаузы при благоприятной температуре и высоком содержании в воде кислорода и прочих оптимальных условиях в яйце продолжается развитие эмбриона, которое завершается в течение 24–48 часов, после чего оболочка разрывается и науплиусы выходят во внешнюю среду. При выходе из яйца науплии имеют длину 0,45 мм, сырая их масса равна 0,01 мг. Науплий имеет коричневатую-оранжевую окраску благодаря присутствию желтка, у него три пары конечностей: антенны, выполняющие двигательные и сенсорные функции, и рудиментарные мандибулы (рис.4).



Рис. 4. Науплии артемии

Личинка растет и проходит 15 линек: туловище и брюшко начинают удлиняться, функционирует кишечный тракт, парные отростки превращаются в грудные ножки и смещаются в область туловища, начинается развитие боковых сложных глаз. Начиная с десятой стадии наблюдаются важные морфологические изменения: антенны теряют первичную двигательную функцию. У будущих самцов они превращаются в специальные крючкообразные хватательные органы, а у самок – в короткие листообразные отростки. Грудные ножки делятся на три

функциональные группы: телоподиты, действующие как фильтраторы, веслоподобные эндоподиты, обеспечивающие локомotивную активность, и мембранные экзоподиты, функционирующие как жабры.

Самки имеют парные яичники, располагающиеся по обеим сторонам кишечного тракта позади грудных ножек (рис. 5).



Рис.5. Взрослая артемия:

а – самец; *б* – самка

Созревшие ооциты поступают из яичника в непарную матку, находящуюся внутри яйцевого мешка. В нее же открываются протоки скорлуповых желез, из секрета которых образуется наружная оболочка яиц.

После копуляции оплодотворенное яйцо развивается в свободноплавающий науплий (живорождение) или, когда достигает стадии гаструлы, окружается толстой оболочкой и откладывается как циста, находящаяся в диапаузе (яйцено-шение). Чередование живорождения и яйценошения может происходить несколько раз в течение жизни самки. Переход от живорождения к яйценошению происходит при повышении солености и снижении содержания кислорода в среде.

В случае пересыхания водоема яйца из состояния диапаузы могут перейти в стадию покоя, в которой могут находиться несколько лет. При попадании в воду они способны к дальнейшему развитию.

По способу питания артемия является фильтратором. Науплии для этой цели пользуются щетинками антенн, взрослые всеми грудными ножками. Избирательность в отношении качества корма не обнаружена.

Питается артемия одноклеточными водорослями, бактериями, простейшими. Количество отфильтрованной пищи зависит от размера рачков. По мере увеличения концентрации пищи количество отфильтрованного материала увеличивается, но до определенного предела. С увеличением концентрации пищи скорость фильтрации замедляется.

Длительность жизни рачков составляет несколько месяцев, плодовитость до 100 науплиев или яиц каждые 3–7 дней.

3. Влияние факторов среды на развитие науплиусов

О чрезвычайной пластичности артемии свидетельствует ее отношение к факторам внешней среды.

Артемия обитает в хлоридных, сульфатных и карбонатных водах, соленость их

достигает 300 ‰ промилле. Но некоторое время она может жить даже в пресной воде (не более 1 часа), что позволяет использовать ее в качестве живого корма для пресноводных аквариумных рыб. Яйца прогидротированы (оводнены) и эмбрионы развиваются лишь тогда, когда соленость опускается ниже 85 ‰. При более высокой солености яйца не могут проклюнуться, поскольку они не гидратируются. Для выклева науплиусов, роста, формирования молоди и существования самок наиболее благоприятна соленость 30–80 ‰. Откладка диапаузирующих яиц

происходит более интенсивно при солености воды более 90 ‰.

Удивительная жизнестойкость артемии проявляется и в отношении к температурному режиму водоемов, где она обитает. В течение года температура воды там колеблется в пределах от минус 20 до плюс 30 °С, а в отдельных районах этот диапазон еще шире. В то же время артемия – летняя теплолюбивая форма: оптимальная температура для активной фазы ее жизни 25–28 °С, но она может существовать и при 35–37 °С. При понижении температуры ее жизненные процессы замедляются, и при температуре менее 5 °С она, как правило, погибает, хотя известны случаи, когда вмерзшие в лед рачки после оттаивания оживали. Дегидротированные яйца сохраняют выживаемость даже при таких температурах, которых нет в естественных условиях: до «минус» 200 °С и «плюс» 130 °С.

Артемия очень лабильна в отношении содержания растворенного кислорода в среде. Нижней летальной кислородной границей для них является 0,17 мг/л. Молодь артемий также переносит существенное понижение содержания кислорода. Оптимальное содержание кислорода для артемии на этих этапах 6–8 мг/л. В период формирования зародыша требуется повышенное содержание кислорода на окисление запасных питательных веществ, используемых эмбрионом, и дыхание (10 – 12 мг/л).

Пороговая концентрация кислорода для взрослой формы очень низкая – 0,5 мг/л, а для науплиев и того меньше – 0,3 мг/л. Рачок живет до двух часов даже в анаэробной (бескислородной) среде.

Отношение к свету, у только что выклюнувшихся науплиусов и у рачков на более поздних стадиях, различно. Науплиусы проявляют способность к положительному фототаксису, это связано с тем, что в освещенной зоне, в поверхностных слоях воды, они находят лучшие условия питания и большее количество кислорода. Взрослые рачки положительно реагируют на свет при понижении содержания кислорода в воде.

В естественных местах обитания артемии рН воды бывает, как нейтральным, так и щелочным. Яйца при инкубировании выдерживают значительные колебания рН, но эффективность выклева значительно увеличивается, если рН находится в диапазоне 8–9.

4. Биотехника массового получения науплиусов

Биотехника массового получения науплиусов артемии салина включает следующие основные этапы: заготовку и очистку яиц; хранение; активацию; инкубацию яиц. Они тесно связаны между собой и представляют единый процесс.

Заготовка и очистка яиц. Сбор артемии начинается с момента массового

появления диапаузирующих яиц. Вылов яиц из воды можно начинать со второй половины лета, все осенние и зимние месяцы и ранней весной до прогревания воды до 10–14 °С и выклева первых науплиусов. Наилучшее время для сбора яиц артемии – осень.

Сбор яиц артемии на берегу не представляет большой сложности. Наиболее чистые яйца из свежих выбросов и из толщи воды, где количество хороших составляет 80–95 % от общей массы. Свежие выбросы следует искать на пологих подветренных берегах, особенно много яиц скапливается в естественных ловушках (коссы, небольшие заливы и бухточки). Выбросы имеют вид полосы, идущей параллельно береговой линии. Свежие выбросы имеют желтовато-розовую окраску, старые – серую или коричневую.

Свежие яйца из выбросов на берегу осторожно собирают лопатой или савочком, не захватывая грунт.

Запасы яиц артемии сильно варьируют на отдельных водоемах или на одном водоеме в разные годы. Рационально, изымая яйца из водоема, оставлять определенную часть для естественного воспроизводства. Неоправданно интенсивная заготовка яиц привела к подрыву запасов артемии в уникальном водоеме – Большом Соленом Озере (штат юга, США), являющимся основным поставщиком яиц артемии на мировом рынке.

При производственном получении науплиусов для кормления личинок рыб важное значение имеет процент выклева.

Яйца, собранные летом или осенью, дают без специальной обработки 3–5% выклева, несмотря на высокое содержание в них живых эмбрионов.

Прежде чем приступить к заготовке яиц следует определить степень их доброкачественности, так как даже при осмотре под лупой мертвые яйца и нераскrojившаяся скорлупа схожи с доброкачественными.

Существует несколько способов определения качества сбора:

1. Яйца раздавливают между двумя предметными стеклами и рассматривают в лупу 10–15 кратного увеличения. Наличие жирных пятен свидетельствует, что яйца живые (нельзя путать с пятнами, оставшимися при раздавливании скорлупы яиц, заполненной через трещину вязким светлым илом).

2. Часть яиц опускают в прозрачный сосуд (пробирку или стакан) с пресной водой. Скорлупа всплывает наверх, а доброкачественные яйца опускаются на дно (иногда заполненная илом скорлупа также опускается на дно).

3. Количество яиц зажимают между подушечками двух пальцев, затем делают несколько перетирающих движений и яйца рассматривают непосредственно на пальце через лупу 10–15 кратного увеличения. Если материал скатывается в веретенца или рассыпается на чешуйки, он недоброкачественный, если остался в виде отдельных яиц – доброкачественный. Очистку проводят несколькими способами. Механический с помощью сит, но это не обеспечивает удаление всех нежелательных примесей (остаются идентичные по размеру яйцам примеси).

После механической очистки применяют очистку по удельному весу. В пресной воде пустые скорлупки всплывают наверх, а яйца и частицы песка оседают на дно (в течение часа происходит набухание яиц и их осадка на дно). В соленой воде живые яйца всплывают в верхний слой воды, а песок на дно.

Хранение большого количества покоящихся яиц целесообразно проводить в

сухом виде. Влажность высушенных яиц не должно превышать 2–5 %. Высушенные яйца хранят в темном прохладном сухом помещении в водо- и воздухонепроницаемой упаковке. Такие яйца могут храниться месяцами. При хранении их на открытом воздухе, они гидратируются, вследствие чего может произойти разрыв оболочек. Для длительного хранения в тепле они должны быть упакованы в бескислородных условиях. Это обычно делается под вакуумом в жестяных банках. Такие яйца могут храниться годами. Гидротированные яйца могут храниться при температуре от минус 18 °С до плюс 4 °С в темном месте.

Активация яиц артемии салина – основной момент биотехники массового получения науплиусов. Активирующее действие на яйца оказывает свет и химические реагенты: сода, бура, органические растворители – ацетон, бутанол, этиловый эфир. При обработке бурой выклев колеблется от 9 до 43 %, ацетоном – до 15 %, содой – 13 %.

Низкий процент выклева науплиусов имеют яйца артемии, собранные в осенний период, в то время как у яиц, собранных весной, наблюдается высокий выклев. Значит в природных условиях активация яиц происходит в осенне-зимний период. Поэтому, в основе одного из способов активации яиц лежит имитация природных условий. Замораживание в морозильнике (при температуре от минус 18 °С до минус 25 °С) дегидратированных в насыщенном рассоле $NaCl$ чистых яиц через месяц повышает выклев на 8–30 %, через 4 месяца – на 43–50 %, через 6 месяцев – на 70 %. Активация холодом сухих яиц (влажность менее 10 %) не происходит.

В последние годы для активации яиц используют перекись водорода. Это связано с тем, что при развитии яиц от гастролы до науплиусов проходят активные окислительно-восстановительные процессы и эмбрион нуждается в большом количестве кислорода, и возникает необходимость использования его в виде перекиси водорода. Существует несколько способов обработки яиц перекисью:

- выдерживание яиц в течение 15–30 минут в 3-% растворе перекиси водорода с последующей промывкой;
- непосредственно внесение в инкубационную среду 1–3 мг/л 3 % перекиси водорода.

Инкубация яиц. Обычно яйца артемии инкубируют в 3–5 % растворе $NaCl$ или Na_2SO_4 .

Для приготовления инкубационной среды используют поваренную нейодированную соль или природную морскую воду. Желательно добавлять 2 г технически чистого $NaHCO_3$ на 1 литр среды. Сода используется для увеличения буферной способности среды при инкубации яиц при высоких плотностях и для гарантии, что уровень pH не опустится ниже 8,0.

Для инкубации яиц необходимо высокое содержание кислорода в воде, которое обеспечивается непрерывной продувкой солевого раствора с содержащимися в нем яйцами, воздухом или кислородом. Плотность загрузки инкубационных устройств должна быть в пределах 4– 8 г сухих яиц на 1 л инкубационной среды.

Оптимальные условия инкубации:

- температура должна быть в пределах 25–30 °С;
- постоянная освещённость 1000–2000 люкс;
- солёность 30-35‰;
- кислород 2-4 мг/л;
- рН 8-9;
- сильная аэрация.

5. Декапсуляция яиц

Декапсуляция, т. е. снятие наружных оболочек, является путем повышения эффективности использования яиц. Оболочка покоящегося яйца артемии сострит из трех хорошо различимых слоев: двух слоев хитиноподобного хориона и внутренней эмбриональной кутикулы. Наружный (кортикальный) слой хориона толщиной около 1 мкм состоит из плотного вещества, не разрушаемого трипсином. Альвеолярный слой хориона довольно толстый (6–7 мкм), внутри него находятся соединенные друг с другом полости. Этот слой скорлупы играет существенную роль при гидратации и дегидратации яиц, принимая в полости или отдавая из них значительное количество воды.

Хорион, непереваримый для большинства рыб и беспозвоночных, легко растворяется в растворах гипохлорита, в результате чего эмбрион остается в тонкой и мягкой эмбриональной кутикуле, которая легко переваривается в организме животных. Функция кутикулы состоит в защите появляющегося науплия от повреждений о края скорлупы при выклеве.

Декапсуляция яиц представляет собой экзотермическую реакцию между ионами гипохлорита и веществами хориона яиц, которые под действием этих ионов окисляются.

5.1. Преимущества декапсуляции. Применение метода декапсуляции яиц артемии дает следующие преимущества:

- прежде всего упрощается техника инкубации яиц, так как не требуются сепараторы для отделения науплиев от оболочек, которые растворяются при обработке. При этом уменьшаются потери яиц, сокращаются затраты ручного труда;
- полное отделение науплиусов от пустых оболочек не всегда выполнимо. Скорлупа и яйца, выклева из которых не происходит, при попадании в выростные емкости с личинками рыб заглатываются ими, но не перевариваются и иногда вызывают полную блокаду кишечника и гибель потребителей;
- освобожденные от хориона эмбрионы являются практически стерильными, так как в процессе обработки погибают находящиеся на оболочках бактерии, споры грибов и водорослей;
- науплии, полученные из декапсулированных яиц имеют несколько большую массу и более высокое содержание энергии, так как последняя не была потрачена на разрыв хориона при выклеве;
- повышается эффективность и синхронность выклева науплиусов;
- упрощается кормление личинок рыб высушенными декапсулированными яйцами, что позволяет автоматизировать процесс кормления.

Таким образом, полученные после декапсулирования эмбрионы можно

использовать следующим образом. Во-первых, они могут быть инкубированы, и науплии будут использованы традиционным путем. Во-вторых, некоторыми видами рыб и беспозвоночных они могут употребляться непосредственно, без доинкубации. В-третьих, могут быть законсервированы в насыщенном солевом растворе и храниться в нем без снижения процента выклева в течение нескольких месяцев, а по мере надобности их можно инкубировать или использовать в корм в таком виде. В насыщенном солевом растворе происходит дегидратация (обезвоживание) эмбрионов, и метаболические процессы приостанавливаются. Для продолжения развития эмбриона его надо обводнить – поместить в воду соленостью ниже 85 ‰ (обычно 5–30 ‰).

5.2. Этапы декапсуляции яиц артемии.

Процедура декапсуляции включает в себе ряд последовательных операций:

- определение процентного содержания активного хлора в хлорсодержащем реагенте;
- гидратация яиц артемии;
- приготовление декапсулирующего раствора;
- обработка в декапсулирующем растворе;
- промывка декапсулированных яиц артемии и дезактивация активного хлора;
- дегидратация и хранение.

Гидратация яиц. Перед декапсулированием яйца должны быть гидратированы. Полное удаление хориона может быть проведено только у яиц сферической формы, которую они приобретают в процессе гидратации. У большинства рас полная гидратация яиц достигается в пресной или морской (но не выше 35 ‰) воде через 2 ч при температуре 25 °С. Время гидратации увеличивается со снижением температуры.

Гидратацию удобно проводить в таких же емкостях с коническим дном, какие применяют при инкубации. После окончания гидратации яйца процеживают через сачок из мельничного газа № 40–46, или концентрируют на сите с ячейей размером 120 мкм, дают стечь остаткам воды, а затем переносят в декапсулирующий раствор. Гидратированные яйца, которые по каким-либо причинам не могут быть немедленно декапсулированы, можно хранить в течение нескольких часов в холодильнике при температуре 0–4 °С.

Приготовление декапсулирующего раствора. Для декапсулирования яиц артемии используют гипохлорит натрия или технический гипохлорит кальция, так как он имеет более низкую себестоимость и широко применяется в качестве дезинфицирующего средства, а также ряд других препаратов.

Отечественная промышленность выпускает химикаты различных марок, содержащие активный хлор: гипохлорит натрия (хлорноватистокислый натрий), гипохлорит кальция, двухосновный гипохлорит кальция, хлорная известь.

Порцию гипохлорита кальция, содержащую 50 г активного хлора растворяют в 1,4 л морской воды. Полученный раствор аэрируют в течение 10 мин, затем добавляют в него 40 г технического *CaO*. Снова аэрируют в течение 10 мин и дают отстояться в течение 10–12 ч. Сливают надосадочную жидкость и

используют ее в качестве декапсулирующего раствора.

Аналогично готовится декапсулирующий раствор из гипохлорита натрия. Разница состоит лишь в том, что вместо CaO добавляют 15 г щелочи (33 мл 40 %-ного раствора $NaOH$).

В литературе приводятся разные данные по оптимальной концентрации активного хлора (от 17 до 42 г/л) длительности декапсуляции (от 4 до 15 мин) и количеству сухих яиц на 1 л декапсулирующего раствора (80–160 г). За рубежом для декапсуляции 1 г сухих яиц используют обычно 0,5 г активного хлора и 14 мл декапсулирующего раствора.

Обработка в декапсулирующем растворе. Гидратированные, но подсушенные яйца помещают в декапсулирующий раствор, где они должны находиться постоянно во взвешенном состоянии. Этого добиваются путем постоянного перемешивания раствора. Через несколько минут начинается реакция, которая идет с выделением теплоты, образуется пена.

О растворении хориона свидетельствует переход темно-коричневой окраски яиц в серую при использовании $Ca(OCl)_2$ или серой в оранжевую – при обработке гипохлоритом натрия. Декапсулирование длится 7–15 мин в зависимости от температуры раствора.

Промывка декапсулированных яиц артемии и дезактивация активного хлора. Когда хорион полностью растворится (можно видеть под микроскопом), а цвет эмбрионов перестанет меняться, и температура поднимется, эмбрионы следует отфильтровать на сито с размером ячеек 120 мкм и промыть водопроводной или морской водой до исчезновения запаха хлора. Но даже при длительном промывании некоторое количество гипохлорита может оставаться на яйцах. Дезактивации остатков хлора можно достичь путем обработки яиц раствором сульфита натрия (0,5 мл 1 %-ного раствора Na_2SO_3 на 100 г яиц) или тиосульфата натрия (0,5 мл 1 %-ного раствора $Na_2S_2O_3$ на 10 г яиц).

Декапсулированные эмбрионы, лишившись хориона, оседают на дно. Яйца, которые полностью не обработаны и сохранили остатки хориона, а значит, и плавучесть, могут быть собраны с поверхности воды. Их можно дегидратировать и хранить до того момента, когда будет производиться декапсуляция следующей партии яиц.

Декапсулированные эмбрионы могут быть использованы в пищу многими объектами аквакультуры, для чего эмбрионы надо собрать в сачок, отмыть от глицерола, метаболитов выклева, бактерий и использовать в качестве корма. Кроме того, в случае необходимости декапсулированные эмбрионы могут храниться в холодильнике несколько дней при температуре 0–4°C. Они значительно мельче свежевыклюнувшихся науплиев, поэтому могут быть использованы личинками более ранних стадий.

Для получения живых науплиев инкапсулированные эмбрионы следует проинкубировать в оптимальных условиях. Эффект воздействия обработки в этом случае следует оценивать не только по скорости освобождения эмбрионов от хориона, но и по проценту выклева продекапсулированных яиц.

Дегидратация и хранение. Декапсулированные эмбрионы могут быть сохранены в течение длительного периода путем дегидратации, для чего после подсушивания на сите с размером ячеек 120 мкм их требуется перенести в насыщенный соляной раствор

из расчета 1 г под-сушенных яиц на 100 мл раствора ($NaCl$ – 330 г/л).

Дегидратацию проводят в течение ночи (минимум 3 ч при комнатной температуре). Яйца приобретают форму кофейных зерен. Затем их отфильтровывают на сито с размером ячеек 120 мкм, переносят в пластиковый контейнер, снова заливают свежим насыщенным соляным раствором и хранят в холодильнике или морозильнике. В таких яйцах содержится 20 % воды. Высокий выклев сохраняется в течение нескольких месяцев. Декапсулированные яйца теряют всхожесть при освещении, поэтому должны храниться в темноте.

Дегидратированные эмбрионы могут быть использованы непосредственно для кормления или инкубированы, но в том и другом случае требуется удалить остатки соляного раствора, промыв эмбрионы на сите водопроводной водой.

6. Методы консервации артемии

Наиболее экономичным является использование свежевыклюнувшихся науплиусов, а это значит, что инкубацию нужно проводить ежедневно. Значительное облегчение в работах на аквахозяйствах приносит хранение свежевыклюнувшихся науплиев в холодильнике (0–4 °С) в аэрируемых емкостях при плотности посадки до 15 тыс. экз. на 1 л в течение 1–2 суток. После этой операции почти у всех рас выживаемость науплиев остается выше 90 % (даже через сутки после перенесения науплиев из холодильника в культуральный танк при температуре 25 °С), содержание энергии и сухая масса науплиев уменьшаются незначительно (не больше чем на 7–8%).

Живые корма можно сохранять замораживанием и сушкой. Живые кормовые организмы собирают, очищают, сортируют и с целью обезвоживания распределяют на поверхности гипсовой плиты (либо на фильтровальной бумаге, цементной плите, холсте и т.д.), время обезвоживания не более 10–15 мин. Затем обезвоженных личинок собирают, взвешивают и распределяют на поддоне для дальнейшего замораживания. Толщина слоя при этом равна 6,3–12,7 мм (средняя и наиболее оптимальная толщина – 9,5 мм). Личинок подвергают резкому охлаждению при температуре минус 60 °С со временем выдерживания 10–15 мин. Затем температуру уже замороженных личинок повышают до минус 35–40 °С и сразу же переносят в сушильную камеру, давление в которой падает до 0,02 мм рт.ст., т.е. ниже давления насыщенных паров льда при температуре от минус 40 до минус 50 °С. В процессе сублимационной сушки (6–7 ч) необходимо обеспечить подвод тепла во избежание дальнейшего понижения температуры. После обработки содержание влаги составляет менее 3 % и они приобретают белую окраску. Продукт, изготовленный предлагаемым способом, сухой, не клейкий, белый (в виде кубика с внешним белым слоем и буровато-красным внутри). При намачивании он поглощает воду и восстанавливает свой первоначальный вид.

Лекция 5 . Биологические основы культивирования стрептоцефала и инфузорий

Вопросы

1. Общие сведения *Streptocephalus torvicornis*.
2. Особенности культивирования стрептоцефала.
3. Особенности биологии инфузорий и их значение как живого корма для гидробионтов.
4. Питательные среды для культивирования инфузорий.

1. Общие сведения *Streptocephalus torvicornis*

Стрептоцефал (*Streptocephalus torvicornis*) – пресноводный рачок, относящийся к отряду жаброноги (*Anostraca*).

Стрептоцефалы – обитатели временных или промерзающих пресноводных водоемов с резко меняющимися суточными режимами, что и определило особенности их биологии: обитая в условиях где нет никаких врагов, они не имеют никаких защитных приспособлений.

По внешнему виду стрептоцефал очень похож на артемию салина, но несколько крупнее ее (достигает длины 30 мм) (рис.6. Самцы отличаются от самок тем, что их антенны, расположенные на голове, сильно удлинены, имеют добавочные ветви и часто сложно закручены. У самок они короткие и листовидно расширенные. У самок хорошо заметны яйцевые мешки, расположенные позади жаброножек.

Стрептоцефалы размножаются только половым путем. Соотношение самцов и самок в популяции всегда примерно одинаковое. При температуре 20 °С рачки достигают половой зрелости в возрасте около трех недель с момента вылупления. К этому момент они имеют длину 15 мм.

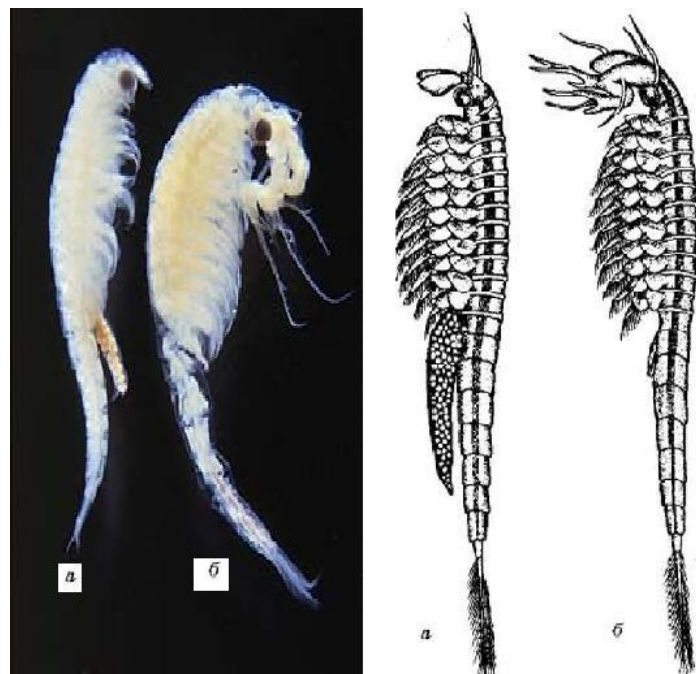


Рис. 6. *Streptocephalus torvicornis*: а – самка; б – самец.

Оплодотворенные яйца порциями поступают в яйцевой мешок, в котором вынашиваются 3–5 дней. Выбрасывание их происходит порционно, поэтому полное освобождение мешка длится 5–7 часов. Яйцами следующей кладки мешок начинает заполняться через 2–14 часов. Образование яиц у стрептоцефала продолжается в течение всей жизни самки.

Самки мечут яйца через каждые 3–5 дней. За весь жизненный цикл самка делает 15–25 кладок, выметывая в общей сложности 4–5 тыс. яиц диаметром около 0,25 мм.

После откладки яйца опускаются на дно. Они имеют плотную окрашенную в коричневый цвет, сильно сморщенную оболочку. В присутствии взрослых особей они не развиваются и накапливаются на дне водоема вместе с илом и экскрементами стрептоцефалов. Яйца охраняют жизнеспособность при заморзании и нагревании до 40 °С.

Для яиц стрептоцефала не обязательно высушивание или промораживание, они способны развиваться непосредственно после кладки.

Наибольшее количество яиц – до 600 за одну кладку – характерно для 70-дневных самок. Особи, только что достигшие половой зрелости, откладывают 15–200 яиц. Нормальное их развитие протекает при температуре 10–25°С. Науплиальная стадия протекает еще в яйце и из него выходит свободноплавающая личинка – метанауплиус. Она быстро растет, переносит ряд линек и примерно через три недели при температуре 19–21°С превращается во взрослое ракообразное, готовое к размножению.

Продолжительность жизни рачков в среднем составляет 50–70 дней, самцы живут дольше самок.

У стрептоцефалов фильтрационный тип питания. В природе пищей служат простейшие и бактерии, последних они отфильтровывают с одноклеточными водорослями или иловыми частицами.

2. Особенности культивирования стрептоцефала

Одним из наиболее сложных этапов в культивировании стрептоцефала является сбор яиц. Для получения чистых яиц их собирают шлангом со дна вместе с илом. Отделение осуществляют двумя способами:

- 1) путем пропускания яиц с илом через ряд сит, отделяя таким образом яйца от более крупных и мелких частиц;
- 2) яйца с илом помещают в глубокий тазик с водой и раскручивают его. Яйца, как более тяжелые собираются на дне в центре горочкой, а ил с водой сливают.

Яйца хранят в сухом виде, высушивая в иле или на тонком песке, а также хранят в холодильнике при температуре 4 °С во влажном состоянии, прикрывая слой яиц в 1 см водой, взятой из емкости с производителями стрептоцефалов.

В лабораторных условиях стрептоцефала выращивают в стеклянных кристаллизаторах или аквариумах. При производственном разведении используют бассейны.

В лабораторных условиях их можно кормить дрожжевыми клетками, но лучше смесью дрожжевых и водорослевых клеток. При кормлении дрожжевыми клетками их задают в концентрации 0,1–0,5 млн. клеток (100 мг на 1 л воды).

Дрожжи используют пекарские, спиртовые. Их режут тонкими ломтиками и выдерживают в морозильной камере до приобретения ими коричневого цвета.

Для кормления можно использовать нежирное снятое молоко в концентрации 2–4 капли на 1 л.

Разводят стрептоцефалов на разведенной водорослевой пасте или культурах одноклеточных водорослей хлореллы или сценедесмуса в концентрации клеток 0,5–0,8 млн. штук в 1 мл воды. Сине-зеленые водоросли не пригодны. При использовании водорослей в качестве корма не допускается попадание в сосуд прямых солнечных лучей.

Если пищи недостаточно, то рачки начинают гибнуть. Определить недостаток питания можно по их виду и поведению: рачки приобретают беловатый цвет и появляются черные пятнышки на грудных ножках. Держатся голодные стрептоцефалы около дна.

Для инкубации можно брать либо свежие яйца, либо высушенные. Их необходимо ополоснуть водой (водопроводной или аквариумной), чтобы избавиться от метаболитов взрослых рачков. Развитие сухих яиц начинается с момента их погружения в воду. Оптимальные условия инкубации: dH 2–6 °C, pH 6,8–7,2; температура – 20 °C (15–25 °C).

Яйца помещают в культуру сценедесмуса и хлореллы, не содержащую удобрений и инкубируют при сильной продувке воздухом. Выклев растянут от 1,5 до 15 суток, с массовым выходом на 5–10 сутки. Науплии розового цвета, размером около 0,5 мм и обладают положительным фототаксисом. Растут очень быстро: на пятый день их размер приблизительно равен 2 мм, на 15-й – 9 мм, на 25-й – 16 мм.

Взрослые рачки не поедают свою молодь, что позволяет выращивать их совместно, но нежелательно, так как метаболиты взрослых рачков угнетают их рост.

Сажать рачков на размножение нужно так чтобы на 10 особей было не менее 1 литра воды. На двух самок хватит одного самца.

Стрептоцефалы очень удобны для выкармливания мальков аквариумных рыбок. Науплии стрептоцефалов имеют маленький размер и так как они пресноводные, то в отличие от артемии не так быстро погибают в пресноводном аквариуме если их не съели мальки. А уже подросшие стрептоцефалы из-за особенности своего питания, они отфильтровывают воду выбирая из нее пищу, могут служить своеобразным живым фильтром убирая их воды бактерии.

Короткий жизненный цикл, высокие репродуктивные возможности и развитие популяции в условиях очень высокой плотности, позволили использовать некоторые виды жаброногов для массового культивирования в качестве корма для молоди рыб. Перспективными в этом отношении оказались *Streptocephalus torvicornis* и *Artemia salina*.

3. Особенности биологии инфузорий и их значение как живого корма для гидробионтов

1. Простейшие являются первичным живым кормом для самых мелких личинок рыб. Среди простейших инфузории – довольно крупные организмы, размеры которых обычно колеблются от 0,1 до 0,3 мм. Наиболее широко в качестве живого корма используют парамецию.

Ресничная инфузория – пресноводная туфелька – (*Paramecium caudatum*) (рис. 12) является типичным представителем *Ciliatea* типа *Ciliophora* царство *Protozoa*.

Она сохраняет постоянно свою форму тела благодаря тому, что наружный слой цитоплазмы плотный.

Все тело инфузории покрыто продольными рядами многочисленных мелких ресничек, которые совершают волнообразные движения.

С их помощью туфелька плавает тупым концом вперед. От переднего конца до середины тела проходит желобок с более длинными ресничками. На конце желобка – ротовое отверстие, ведущее в глотку.

Размножение инфузорий осуществляется вегетативным или половым способами (рис. 7).



a

б

Рис. 7. Размножение инфузории-туфельки:

a – бесполое; *б* – половое.

При вегетативном способе размножения инфузорий происходит путем поперечного деления клеток, то есть происходит увеличение особей. При половом способе две клетки соединяются и обмениваются частями ядерного аппарата, несущего наследственное вещество (конъюгация), увеличение особей не происходит. В оптимальных условиях инфузории характеризуются очень высокой интенсивностью размножения.

Инфузории очень подвижны. За одну секунду они преодолевают расстояние, в 10–15 раз превышающее длину их тела, что надо учитывать при выкармливании мелких, малоподвижных личинок некоторых икромечущих рыб, которые даже при высокой концентрации инфузорий могут оставаться голодными.

Питаются инфузории бактериями, микроводорослями, мелким детритом и растворенным органическим веществом.

Многие инфузории выдерживают значительное понижение температуры. При 0 °С *Paramecium caudatum* продолжает делиться, но в замедленном темпе, то есть деление происходит 1 раз в 18–19 дней. Инфузории обладают способностью адаптироваться к высоким температурам. Например, *Paramecium caudatum* живет в горячих источниках Японии при температуре 36–40 °С. В диапазоне 4–28 °С парамеции выдерживают суточные колебания в пределах 6–12 °С. В виде цист инфузории способны переносить годами неблагоприятные условия. Цисты образуются при наступлении неблагоприятных условий.

Реакция среды (рН) оказывает большое влияние на рост, размножение и питание инфузорий. Оптимальное рН для *P. caudatum* – 6, 5–7,5. Но она не погибает при рН 4,5–9,0. Инфузории устойчивы по отношению к понижению содержания растворенного в воде кислорода, оптимальное значение которого находится в пределах 6–8 мг/л.

В практике лабораторного и массового культивирования обычно используют высокопродуктивные виды: *Paramecium caudatum*, *P. aurelia*, *P. bursaria*, *Tetrahymena pyriformis* и др.

4. Питательные среды для культивирования инфузорий

Питаются инфузории главным образом бактериями. Помимо бактерий инфузории могут питаться дрожжевыми клетками и водорослями.

При кормлении их водорослями следует избегать прямого солнечного света, так как кислород, выделяемый только что заглоченными водорослями, может разорвать инфузорию.

Также следует избегать наличия в сосуде с инфузориями посторонних взвешенных частиц, поскольку, переполнив свое ротовое отверстие посторонней взвесью, инфузории могут погибнуть.

Для разведения туфельки обычно используют цельностеклянные сосуды объемом от 3 л. Хорошие результаты достигаются при комнатной температуре, но пик размножения инфузорий наблюдается при температуре 22–26 °С. В первые дни культивирования желательна слабая продувка, но осадок не должен подниматься со дна банки. Культивируют инфузорию в колбах, делительных воронках, аппаратах Вейса, бассейнах, полиэтиленовых садках и др.

В качестве сырья для приготовления питательной среды для инфузорий можно использовать высушенные корки банана, тыквы, дыни, желтой брюквы, нарезанную кусочками морковь, гранулы рыбьего комбикорма, молоко, высушенные листья салата, кусочки печени, дрожжи, сенной настой, т. е. субстраты для развития бактерий, а в качестве корма – водоросли и дрожжи.

При приготовлении сенного настоя возможны различные варианты соотношений сена и воды. При лабораторном культивировании берут 20 г сена и 1 л воды. При массовом культивировании лучшие результаты получены при концентрации 1–2 г/л, так как при более высоких концентрациях сенного настоя культура загнивает и на поверхности образуется бактериальная пленка.

В лабораторных условиях для приготовления сенного настоя берут 10–20 г сена, помещают в 1 л воды, кипятят в течение 20 мин, затем фильтруют и настаивают 2–3 дня. Через 2–3 дня из спор развиваются сенные палочки, служащие пищей для инфузорий. Настой хранят в прохладном месте и по мере необходимости добавляют в культуру.

Листья салата, кусочки печени помещают в мешочек с марлей, опускают в воду и настаивают в течение нескольких дней, а затем вносят зарядку инфузорий.

Кожуру спелых, неповрежденных бананов, дыни, брюквы, тыквы высушивают и хранят в сухом месте. Перед внесением в культуру берут кусочек размером 1–3 см², ополаскивают и заливают 1 л воды. Гидролизные дрожжи вносят из расчета 1 г на 100 л.

Для приготовления отвара овсяной, рисовой, пшенной и других круп берут 50 г

крупы, помещают в 1 л воды и кипятят в течение 15–30 мин. Отвар сливают в чистую посуду и закрывают.

Наиболее простым способом является разведение туфельек на снятом, кипяченом или сгущенном без сахара молоке. Молоко вносят в культуру из расчета 1–2 капли (1,5–2 мл) на 1 л воды. Инфузории используют молочнокислых бактерий.

Перед кормлением инфузорий очищают, чтобы не испортить воду в аквариуме. Существует несколько способов очистки.

1. Настой с инфузориями пропустить через фильтровальную бумагу, после чего бумагу опустить в аквариум.

2. Выдержать инфузорий, взятых из культиватора, в воде в течение 1–2 суток. За это время они уничтожат всех бактерий, попавших вместе с ними.

Основным правилом при выращивании инфузорий является то, что нельзя допускать передозировки в питании. Также необходимо знать, что инфузории, выращенные на бактериях обладают положительным фототаксисом, т. е. стремятся к свету, а выращенные на водорослях – отрицательным фототаксисом, стремятся в темноту. Это свойство можно использовать при выращивании тенелюбивых личинок рыб. Инфузорий можно выращивать на водорослевой суспензии сценедесмуса и хлореллы.

Лекция 6. Коловратки – стартовый корм для рыб

Вопросы

1. Общие сведения о коловратках.
2. Солоноватоводная коловратка – *Brachionus plicatilis*.
3. Пресноводные коловратки – *Br. rubens*, *Br. calyciflorus*.
4. Коловратки рода *Philodina*.
5. Коловратки *Asplanchna*.

6. 1. Общие сведения о коловратках

Коловратки (*Rotatoria*) – многоклеточные животные, ранее относимые к группе первично-полостных червей. Основным характерным признаком является наличие так называемого коловращательного аппарата – ресничного образования на переднем конце тела, который используется для питания и движения.

Коловратками называют своеобразную группу с основным пресноводных (хотя встречаются солоноватоводные и морские) микроскопических животных. Коловратки населяют не только разнообразные пресные, солоноватые и соленые бассейны, как с очень высокой, так и с очень низкой температурой воды, но многие из них приспособились к существованию в местах, где вода бывает в ничтожном количестве, или только временно: в прибрежном песке водоемов, во мху, в лесной подстилке, в дуплах деревьев, в почве. Но основная масса коловраток населяет пресные водоемы.

Коловратки – самые мелкие из многоклеточных. Их размеры колеблются от 0,04 до 2 мм, т.е. соизмеримы с размерами инфузории-туфельки. Коловратки, вместе с инфузориями и науплиями ракообразных, входят в состав так

называемой «пыли». Свое название коловратки получили за наличие коловращательного аппарата, состоящего из двух венчиков ресничек на передней части тела. Движением ресничек создается водоворот, благодаря которому мелкие пищевые организмы попадают в рот коловратки. С помощью этого аппарата у многих форм коловраток осуществляется также и плавание.

Возможности использования коловраток в качестве стартовых живых кормов для личинок многих видов рыб и некоторых беспозвоночных определяется следующим:

- относительно небольшие размеры;
 - наличие значительного количества (от 30% белка) низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот, делающих их легкоусвояемыми для личинок рыб на ранних стадиях развития;
 - лабильный химический состав, изменение которого происходит в течение нескольких часов в зависимости от качества корма, и возможность направленного формирования его состава, соответствующего потребностям гидробионтов, питающихся коловратками;
 - коловратки менее подвижны, чем инфузория-туфелька;
 - высокая скорость размножения;
 - не создаются проблемы при поддержании культуры в чистом виде
- некоторых видов.

В настоящее время известно более 1500 видов коловраток. Класс коловраток включает три отряда, однако все культивируемые коловратки принадлежат отряду Monogononta, т.е. отряду одноячичниковых коловраток. У представителей этого отряда самки большую часть времени размножаются партеногенетически, т.е. производят только самок. Однако при высокой их плотности или при изменениях условий обитания они производят самцов, переходят к половому размножению, после чего откладывают покоящиеся яйца, а сами гибнут. Это обстоятельство осложняет их культивирование. Представители другого отряда – пиявковидные коловратки (*Bdelloidea*) размножаются исключительно партеногенетически и, видимо, могут являться перспективными объектами культивирования.

Наиболее часто культивируют солоноводную коловратку (*Brachionus plicatilis*), поскольку ее легче всего поддерживать в виде чистой культуры. Из пресноводных коловраток культивируют *Brachionus rubens*, *Br. calyciflorus*, филодин (*Philodina*) и аспланхн (*Asplanchna*), однако их поддержание в виде чистой культуры более сложно из-за засорения культуры инфузориями.

2. Солоноватоводная коловратка – *Brachionus plicatilis*

Brachionus plicatilis – это типично планктонная коловратка, встречающаяся как в континентальных так и прибрежных водоемах.

Br. plicatilis – это мелкий эвригалинный и эвритермный вид коловраток, способный проживать только в воде с содержанием соли от 1–90 ‰. Размер 0,08–0,3 мм (рис. 8).

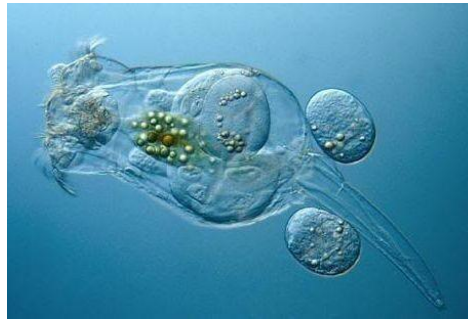


Рис. 8. Коловратка – *Brachionus plicatilis*

Они поедают фитопланктон, бактерий, дрожжи. Коловратки вида *Br. plicatilis* обладают гетерогонией, т. е. чередованием полового и партеногенетического типов размножения. Размножение осуществляется самками двух типов: амиктическими и миктическими. Амиктические и миктические самки, присутствующие в культуре, можно различить между собой лишь по наличию определенного типа яиц. Миктические яйца по объему в 2–3 раза мельче, чем амиктические, но их образуется больше.

Партеногенетическое размножение начинается с вылупления амиктических (партеногенетических) самок из покоящихся яиц. Амиктические диплоидные ($2N$) самки не способны к оплодотворению, откладывая диплоидные яйца, из которых вылупляются или амиктические самки, или, в зависимости от условий, миктические самки, способные к однополному и двуполому размножению. Миктические ($1N$) самки (т.е. с одним набором хромосом) дают яйца, из которых выходят самцы ($1N$) или участвуют в спаривании, откладывая полноценные покоящиеся ($2N$) яйца.

Способность миктических самок откладывать покоящиеся яйца обеспечивает выживание вида в неблагоприятных условиях. Миктические яйца на самцов и амиктические не имеют длительной покоящейся стадии, и молодь, в зависимости от температуры, может появиться через несколько часов или дней. Молодь из покоящихся яиц может выклеиваться через несколько недель, месяцев, лет. Появление покоящихся яиц в культуре обусловлено резким изменением одного или нескольких факторов окружающей среды (понижение или повышение температуры, изменение солености, ухудшение кормового режима и др.).

Плодовитость самки зависит от физиологического состояния и продолжительности жизни. Продолжительность жизни самок – до 2 недель, самцов – 2–3 суток. Половозрелыми становятся через 1–1,5 суток.

Механизм перехода от партеногенетического к половому способу размножения вызывается изменением таких факторов окружающей среды, как температура, pH, соленость, длительность фотопериода, плотность популяции, количество и качество корма.

При культивировании следует избегать условий, при которых появляются миктические самки, поскольку их покоящиеся яйца имеют латентный период. Основу здоровой, быстроразвивающейся культуры должны составлять

амиктические самки с яйцами.

2.1. Культивирование коловраток *Br. plicatilis*. Каждая продукционная культура начинается с маточной, от качества и количества которой зависит длительность периода разгонки продукционной культуры.

Получение исходной маточной культуры. Выращивание маточной культуры начинают за 10–15 суток до начала эксплуатации производственных бассейнов, которые засевают коловратками за 7–10 суток до начала инкубации икры. Маточную культуру получают двумя способами:

- из покоящихся яиц;
- круглогодично поддерживающейся исходной культуры.

Покоящиеся яйца получают следующим способом. В августе-сентябре в бассейне с коловратками резко меняют условия содержания: прекращают подогрев культуры и снижают температуру до 12–14 °С, уменьшают в 3–4 раза рацион, освещение оставляют только естественное. Так вызывают переход от бесполого размножения к половому и образованию покоящихся яиц. Культуральную среду сливают через шланг, осадок со дна бассейна переносят на фильтрованную бумагу, высушивают на воздухе в тени и используют в следующем сезоне для получения маточной культуры.

Инкубация яиц. Для выбора условий инкубации нужно знать:

- каким способом получены яйца: в искусственных условиях при культивировании или собраны в естественных водоемах;
- какова соленость воды и ее солевой состав: сульфатного или хлоридного типа вода.

При инкубации яиц из сульфатного водоема используют раствор состоящий из смеси хлорида и сульфата натрия в соотношении 3:1 как бы имитирующий соотношение солей в природном водоеме.

В качестве инкубационных сосудов применяют высокие емкости с коническим дном (аппараты Вейса, длительные воронки), соединенные с системой подачи сжатого воздуха (воздух подается снизу). Обязательные условия правильной инкубации яиц коловраток – это круглосуточное продувание емкости воздухом и постоянное поддержание яиц во взвешенном состоянии.

Выклев яиц происходит при температуре 20–35 °С, оптимальная температура 28 °С. Важным фактором при инкубации яиц является соленость и свет. При солености 60–120 ‰ выклев не происходит вообще, при 5–10 ‰ – слабый, оптимальная соленость 15–18 ‰. В темноте яйца не выклевываются. Освещенность на поверхности инкубационного сосуда должна составлять не менее 2–4 тыс. люкс.

При более высокой освещенности длительность периода инкубации не меняется, но процент выхода молоди увеличивается. Оптимальная длительность периода инкубации 2–4 суток.

Кроме температуры и освещенности инкубация зависит от срока хранения яиц. Чем длительнее срок хранения, тем продолжительнее период инкубации. Норма загрузки яиц в инкубационные емкости – 1 г/л.

По завершении массового выклева прекращают подачу в инкубационные аппараты воздуха. Пустые оболочки всплывают к поверхности, невыклюнувшиеся яйца остаются в природном слое, а молодь в толще воды. Пустые оболочки удаляют с поверхности ложкой, молодых коловраток отлавливают сифоном и переносят в другой

сосуд. К оставшемуся осадку добавляют свежий инкубационный раствор и включают аэрацию. Через несколько часов выклеивается еще порция коловраток. Эту операцию можно повторять несколько раз.

Условия содержания маточной культуры. В случаях небольшого количества маточной культуры, полученной из нескольких десятков или сотен яиц, животных удобно содержать в пенициллиновых пузырьках и маленьких колбочках. В случае инкубации сразу нескольких граммов яиц выклюнувшейся молодью можно засеять бассейны емкостью 50–100 л.

Маточную культуру, предназначенную для получения больших количеств коловраток, содержат в 8–10 бассейнах объемом 0,1 м³ при высоте столба 30 см. Бассейны размещают в закрытом помещении. Перед внесением молоди в бассейн морскую воду нагревают до температуры 26–28 °С, вносят живой корм, желательно водоросли, поскольку они способствуют образованию большого количества яиц у коловраток, и размешивают его. Начальное количество 5–10 экз/мл, оптимальное – 10–20 экз/мл.

Режим выращивания может быть экстенсивным и интенсивно-накопительным, но основные факторы среды должны, по возможности, поддерживаться на оптимальном уровне: освещение – круглосуточное (освещенность 1–2 тыс. люкс) корм – суспензия микроводорослей, дрожжи, которые следует вносить 4–5 раз в сутки по мере выедаемости, температура культуральной среды 27–28 °С.

По достижении плотности 100–200 экз/мл, считается, что маточная культура готова для засева в производственные емкости. Ее полностью сливают, осадок заливают свежей морской водой и начинают новый цикл культивирования. За счет ежедневного обновления среды при сливе значительной культуры обходятся без продувания емкостей воздухом. При накопительном режиме выращивание ведут до тех пор, пока плотность коловраток не достигнет 200–300 экз/мл, после чего культуру полностью сливают и начинают новый цикл выращивания.

Показателем высокого качества маточной культуры коловраток является почти полное отсутствие самок с миктическими яйцами, покоящихся яиц самцов. Культура должна состоять из амиктических самок с 1–3 яйцами и молоди.

Массовое культивирование. В зависимости от потребностей хозяйств для массового культивирования коловраток используют стеклянные сосуды, деревянные лотки, выстланные изнутри пленкой, рыболовные стеклопластиковые лотки и бассейны, цементные бассейны, и даже висящие на специальных стойках полиэтиленовые мешки. Вместимость выростных устройств варьирует от нескольких десятков литров до нескольких кубических метров. Бассейны с производственной культурой размещают в закрытом помещении или на улице под навесом, защищающим коловраток от воздействия прямых солнечных лучей. Для ведения культуры удобно использовать пластиковые бассейны размером 50×50 см или

200×200×50 см с донным сливом, цилиндрические емкости с коническим дном (типа аппаратов ВНИИПРХа), объемом от 0,5–2 м³.

Для плавного, не вызывающего отрыва яиц у самок коловраток, перемешивания культуральной среды используют крейсель, представляющий собой эрлифт, помещенный в дополнительную трубку с боковыми отводными трубками, обеспечивающий мягкую вертикальную и круговую циркуляцию воды с коловратками.

Над культиватором располагают кормовой бункер, объем которого должен быть в несколько раз меньше объема выростной емкости. Бункер заправляют как неживым кормом (водорослевый порошок, искусственный корм), так и живым (дрожжи, суспензия водорослей). Режим кормления выбирают в зависимости от плотности популяции коловраток и концентрации кормовой суспензии. Подачу корма осуществляют по таймеру. Распределение корма по емкости обеспечивается работой крейселя.

Независимо от того, где идет выращивание коловраток, в помещении или под открытым небом, для получения стабильных высоких урожаев и высокого качества продукции выростные емкости необходимо термостатировать.

Бассейны, предназначенные для культивирования коловраток, перед их заселением тщательно моют, заливают профильтрованной через ватномарлевый фильтр морской водой. включают осветитель мощностью 3–5 тыс. люкс и 4–5 термообогревателей.

Можно использовать аквариумные электронагреватели воды с терморегуляторами и контактным термометром.

После подогрева воды до 27 °С в бассейн вносят корм – отсепарированные от морской воды микроводоросли или дрожжи, из расчета 0,5 г сухой биомассы корма на 1 млн. коловраток. Дрожжи предварительно тщательно размешивают при комнатной температуре не менее 2 ч. Корм равномерно размешивают в бассейне. Исходная концентрация коловраток при засеве 20–50 экз/мл. Для непрерывного обеспечения кормом засев бассейнов проводят с интервалом в 1 сутки. Оптимальная продолжительность одного цикла культивирования – 8–10 суток.

Основными факторами, влияющими на скорость роста популяции коловраток при массовом культивировании являются: температура, освещенность, рН, соленость, продувание воздухом и кислородный режим, накопление метаболитов, корм.

Методы культивирования *Br. Plicatilis*. Солоноватоводную коловратку – *Br. plicatilis*

культивируют различными методами: накопительным, проточным, полупроточным.

При накопительном методе осуществляется культивирование от введения культуры до полного слива без внесения свежей среды, при этом условия окружающей среды за счет увеличения плотности популяции и накопления метаболитов постоянно меняются. Процесс накопительного культивирования подразделяется на несколько фаз:

- адаптация культуры к новым условиям (лаг-фаза);
- экспоненциальная фаза, максимальная скорость роста культуры (лог-фаза);
- стационарная фаза, замедление скорости роста. В среде накапливаются метаболиты, ощущается недостаток пищи.

При проточном культивировании осуществляют постоянный слив части культуры

и заменяют ее свежей средой. Скорость слива и долива рассчитывают таким образом, чтобы плотность популяции оставалась постоянной. При данном методе популяция постоянно остается в фазе экспоненциального роста.

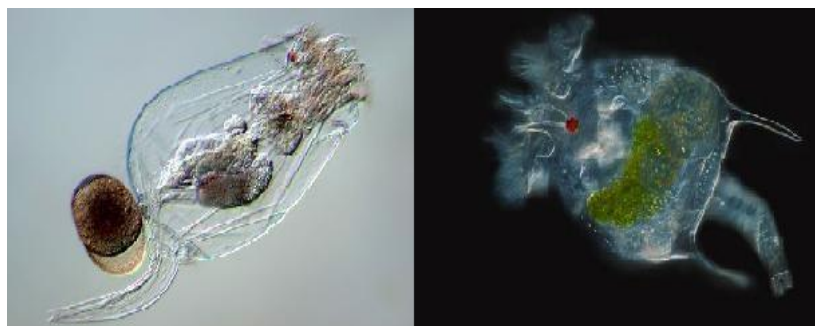
При полупроточном методе часть культуры сливают через определенные промежутки времени (1–2 суток) и заменяют свежей средой.

Повышение пищевой ценности коловраток. Для повышения пищевой ценности коловраток, их отцеживают через газ N 76, выдерживают несколько часов (2–3 часа) в воде без корма (для освобождения кишечника), после чего их кормят в течение 1–2 часов кормами, богатыми витаминами и иными важными для роста личинок соединениями, а затем отфильтровывают через газ N 76 и скармливают личинкам. В данном случае в качестве корма для коловраток (в качестве наполнителей содержимого кишечника коловратки) используют пасту морских водорослей (хлореллы, монохризиса) содержащих ω 3 высоконасыщенные жирные кислоты (ω 3 ВНЖК), благодаря чему выживаемость личинок увеличивается в 2 раза. Коловраток можно в течение 1 суток кормить суспензией гомогенизированного жира катрана, богатого ω 3 ВНЖК.

Голодная, а также накормленная дрожжами или бактериями коловратка обладает положительным фототаксисом. Коловратка, накормленная водорослями, стремится от света и концентрируется в затененных участках аквариума.

3. Пресноводные коловратки – *Br. rubens*, *Br. calyciflorus*

Эти пресноводные коловратки по внешнему виду напоминают солоноватоводную коловратку *Br. plicatilis*. Друг от друга эти два вида отличаются по форме панциря. У *Br. rubens* выростов на панцире нет, а у *Br. calyciflorus* в передней и задней частях панциря имеются выросты (рис. 9).



а

б

Рис 9. Пресноводные коловратки:
а - *Br. calyciflorus*; б- *Br. rubens*.

Однако в разное время года и в разных водоемах можно встретить *Br. calyciflorus* с длинными или короткими задними шипами, или же совсем без шипов. Есть данные обнаруживающие связь между длиной нижних шипов и количеством пищи в окружающей воде. При небольшой концентрации кормовой взвеси – шипы длиннее, и наоборот. По-видимому, длинные шипы являются как бы тормозами, которые замедляют движение коловратки и облегчают отфильтровывание ею пищевых частиц. Таким образом, эти данные дают возмож-

ность рассматривать явление периодического изменения формы тела как приспособление к условиям с целью лучшего улавливания пищи. В свою очередь *Br. rubens* часто и надолго прикрепляется своей ногой к панцирю дафнии, и, не затрачивая энергии на передвижение, в спокойном состоянии, отфильтровывает пищевые частицы, все время меняя (при помощи рачка) место своего обитания.

Часто они столь густо облепливают панцирь дафнии, что последняя выглядит «лохматой». Размеры пресноводных коловраток, особенно *Br. rubens*, чуть меньше, чем солоноводной коловратки *Br. plicatilis*. Пресноводные коловратки, имеют размер 0,1-0,3 мм, а взрослые самки *Br. calyciflorus* – 0,57 мм. Созревают самки в течение суток, продолжительность жизни взрослой особи до трех недель. Самка дает от 3 до 12 яиц каждые 12 часов. Питается в природе планктонными водорослями. Очень питательны, используются для выкармливания морских и пресноводных рыб. При оптимальных условиях культивирования и партеногенетическом размножении можно получать до 217 г/м³ коловраток в сутки.

Некоторые авторы предлагают для постоянного партеногенетического развития *Br. calyciflorus* выращивать их совместно с водорослями в условиях полной темноты в течение 4 дней при температуре 33 – 37 °С. На четвертые сутки культуру коловраток перезаряжают. Однако следует учитывать, что в полной темноте и при высокой температуре интенсивно дышат как коловратки, так и водоросли. Это часто приводит (при высокой величине численности коловраток) к исчезновению растворенного кислорода и полной гибели коловраток.

Другая проблема, возникающая при их культивировании в таких условиях заключается в том, что при продувке емкости с коловратками, они садятся на стенки культиватора, сжимаются и перестают питаться из-за сильного тока перемешиваемой воды.

Существует метод культивирования коловраток р. *Brachionus* в темноте. Коловраток выращивают последовательно в 3 емкостях объемом – 0,5; 8; 1500 л. В качестве корма используют или выращенную хлореллу и производимую промышленным методом хлорелльную пасту. Для получения максимального прироста оптимальная концентрация корма составляет 25– 50 млн. клеток хлореллы на 1 мл. Культивируют в темноте. На свету коловратки находятся только 1 час в сутки, при переносе из одной емкости в другую.

В емкость 1 (0,5 л) вносят пищевую взвесь оптимальной концентрации, а также взвесь коловраток из расчета 50 экз/мл. Через сутки коловраток отцеживают через сито № 70 и переносят в емкость № 2, заполненную той же пищевой взвесью оптимальной концентрации. Еще через сутки, осажденных на сито коловраток переносят в емкость № 3, также с пищевой взвесью оптимальной концентрации, а на следующие сутки содержимое фильтруют через специальный садок из сита № 70 и собирают коловраток. Живая масса коловраток за 3–4 суток выращивания составляет 4–5 кг/м³. Эта технология обеспечивает такую же продукцию, как и при непрерывном проточном культивировании, но расход воды и водорослей на получение единицы продукции в 10 раз меньше. Процессы пересадки коловраток, заполнения емкостей водой и внесение корма могут быть автоматизированы.

Коловратки питаются не столько водорослями, сколько бактериями, находящимися на поверхности клеток водорослей, особенно погибших. Следовательно,

хороших результатов повышения численности коловраток можно добиться на фитопланктоне, предварительно выдержанном несколько дней в темноте (до его осаждения). Перед скармливанием его коловраткам, осадок водорослей необходимо взболтать.

Для постоянного культивирования пресноводных коловраток можно предложить следующий способ. В стеклянную емкость помещают пресноводную культуру водорослей вместе с илом, состоящим из погибших клеток водорослей, и в нее вносят культуру коловраток. Под емкостью и над ней располагают лампы. При слабом освещении снизу, коловратки, благодаря положительному фототаксису, опускаются вниз и питаются бактериями, размножающимися в илу на погибших клетках фитопланктона. Проникающий сквозь ил свет способствует насыщению емкости кислородом, благодаря фотосинтезу фитопланктона, находящегося в объеме сосуда. При массовом размножении коловраток концентрация кислорода в емкости падает, и коловратки поднимаются к поверхности. Это указывает на то, что пора разрядить культуру коловраток. Для концентрирования коловраток у поверхности воды отключают нижний свет и включают верхний. Сконцентрированных у поверхности коловраток сливают сифоном и скармливают личинкам рыб, а культиватор, при необходимости, доливают свежим фитопланктоном. Благодаря верхнему свету происходит размножение фитопланктона, насыщение воды кислородом в процессе фотосинтеза водорослей и, как следствие этого, распределение оставшихся коловраток по толще воды. Далее верхний свет отключают и включают нижний, и весь процесс повторяется.

За размножением коловраток в культиваторе необходимо постоянно следить. Следует помнить, что низкое содержание кислорода в культиваторе, недостаточное или избыточное кормление, высокая плотность коловраток приводят к переходу последних на половое размножение, в результате чего самки откладывают покоящиеся яйца, а сами особи коловраток гибнут. Наибольшее количество зимних покоящихся яиц производится при максимальной плотности коловраток 120 – 150 экз./см³. Образованию зимних яиц способствует также понижение температуры.

Яйца, после отфильтровывания их на бумажный фильтр, можно хранить вместе с фильтром на нижних полках холодильника. Для выхода молоди из покоящихся яиц необходимо их культивировать в воде с высоким содержанием кислорода, постепенно повышая температуру до 30 – 35 °С.

Культивирование пресноводных коловраток сопряжено с большими сложностями из-за засорения культуры инфузориями и другими организмами, яйца которых заносятся с пылью.

Кормление личинок рыб пресноводными коловратками более желательно по сравнению с солоноводными, поскольку пресноводные коловратки не гибнут в пресной воде, обеспечивая постоянное и равномерное кормление личинок. Кроме того, они очищают аквариум с личинками от бактерий.

4. Коловратки рода *Philodina*

Из коловраток, относящихся к роду *Philodina*, наиболее часто культивируют

Ph. acuticornis (рис. 10). По размерам она крупнее, чем представители рода *Brachionus*.

Филодины обычно обитают среди иловых частиц на дне аквариумов или пресноводных водоемов. Их легко обнаружить под микроскопом или биноклем, если рассматривать донный ил. Они обычно медленно переползают или не очень быстро плавают от одной иловой частицы к другой в поисках пищи. По форме они напоминают вытянутый конус, на расширенной передней части которого находится коловращательный аппарат, а на заднем заостренном конце, так называемой ноге, имеются два пальца – «хватательная вилка».

Питаются филодины водорослями и бактериями. Добавка в культуру дрожжей угнетает их рост. Средняя продолжительность жизни равна 27 суток. Культивируют их обычно при температуре 24–27 °С.



Рис. 10. *Philodina acuticornis*

Обычно их содержат в стеклянном сосуде с отстоянной водопроводной водой. В качестве корма используют сенную палочку и молочнокислых бактерий. Для их разведения необходимо вскипятить 10 г сена в 1 л дистиллированной воды, дать постоять 2–3 дня, затем процедить и добавить (на 1 л настоя) 2 литра аэрированной дистиллированной воды. Для поддержания культуры в нее достаточно добавлять по 1–2 капли кипяченого молока 2–3 раза в месяц. Голодные коловратки обычно опускаются на дно и держатся среди частиц ила или сидят на стенках емкости. Сытые коловратки плавают в толще воды.

При внесении их к личинкам рыб, филодины хорошо растут и размножаются на фекалиях личинок, а также на погибших в пресной воде солоноводных коловратках. Их можно культивировать совместно с инфузорией-туфелькой на банановых корках с добавлением в культуру молока.

При слабой продувке филодины создают плотные скопления на стенках культиватора у самой поверхности воды. Хорошую «вспышку» численности филодины дают при внесении в их культуру бактерий, развивающихся над поверхностью активного ила.

Филодины хорошо размножаются при кормлении их одноклеточными пресноводными водорослями: сценедесмусом или хлореллой. Оптимальная концентрация хлореллы равна 0,4 г/л. При увеличении концентрации хлореллы до 0,8 г/л или снижении до 0,1 г/л выживаемость коловраток снижается. При выкармливании филодин водорослями желателен добавка в культуру бактерий.

Недостатком филодин, используемых для выкармливания личинок рыб, является их способность закапываться в ил.

Хорошие результаты дает метод непропорционально-проточного культивирования коловратки *Philodina acuticornis*.

Суть метода состоит в том, что в культиватор объемом 60 л непрерывно при помощи насоса-дозатора подается кормовая суспензия, а из него с такой же скоростью выводится культура коловраток. Непропорциональность проточности объясняется тем, что в культиватор, для увеличения площади, на которую прикрепляются коловратки, помещают дополнительные пластины, в виду этого плотность коловраток в культиваторе выше, чем в сливаемой среде. Кормом служит хлорелла или смесь хлореллы и дрожжей. Раз в сутки вносят водоросли, 2–3 раза в сутки – дрожжи. Перемешивание осуществляют при помощи эрлифта. Оптимальная скорость потока 6–10 объемов в сутки. Продуктивность при таком выращивании очень высока до 20 г/л (по влажной биомассе).

5. Коловратки *Asplanchna*

Asplanchna priodonta – одна из наиболее крупных (0,28–1,50 мм) пресноводных коловраток (рис. 11).



Рис. 11. *Asplanchna priodonta*

Взрослая аспланхна является хищником. Она питается инфузориями и более мелкими коловратками. Это типично планктонные животные всю жизнь проводят в толще воды, находясь в непрерывном движении. Плавают они ротовым отверстием вперед, не вращаясь вокруг своей оси, как другие коловратки. Тело прозрачное, почти круглое.

На передней части размещен коловращательный аппарат, имеющий форму оборки. Ноги у них нет. Аспланхны не имеют ни кишечника, ни анального отверстия, и вся пищеварительная система состоит из желудка. Непереваренные остатки пищи выбрасываются через ротовое отверстие.

Если аспланхну кормить инфузориями или мелкими пресноводными коловратками, например, рода *Brachionus*, то она хорошо разводится в пресной воде при комнатной температуре. При попадании аспланхны в культуру пресноводных коловраток рода *Brachionus* она, размножившись, полностью их уничтожает. Можно выращивать аспланхн и на солоноводных коловратках. Для этого культуру солоноводных коловраток медленно распресняют до солености в 3 ‰, куда затем и вносят аспланхн.

Аспланхн обычно используют при выкармливании молоди рыб в качестве добавки к основному корму при переходе с более мелких кормов к более крупным. Питательность аспланхн сравнительно низкая, поэтому, перед скармливанием

аспланхн молоди рыб их самих желательно покормить.

Оптимальным способом выращивания полноценных в пищевом отношении аспланхн является следующий. На 1 л культуры водоросли сценедесмуса или хлореллы вносится 10 мл насыщенного раствора NaCl и немного пекарских дрожжей. Далее, туда же вносится распресненные до 3 ‰ и отцеженные через газ № 76 солоноводные коловратки и культура аспланхн. Полученную культуру выдерживают при боковом освещении люминесцентной лампы. Молодь аспланхн растет на дрожжах, крупные особи питаются солоноводной коловраткой, содержащей в кишечниках водоросли и дрожжи.

Полезно подсаживать аспланхн при культивировании аулофоруса (змейки) на моркови. В этом случае аспланхна очищает воду от избытка инфузорий, улучшая кислородные условия среды обитания змейки.

Лекция 7. Технология культивирования ветвистоусых ракообразных

Вопросы

1. Особенности биологии дафниид.
2. Влияние условий среды на способы размножения ветвистоусых рачков.
3. Культивирование дафний в садках и бассейнах.
4. Культивирование дафний на различных средах.
5. Культивирование маточной культуры *D. magna*.
6. Культивирование мойны.

1. Особенности биологии дафниид

Особое значение для массового получения живого корма имеют представители отряда Cladocera, занимающие одно из первых мест по масштабам использования их в качестве живых кормов для рыб. Из громадного количества видов этого отряда в практике культивирования широко используются лишь несколько, характеризующихся высокой плодовитостью, быстрым ростом и пластичностью. К их числу относятся дафнии, главным образом, *Daphnia magna*, *D. pulex*, мойны – *Moina macroscopa*, *M. rectirostris*. В последние годы объектом массового культивирования стали цериодафнии (*Ceriodaphnia reticulata*) и хидорусы (*Chydorus sphericus*).

Хидорусы, цериодафнии и мойны по своим размерам не превышающие нескольких миллиметров могут служить стартовым кормом для рыб. Ветвистоусые рачки размножаются половым путем и партеногенетически. В оптимальных условиях партеногенетическое размножение может продолжаться длительное время. Самцы резко отличаются по размерам и строению от самок. Они меньше самок, вторые антенны у них подвижны и крупнее относительно тела, чем у самок. На первой ножке у самцов имеется крючок, при помощи которого они прикрепляются к самке во время спаривания.

В отличие от самок спинной край створок у самцов прямой, голова сильно вытянута, глаз большой занимает всю переднюю часть головы. Развитие партеногенетических яиц происходит в выводковой камере, заполненной питательной жидкостью. Сформировавшаяся молодь покидает ее при линьке самки. Период от появления яиц в выводковой камере до выхода молоди в окружающую среду у *D. magna*

составляет 2–3 дня. Новая партия яиц поступает в выводковую камеру через 1–3 часа после вылупления молоди. Дафнии и мойны характеризуются высокой плодовитостью. Единовременно в выводковой камере *D. magna* может находиться до 110 шт., *Moina macroscopa* – до 44 яиц. Первые яйца в выводковой камере появляются при достижении самками *D. magna* длины 2–3 мм, *M. macroscopa* – 0,95–1,00 мм. Молодь *D. magna* выходит из выводковой камеры на 6–8 день, *M. macroscopa* – на 4–5 день после рождения самки.

Оплодотворенные зимующие яйца заключены в специальное образование – седлышко или эфиппиум, хорошо изолирующее их от влияния окружающей среды и позволяющее переносить высушивание, промораживание и другие неблагоприятные условия. Из зимующих яиц *D. magna* молодь появляется через 4–6 дней после попадания яиц в благоприятные условия. Рачки созревают на 10–11 день.

Плодовитость *Cladocera* до определенного возраста повышается, а затем по мере старения идет на убыль. Крупные самки *Cladocera* могут иметь высокую и низкую плодовитость в зависимости от возраста.

Рост ветвистоусых рачков осуществляется, главным образом, во время линьки, и кривая линейного роста имеет ступенчатый характер.

Наибольшая продолжительность жизни партеногенетических *D. magna* 4–5 месяцев, *M. macroscopa* – 25 дней. В течение своей жизни одна самка *D. magna* может дать до 1172 шт. молоди, *M. Macroscopa* – до 210 шт.

По питанию ракообразные – фильтраторы. Они могут питаться бактериями, микроводорослями, дрожжами, детритом и в небольшой степени растворенным органическим веществом. Чем меньше размер рачков, тем большее значение в их питании имеют бактерии.

Не меньшее пищевое значение для ветвистоусых рачков имеют мелкие планктонные водоросли. В составе пищевого комка часто встречаются протококковые: *Pediastrum duplex*, *P. tetras*, *Clorella vulgaris*, *Ch. tetricola*, *Scenedesmus* и др. Помимо протококковых встречаются криптоподы, мелкие десмидиевые, диатомовые, эвгленовые и синезеленые.

Значительное и иногда решающее значение в питании дафний оказывает детрит, так в пищевом комке *D. pulex* детрит составляет 78 %, а у *D. magna* – 92 %. Рачки используют в пищу не только взвешенной в воде, но и природный детрит.

Мирные *Cladocera* не потребляют мелких животных в водоемах, но охотно потребляют отмерший зоопланктон. *Cladocera* не только питается детритом, но и хорошо растут на этом виде корма. Суточные приросты и плодовитость у *D. magna* при питании детритом из фитопланктона часто бывают выше, чем при питании живыми планктонными водорослями.

Используя в пищу детрит, *Cladocera* способствуют минерализации органического вещества в водных экосистемах. *D. magna* способна усваивать растворенные в воде органические вещества и даже расти на этом виде корма.

Интенсивность питания *Cladocera* изменяется в зависимости от возраста животных, концентрации пищи, температуры и других причин. Молодые, интенсивно растущие и формирующиеся животные, поедают относительно массы

своего тела больше корма, чем взрослые. Общая тенденция к снижению рациона с возрастом находит свое выражение в морфологии и физиологии животных. С возрастом уменьшаются соотношение объема кишечника к объему животных и понижается скорость прохождения пищи через кишечник.

Величина суточного рациона в большей степени зависит от концентрации кормовых организмов. По мере увеличения концентрации суточный рацион увеличивается, однако чрезмерная концентрация корма не только ухудшает условия фильтрации, но и снижает его усвояемость. Важными показателями, характеризующими продуктивное действие корма, является коэффициент использования потребленной и усвоенной пищи на рост. При культивировании *D. magna* на бактериальном корме кормовой коэффициент равен 3, на водорослевом – 4.

2. Влияние условий среды на способы размножения ветвистоусых рачков

Интенсивность питания, размножения и рост ветвистоусых зависят от ряда абиотических и биотических факторов. Среди абиотических важнейшими являются температура, содержание в воде кислорода, соленость, рН среды, свет. Температурный порог *D. magna*, *D. pulex*,

M. macrocopa, *M. rectirostris*, *C. reticulata* близок к 38–39 °С. *D. magna*, *C. reticulata* и *Ch. sphaericus* выносят значительное понижение температуры и дают партеногенетическое потомство при очень низких температурах. Нижняя граница существования *D. magna* лежит в пределах 0 °С, нижняя граница культивирования – 4–5 °С. *M. macrocopa* более теплолюбива, нижняя граница культивирования – 10–16 °С, оптимальная – 24–26 °С.

Нижняя летальная граница содержания растворенного в воде кислорода для *D. magna* – 0,3 мг/л, для *Ch. sphaericus* – 0,36 мг/л. Оптимальные значения концентрации в воде кислорода для всех культивируемых *Cladocera* – 4–8 мг/л.

Оптимальные значения рН для всех видов лежат в пределах 6–8, однако ветвистоусые могут переносить колебания рН довольно в широком диапазоне.

Отсутствие света действует на *D. magna* так же, как обильное питание, т. е. вызывает рост, плодовитость и уменьшает длительность жизни. Общее количество яиц от одной самки за время ее существования в темноте 674, на свету – 472, длительность жизни соответственно – 62 и 74 дня. При высокой освещенности животные обычно образуют скопления, а в темноте равномерно распределяются в толще воды. Чередование света и темноты действует как чередование голода и обильного питания.

3. Культивирование дафний в садках и бассейнах

При культивировании дафний в небольших масштабах, удобны открытые садки цилиндрической формы.

Диаметр верхнего отверстия не следует делать больше 1,5 м, высота садка не должна превышать 1,7 м. Садок устанавливается в водоеме в вертикальном положении недалеко от берега на глубине более 1,7 м. Перед погружением садка в воду горловина завязывается и в нее помещается груз.

Частичный – съем продукции культивируемых животных производится после созревания культуры через верхнее отверстие сачком, при полном снятии через нижнюю горловину.

Цилиндрические садки закрытого типа могут быть установлены в любом месте, и при любой глубине водоема. Корпус садка укрепляется на обручах, конусообразно суживается с обеих сторон и заканчивается двумя горловинами с отверстиями на концах. Перед погружением закрытого садка в воду одна горловина завязывается, а через отверстие другой горловины в садок вносится культура животных, и в случае необходимости, корм для них.

Садок укрепляется в горизонтальном положении веревками, концы которых привязываются к столбам или поплавкам. Облов закрытого садка проводится через отверстие одной из горловин. Обе горловины развязываются при мытье садка по окончании срока культивирования. При изготовлении садки всех типов сшиваются капроновыми нитками или склеиваются.

При больших масштабах культивирования целесообразно использовать открытые прямоугольные садки, которые закрепляются между мостками. Так же, как и цилиндрические садки, они имеют внизу горловины для укрепления груза и облова культуры.

Культивирование *Cladocera* в садках из капронового сита дает возможность оборудовать базу производства живых кормов без специальной системы спуска и подачи воды, выделения участка земли для строительства бассейнов. Цех культивирования кормов может быть оборудован в очень короткое время и в любом месте водоема. Зарядку дафний в садки вносят из расчета 10–20 г/м³. При слабом развитии фитопланктона в водоеме культуру поддерживают кормовыми дрожжами или кормом для рыб. При оптимальных условиях продукция *D. magna* составляет в среднем 250–230 г/м³. Результаты культивирования в капроновых садках в большей степени зависят от условий, сложившихся в водоеме. Наиболее перспективным является использование этих садков при организации полносистемных рыбоводных хозяйств на теплых водах.

4. Культивирование дафний на различных средах

Культивирование ветвистоусых рачков осуществляется на бактериальном корме, мелких планктонных водорослях, дрожжах. В качестве источника органического вещества для бактерий используют конский или коровий навоз, птичий помет, подвяленную растительность.

Конский или коровий навоз вносят при зарядке культуры из расчета 1,5 кг/м³ и добавляют каждые 8–10 дней по 0,75 кг/м³. Птичий помет как более концентрированное удобрение вносят по 0,5 кг/м³ при зарядке и по 0,25 кг/м³ каждые 8–10 дней. Хорошим кормом для дафний и мoin в условиях массового культивирования являются протококковые водоросли.

В связи с тем, что бактериальные среды с использованием навоза трудно поддаются управлению (очень быстро наступает ухудшение кислородного режима), поэтому неконцентрированные корма заменяют концентрированными кормовыми дрожжами. При культивировании *D. magna* в бетонных бассейнах их вносят до 20 г/м³ при зарядке культуры и 10 г/м³ при подкормке каждые пять дней. В культуру *Moina macroscopa* вносят 100 г/м³ в начале культивирования и затем каждые два дня по 50 г/м³. Дрожжи перед внесением измельчают, замачивают в воде на 3–4 ч и вносят в культуру.

Рекомендуют использовать навозные и сенные настои из жесткой

растительности или кормовых дрожжей. Настои приготавливают из расчета 17,6 г свежего навоза и 84 г просеянной земли. Смесь выдерживают в течение трех дней при температуре 15–20 °С. Затем настои процеживают и разбавляют свежей прудовой водой (1 л настоя на 4 л прудовой воды). Через час помещают дафний, развитие которых длится максимум три недели. На третий день такие настои дают вспышку численности бактерий – корма для дафний. Такую же вспышку дают и настои сена (2 кг сена на 100 л воды), которые выдерживают три дня, затем выливают в водоем один раз в семь дней из расчета 4 л/м³. Созревание культуры продолжается 10–15 дней.

Культивируют культуру на кормовых дрожжах. Дрожжи вносят в воду из расчета 15–20 г сухой массы на 1 м³ воды с протококковыми водорослями, культуру дафний – через 1–2 дня, когда развитие дафний и фитопланктона достигает максимума. Частично дрожжи являются кормом и для дафний. Поэтому их вносят как подкормку каждые пять дней в количестве 8–10 г/м³.

Культивирование *Cladocera* на водорослевом корме осуществляют в одной и той же емкости или в разных емкостях при периодическом внесении в культуру водорослей. В процессе развития культуры периодически вносят подкормку для водорослей. Ориентировочные нормы внесения минеральных удобрений – 5 г/м³ суперфосфата и такое же количество аммиачной селитры в начале культивирования и такая же норма каждые семь дней.

Системы культивирования в зависимости от входящих в культуру и выходящих из нее компонентов разделяют на 5 основных типов: одноканальная, двухканальная, трехканальная, многоканальная и комбинированная.

5. Культивирование маточной культуры *D. magna*

Для формирования естественной кормовой базы проводят интродукцию в пруды высокопродуктивного, относительно крупного по размеру ветвистоусого рачка *D. magna*, хорошо потребляемого молодью большинства рыб и потому редкого в прудах.

Маточную культуру *D. magna* вначале получают в лабораторных условиях. Культивирование проводят в стеклянных емкостях – аквариумах. Начальная плотность выращивания маточной культуры *D. magna* составляет 10–15 мг/л или 3–4 экз./л. В качестве корма используют настой конского навоза (25 г навоза на 10 л воды, выдерживают в течение 2–3 дней), который вносят по 10 мл на 1 л воды каждые 2 дня.

Для повышения продуктивности культивируемых рачков используют различные методы:

- в среду для культивирования каждые 12 дней вносят по 5 мг/л бализа;
- в качестве корма добавлять пивные дрожжи в количестве 25 г/м³ ежедневно;
- в питательную среду вместе с кормом один раз в три дня вносят

дополнительно по 0,2 мл/л боенской крови.

Культивирование маточной культуры начинается в феврале и ее накопление продолжается до середины апреля.

Для получения большого количества маточной культуры *D. magna*, достаточной для интродукции в производственные пруды, дальнейшее ее выращивание осуществляют в лотках,

затем в бассейнах и прудах-питомниках. Выращивают культуру при температуре воды 20–22 °С, поддерживая оптимальную плотность культуры 400 г/м³, изымая раз в 2–3 дня часть культуры,

на литр воды. Транспортировку культуры дафнии в полиэтиленовом пакете можно проводить при температуре воды 20 °С в течение 2–3 суток.

6. Кормовая ценность ветвистоусых рачков

Дафнии и моины являются высокобелковыми кормами, причем не только для рыб, но и для других животных. По химическому составу ветвистоусые ракообразные не уступают рыбной муке (табл. 2).

Таблица 2. Состав питательных веществ в ветвистоусых рачках в сравнении с рыбной мукой

Корм	Вода	Протеин	Жир	Зола	Кальций	Фосфор
Моина	90,3	44,2–58,7	10,6–24,3	5,8–6,9	1,2	0,55
Дафния	89,4	60,36	21,6	16,7	9,6	1,48
Рыбная мука	60,7	59,2	6,4	23,4	-	-

Содержание питательных веществ в теле рачков зависит от условий выращивания их, в частности от кормления.

По данным Ивлевой И. В. калорийность дафний составляет около 4,5 ккал/г. Аминокислотный состав белков ракообразных тоже близок к рыбной муке (табл.3).

Таблица 3. Аминокислотный состав белка ветвистоусых рачков (по данным И. Б. Богатовой)

Аминокислота	<i>Daphnia magna</i>	<i>Moina macroscopa</i>
Лизин	2,9–3,6	7,5
Гистидин	1,9–3,1	2,1
Аргинин	1,9–2,8	6,6
Серин	2,2–5,2	5,7
Глицин	1,3–5,2	4,8
Треонин	2,5	6,6
Аланин	2,3–5,3	6,4
Пролин	–	5,5
Тирозин	1,2–1,4	1,6
Фенилаланин	6,1–7,1	–
Лейцин	5,6–6,3	7,8
Изолейцин		3,2

Скармливать рачков можно как в живом, так и сухом виде. Кормовой коэффициент при кормлении молоди осетровых до массы 150 мг принимают равным 6.

6. Культивирование мойны

Моина как кормовой объект имеет ряд преимуществ перед дафнидами. Размеры взрослых мойн редко превышают 1 мм, что позволяет использовать ее

при выкармливании мальков. Питательная ценность моины на 20 % выше, чем у дафнии. В организме моины содержится более 50 % белка. Скорость размножения примерно втрое выше.

Готовить маточную культуру моины начинают примерно за 2 месяца до начала подкормки молоди рыб. Для этого эфиппиумы моины, заготовленные в предыдущие годы в прудах-питомниках, помещают в стеклянные банки объемом 1–2 л и заливают водой. Температуру поддерживают в пределах 20 °С. Через 5 – 7 дней в емкостях появляется молодь моины. Для питания рачков в емкости в небольшом количестве вносят настой навоза, суспензию дрожжей до слабого помутнения воды. По мере увеличения плотности культуру моины пересаживают в 200-литровые емкости, используемые при производстве растительноядных рыб, оборудованные компрессорами, нагревателями и регуляторами температуры.

В процессе выращивания поддерживают температуру 24–26 °С. В качестве корма используют дрожжи 20–25 мг/л и водоросли 0,5–2 млн. клеток/мл до слабозеленого цвета или настой навоза до слабого помутнения воды.

В начале апреля культуру рачков из аппаратов высаживают в пруды-теплицы. Для оптимизации температурного режима над прудом сооружают каркас с пленочным покрытием. Это позволяет поддерживать температуру воды в пределах 22–26 °С. Площадь пруда-теплицы – 40–60 м², средняя глубина – 40 см. Заливку пруда водой производят через установленный на водоподаче рукав из капронового сита № 40. Это предохраняет от попадания в пруд других гидробионтов. Одновременно с заливкой пруда вносят свежий навоз из расчета 2,5 т/га. Сразу же после заполнения водоема вносят культуру моины в количестве 0,3–0,4 кг/м². Регулярно через каждые два дня в пруд вносят разбавленные в воде кормовые дрожжи. Для обеспечения необходимого кислородного режима в пруду с помощью компрессора проводят аэрацию воды.

Пруд-теплица служит резервом чистой маточной культуры в течение всего периода подращивания молоди рыб. Периодически в нем заменяют часть воды, вносят органические удобрения, контролируют состояние популяции моины. При нормальных условиях в культуре можно наблюдать крупных самок, имеющих розовый цвет. В культуре также встречается большое количество разноразмерной молоди. В случае ухудшения условий содержания в популяции появляется много самок с эфиппиумами и активизируется развитие самцов. Обязательным условием развития моины является периодический сьем продукции.

Через 10–12 суток биомасса рачков достигает 100 мг/л, часть их 50–60 % общей биомассы отлавливают и переносят в пруды-питомники, где проводят дальнейшее культивирование в масштабах, необходимых для обеспечения подращивания личинок рыб.

В качестве питомников используют зимовальные пруды площадью 0,3–0,5 га. Их подготовку и заселение культурой проводят с таким расчетом, чтобы получение максимальной продукции совпало с моментом посадки молоди рыб на подращивание.

На ложе прудов завозят 2–3 т навоза. Культуру моины вносят в момент их заполнения водой из расчета 1,0–1,5 кг рачков на пруд. Через 10–15 дней заселяют молодь рыб или отлавливают рачков и переносят в другие пруды.

В прудах-питомниках популяция моины имеет высокую численность и

сохраняется в относительной чистоте при обязательном ежедневном съеме продукции в течение 20–25 суток. В дальнейшем идет снижение численности, засорение другими гидробионтами, например, дафнией. Дафния, имея сходный спектр питания с моиной, находит здесь благоприятные условия, но обладая более длительным циклом развития достигает максимальной численности на 20–30 день.

Для того, чтобы весь период подращивания молоди рыбы был обеспечен достаточным количеством живого корма, производят последовательную зарядку культурой моины нескольких прудов-питомников с интервалом в 8–12 дней.

Поликультуру моины и дафнии, развивающуюся в пруду-питомнике на заключительном этапе культивирования, используют для интродукции в выростные пруды.

Лекция 8. Биологические основы и методы культивирования красного калифорнийского червя

Вопросы

- 1. Красный калифорнийский червь как объект биотехнологии**
- 2. Размножение и развитие красного калифорнийского червя**
- 3. Основные этапы биотехнологического процесса**

1. Красный калифорнийский червь как объект биотехнологии

Интерес к дождевым червям, как к объекту культивирования возник в связи с возможностью их использования в качестве источника гумусового удобрения – червекомпоста (вермикомпоста, вермигумуса) и полноценного белка в животноводстве, птицеводстве, рыбоводстве.

Дождевые черви относятся к типу Кольчатые черви (*Phylum Annelidae*), подтипу Пояско-вых (*Subphylum Clitellata*), классу Малощетинковых червей (*Classis Oligochaeta*), отряду Люмбрикоморфы, или Высших Малощетинковых, (*Ordo Lumbricomorpha*), семейству люмбрицид, или настоящих дождевых червей (*Familia Lumbricidae*)

Центральным семейством отряда *Lumbricomorpha* является семейство люмбрицид, включающее до 200 видов. Зоологи различают виды дождевых червей по особенностям строения органов размножения, по расположению щетинок и другим особенностям

К роду люмбрикус принадлежат десять видов. Самый обычный на территории нашей республики – малый красный червь, или малый выползок (*Lumbricus rubellus*). Он вдвое короче и тоньше большого красного выползка, но окрашен ярче, вишнево-красного цвета. Задний конец его тела тоже уплощён и расширен, а поясок у него обычно расположен с 27-го по 32-й сегмент. Глубоких ходов, как большой выползок, не делает, обычно держится в самом поверхностном слое почвы или в лесной подстилке среди гниющих листьев

Самый распространённый – вид *Aporrectodea caliginosa*, называемый иногда пашенным червем, так как на пашнях и полях попадает чаще других; найти его

можно также и в лесах, на огородах и побережьях водоёмов. Это средних размеров (длиной до 15–16 см) сероватый червь, лишённый пурпурной пигментации, с пояском, расположенным обычно на сегментах с 27-го по 34-й.

Один из наиболее ярко окрашенных червей – навозный (*Eisenia foetida*), обладающий специфическим неприятным запахом. Это сравнительно небольшой червь, длиной 6–10 см, с попарно сближенными щетинками

Среди 200 видов лишь немногие поддаются разведению. Наиболее привлекательными для вермикультивирования являются черви, относящиеся к виду красных червей. В результате их селекции был получен «Гибрид красный калифорнийский», универсальный по своим характеристикам и наиболее экономически эффективный. Он сохранил физиологические и морфологические особенности, характерные для других дождевых червей, но в отличие от своих

«диких» сородичей имеет значительно большую продолжительность жизни (16 лет), более плодовит (500–1500 тыс. особей на 1 родительскую в год), очень вынослив, приучен жить в неволе. Червь технологичен и перерабатывает все виды органикосодержащей массы. Утрата инстинкта покинуть место обитания делает возможным его разведение под открытым небом без риска потери популяции. Однако, отсутствие инстинкта не позволяет червю уходить в глубь при понижении температуры воздуха, что может привести к его гибели.

Калифорнийский красный червь был выведен в университете штата Калифорния в 1959 году американским врачом Т. Барретом. На собственной ферме он занимался разведением червей с целью повышения доходности своего хозяйства. Он исходил из понимания необходимости полнейшей утилизации всех органических отходов, получающихся в хозяйстве, то есть отходов кухни, сада, огорода, а также опавшей листвы и тому подобных органикосо- держащих отходов и использования их в качестве корма дождевым червям. Червей он выращивал в деревянных ящиках, заполненных землёй, навозом и отходами. В 1959 году американским врачом Барретом был получен патент на производство специализированных червей – «Красный гибрид», или как его чаще называют красный калифорнийский червь.

Результаты этих исследований не остались незамеченными. При помощи калифорнийских червей вот уже много лет перерабатывают мусор в Германии, Франции, Венгрии, Дании, Италии. Калифорнийский червь поедает опилки, гнилые овощи, ил сточных вод, а также отходы пищевых предприятий, кости, внутренности животных.

В России разведением дождевых червей занимались с начала XX века. К этому делу внимание привлёк эффект роста урожайности выращиваемых культур в лабораторных условиях. Развернувшаяся в СССР индустриализация и химизация вызвала пренебрежение к органической системе земледелия и к дождевым червям, как её главной составной части. Практически до середины 80-х годов никаких исследований по биотехнологии переработки навоза (и другой органики) в гумусное удобрение (биогумус, червекомпост) с помощью технологических дождевых червей не проводилось. Исследования впервые были осуществлены Анатолием Михайловичем Игониным во Владимирском государственном педагогическом институте (ВГПИ) в 1984 г. по теме: «Разработка методики культивирования местных разновидностей

дождевых (компостных) червей с целью переработки навоза (и другой органики) в гумусное органическое удобрение». Он вывел свою технологическую породу компостных червей «старатель», получил патент. В Беларуси выращивается гибрид «Красный пахарь».

Дождевые черви содержат в сухом веществе: 70% белка, витамин D, фосфолипиды, до 55% ненасыщенных жирных кислот, 22% насыщенных, 12% полиеновых кислот. Из биомассы червей готовят белковую муку, содержащую 62–72% белка.

Многолетними исследованиями была показана возможность и целесообразность культивирования червей на субстратах, приготовленных на основе навоза свиней, крупного рогатого скота, лошадей, помета птиц, сапропеля.

В качестве кормовой биомассы для рыбоводства и птицеводства эффективно использовать вермикультуру – это обобщенное название интенсивной биотехнологии, ориентированной на производство кормовой биомассы и комплексного органического удобрения – вермикомпоста на основе массового разведения почвенных олигохет. Считается, что на одной тонне навоза можно вырастить до 100 кг червей и одновременно получить до 600 кг биогумуса – ценнейшего микробиологического удобрения для растений.

Красный калифорнийский червь представляет собой продукт длительного отбора в условиях вермикультуры обычного навозного червя *Eisenia foetida*. Оптимальная температура среды обитания красного калифорнийского червя +19 °С, при температуре ниже +14 °С черви перестают размножаться, а при температуре ниже +7 °С перестают питаться, впадая в летаргическое состояние (анабиоз). Гибель красного калифорнийского червя наступает при охлаждении тела ниже 0 °С и нагреве свыше +42 °С. Ультрафиолет представляет смертельную опасность для червей, поэтому при их разведении следует избегать прямого действия солнечных лучей. Калифорнийских червей можно кормить экскрементами домашних и сельскохозяйственных животных, органическими остатками домашнего хозяйства, а также опилками, стружкой лиственных деревьев, травой листьями и т.д. Настоятельно рекомендуется не давать в пищу червям кору и отходы древесины красного цвета, поскольку они содержат танин, являющийся ядом для червя. Также необходимо исключать из состава корма все вещества, неподдающиеся биологическому разложению (органику синтетического происхождения). Калифорнийский червь очень плодовит, он превосходит все остальные виды люмбрицид примерно на порядок по числу яйцеклеток в коконах и по крайней мере в 4 раза по частоте спаривания.

Для успешного разведения червей необходимо соблюдение определённых требований к условиям среды их обитания:

- оптимальная температура для размножения и развития червя от +19 до +25 °С;
- влажность среды от 70 до 85 %. Хотя черви и обладают способностью переносить высокий процент потери воды из организма, однако если влажность субстрата длительное время ниже 35 %, черви могут погибнуть;
- оптимальная реакция среды – нейтральная. Допускается использование

компоста с рН от 6,0 до 8,0. При рН ниже 5,5 (среда кислая) и выше 8,5 (среда сильнощелочная) черви могут погибнуть;

- при высокой влажности для дыхания червей необходимо обеспечение доступа кислорода. С этой целью уплотнившийся субстрат следует периодически рыхлить, стараясь не перемешивать при этом слои.

2. Размножение и развитие красного калифорнийского червя

Дождевые черви – гермафродиты. Т. е. имеют одновременно и мужские и женские половые органы, однако их строение исключает самооплодотворение. При спаривании черви обмениваются друг с другом сперматозоидами, которые могут довольно длительное время сохраняться в сперматеках. Поясок, делящий тело червя примерно в соотношении 1:2, имеют только половозрелые особи. Функция этого образования заключается в выделении комка особой слизи, в которую червь откладывает яйцеклетки и сперматозоиды и где собственно, и происходит оплодотворение. Вскоре после отделения от тела поверхность этого комка слизи застывает, образуя сферический кокон диаметром около 2–3 мм. Кокон имеет плотную хитинообразную оболочку, защищающую от неблагоприятных воздействий среды от 2 до 21 зародышей, развивающихся внутри него в питательной жидкости.

Оплодотворение дождевых червей перекрёстное. Два червя прикладываются брюшными сторонами, головы обращены друг другу навстречу. Поясками обоих червей выделяется слизь, одевающая их в виде двух муфт, поясок одного червя располагается против отверстий семяприёмников другого. Из мужских отверстий обоих червей выделяется сперма, которая сокращением брюшной мускулатуры проводится по его поверхности к пояску, где и попадает в упомянутую ранее слизистую муфту. Семяприёмники партнёра производят при этом как бы глотательные движения и воспринимают поступающее в муфту семя. Таким образом, семяприёмники обеих особей заполняются чужим семенем. Так происходит копуляция, после чего черви расходятся.

Откладка яиц и их оплодотворение происходит значительно позже. Червь выделяет вокруг своего тела, в области пояска, слизистую муфту, в которую и откладываются яйца. Затем муфта сползает с червя через его головной конец. Во время прохождения муфты мимо 9-го и 10-го сегментов семяприёмники вдавливают в муфту находящееся в них чужое семя, которым яйца и оплодотворяются. Муфта после этого смыкается на концах, уплотняется и превращается в яйцевой кокон, под защитой которого и происходит развитие яиц. Яйца развиваются внутри яйцевого кокона, из которого выходит уже вполне сформированный червь. Кокон содержит питательную белковую жидкость, а яйца бедны желтком и, развиваясь, дают зародыш, который активно заглатывает белок.

Через каждые 14–21 день после откладки кокона (в зависимости от температуры) маленькие черви разрывают оболочку кокона и выходят на поверхность. Первые 5–6 дней своей жизни в их эпителии отсутствует пигмент. Однако к 15–20-му дню они приобретают такую же окраску, что и их родители. Половой зрелости они достигают к 70–90 дню жизни. Продолжительность жизни – 16 лет.

3. Основные этапы биотехнологического процесса

Для разведения красного калифорнийского червя и получения биогуруса необходимо достаточно серьёзно подойти к покупке червей и подготовке субстрата (компоста). Червей необходимо покупать вместе с субстратом только в специализированных вермихозяйствах. Черви должны быть подвижные, красного цвета. В субстрате должны быть молодь и коконы. Генетически устойчивой считается популяция, содержащая не менее 1500 штук особей.

Биотехнологический процесс разведения красного калифорнийского червя состоит из следующих основных этапов: подготовка субстрата, подготовка вермикультиваторов, закладка червей, уход и подкормка, выборка червей, зимовка.

Подготовка компоста (питательного субстрата). Хорошим сырьём для подготовки питательного субстрата может быть навоз сельскохозяйственных животных, выдержанный в течение от 3 до 6 месяцев. Меньше времени уходит на компостирование кроличьего и козьего навоза, больше свиного и куриного. Качество навозного субстрата можно улучшить, добавив в него измельчённую скорлупу яиц, измельченные пищевые отходы, листья плодовых и овощных культур, сорняки, а также внести до 20 кг смеси извести и торфа на 1 т сырья.

Не рекомендуется использовать в качестве компоста навоз, пролежавший после завершения компостирования более двух лет, так как в нем крайне мало необходимых для червей питательных веществ. Такой навоз можно использовать в качестве добавки при компостировании органических отходов.

Готовность субстрата определяется следующим способом. На влажный субстрат кладут десяток червей. Если черви в течение нескольких минут заползают в субстрат, значит он готов к заселению червями. Если черви не заползают в субстрат, а лежат на поверхности и поднимают головки вверх, значит субстрат требует дополнительного компостирования. Категорически запрещается использовать в качестве корма для червей свежий навоз.

Лучшим кормом для червя будет являться комбинированная компостная куча, куда послойно, или в перемешанной виде, закладываются скошенная трава, пищевые отходы, листвова опад. Как и дождевой червь, красный калифорнийский не может питаться живыми растениями, он питается только отмершими и начавшими гнить растительными остатками. Поэтому меню червя должно состоять только из растительной пищи. Никаких мясных включений быть не должно. Можно использовать любые растительные остатки: картофельную кожуру, листья капусты, огрызки яблок, кожуру бананов, кофейную гущу, спитый чай, очистки моркови, свеклы, испорченные и варёные овощи и немолочные каши. Но даже кожура овощей и огрызки яблок какое-то время содержат живые клетки. Поэтому перед скармливанием их нужно либо пропустить через мясорубку, либо заморозить в морозилке, для того, чтобы разрушить клеточные стенки. Спитый чай и кофейную гущу можно класть без всякой обработки. Черви очень любят хлеб. Поэтому любой, даже заплесневевший сухарь, для них большое лакомство. Время от времени можно поливать субстрат ополосками емкостей из под сметаны и кефира. Молочнокислые палочки, содержащиеся в этих продуктах – отличный корм для червей. Но нельзя поливать компост

неразведенным кефиром. Это повысит кислотность субстрата и вызовет рост плесневых грибов. Перед заселением червя субстрат должен перегнить и не содержать живых растительных клеток. Для уменьшения кислотности субстрата можно добавить в него измельчённую скорлупу яиц, смесь извести и торфа.

Подготовка вермикультиватора. В качестве вермикультиватора можно использовать пластиковые ящики небольшие или более вместительные (от 0,5 до 1,0 м²) самодельные деревянные ящики высотой 30–40 см, гряды или компостные кучи. Пластиковые ящики предпочтительнее в тех случаях, когда червей на зиму планируется переносить в теплое помещение. Ящики можно разместить в помещениях, в которых температура воздуха составляет от

+16 °С до +25 °С градусов. Идеальный вермикультиватор должен защищать червей от грызунов, особенно от кротов, и птиц, быть затемнённым, хорошо сохранять влагу и, вместе с тем, предотвращать перегрев и заливание водой во время ливней. Для защиты от грызунов на твёрдый грунт укладывается материал, изолирующий компост, населённый червями, от земли. Идеальный пол – цементный или деревянный. Но можно использовать и полиэтиленовую пленку и два слоя упаковочного картона.

Закладка червей в компост. Этот этап выращивания червей и получения качественного биогумуса требует особого внимания и подготовки. Червей заселяют вместе с питательным субстратом, равномерно распределяя их по поверхности. При закладке в компост на каждый квадратный метр закладывается 750–1500 штук червей. Черви не любят яркий свет, и поэтому ящик или компостную кучу необходимо закрыть воздухопроницаемым материалом.

Уход и подкормка. Уход за червями сводится к поддержанию температуры, рыхлению и поливу гряд (ящиков). Одно из ведущих условий в жизнедеятельности красных калифорнийских червей является влажность субстрата. Они очень чувствительны к колебаниям влажности, особенно к её снижению. Также нужно стараться поддерживать оптимальную для червя температуру 19–25°С. Нельзя поливать компост прямо из водопроводного крана из-за наличия в ней хлора. Воду нужно использовать либо дождевую или речную, либо отстоявшуюся водопроводную.

На практике степень влажности субстрата определяют следующим образом: набирают в ладонь субстрат из слоя размещения червей и сжимают в кулаке. Если между пальцами выступает влага, влажность субстрата достаточная, если выступают капли воды, то он переувлажнен, если влага не выступает – субстрат сухой, его необходимо увлажнять.

Оптимальным кормом для червей является конский навоз. Другие типы навоза подходят только при условии, если они тщательно смешаны с измельченной соломой в соотношении 5:1.

Первую подкормку червей проводят через две – три недели после заселения в компост. Операция подкормки заключается в следующем. На одну четвертую поверхности гряды или ящика наслаивают свежий питательный субстрат (корм) толщиной 5–7 см и равномерно распределяют его по поверхности. В качестве корма используется заранее подготовленный субстрат. Через 2–3 недели, по мере поедания корма червями, сверху вновь наносят 5–7 сантиметровый слой корма. На этом этапе корм наносят на поверхность, оставляя по всему периметру полосу шириной 5–7 см, который играет роль предохранительного клапана, если навоз не прошел процесс

ферментации и выделяет вредные вещества. Это проделывают каждую неделю, до тех пор, пока ящик не будет полностью заполнен или высота гряды не достигнет 50–60 см. Периодичность подкормки зависит от количества червей в ящике (в гряде) и от температуры выращивания. При приближении температуры к оптимальной (20–22 °С) количество потребляемого червями корма возрастает. Процесс получения биогумуса заканчивается, когда питательный субстрат полностью переработан и составляет, по времени, три – четыре месяца от начала заселения.

Черви нуждаются в кислороде, поэтому после достижения толщины слоя субстрата 20 см и более проводят регулярное прокалывание гряды, для чего используют деревянный кол диаметром 2–3 см или специальные вермикомпостные вилы. Прокалывание проводят 2 раза в неделю на глубину залегания червей и коконов без перемешивания слоёв компоста.

При устойчивом режиме работы червей в гряде происходит расслоение на три зоны. Первая зона – поверхностный горизонт (5–7 см) представляет собой свежий субстрат, который является кормом для червей. Его количество постоянно меняется, так как черви питаются им постоянно, а этот слой наносится периодически. Средняя зона – 10–30 см – является рабочей зоной, в которой обитает основная масса червей. Третья зона – накопитель биогумуса по мере работы червей постоянно увеличивается по высоте.

Выборка червей и биогумуса. Необходимость в выборке червей возникает, когда питательный субстрат полностью переработан, или, когда плотность червей превышает оптимальную плотность заселения (от 20 до 50 тысяч на 1 м²). Для того чтобы выбрать червей из ящика, им дают поголодать несколько дней, а затем на него ставят ящик со свежим субстратом. Черви в поисках пищи постепенно перебираются в новую емкость. Таким образом, нужно повторить выборку три раза, каждый раз оставляя ящик со свежим субстратом на неделю. Когда практически все черви из нижней емкости переберутся в верхнюю емкость, оставшийся в нижней емкости биогумус можно использовать по назначению. Правда, все равно остаются отшельники, которые будут оставаться в нижней емкости, питаясь тем, что будет стекать из верхней емкости при поливе. Их обычно остается до 5 % от поголовья. Но они не мешают использованию биогумуса.

При выборке червей из гряды им так же дают поголодать несколько дней, а затем на 1/3 площади раскладывают порцию нового корма слоем 5–7 см, в которую голодные черви перемещаются. Через два – три дня слой вместе с червями снимают. Эту операцию необходимо повторить 3 раза в течение трех недель, чтобы собрать всех червей, включая молодь, вышедшую из коконов.

Оставшийся биогумус-сырец представляет собой мажущую массу тёмного цвета, которую собирают совком, просушивают до 45–50 % влажности, просеивают через сито и фасуют для хранения. Просушенный фасованный биогумус можно хранить при температуре окружающего воздуха, от минус 20 °С до плюс 30 °С градусов.

Сохранение червей в холодное время года. В зимний период популяцию червя можно сохранить в помещении, где температура воздуха не опускается

ниже +5°C. Компост загружают в ящик или гряду размером 100×150×25 см. Червя, собранного с летней гряды переносят в зимнюю гряду. Гряду накрывают влажной тканью (лучше натуральной мешковиной) и следят за влажностью гряды, время от времени поливая ткань. Если температура в помещении +10 – +15°C, то червей время от времени подкармливают. Но в любом случае в ящике или гряде должно быть достаточно корма. Так как при повышении температуры червь начинает питаться. И если не будет хватать корма, то часть червей может погибнуть. Кроме того, в феврале у червей начинается период спаривания и размножения. Если не будет хватать корма, черви не будут откладывать коконы, значит и поголовья будет меньше.

На улице «зимник» требуется специально оборудовать. Для этого копаются яма размером 120×150 см и глубиной 35–40 см. Из вынутой земли делается обваловка высотой 30–40 см. Глубина ямы вместе с высотой обваловки должна превышать уровень промерзания грунта зимой в данной местности. Дно и стены нужно выложить твёрдым материалом, а можно ограничиться слоем полиэтиленовой плёнки или рубероида для защиты от кротов. По готовности в яму переносят червей с летней гряды.

Пространство между обваловкой заполняется слоем теплоизолирующих материалов высотой 40–50 см. (сено, солома, сухие листья). Также необходимо для предотвращения промерзания грунта утеплить яму по периметру на 1 метр. Закрывают сооружение плёнкой. По краям полезно укрыть еловым лапником, а после первого снегопада снег по краям желательнее плотно утоптать и даже пролить водой (для защиты от мышей). Выпавший снег является дополнительным теплоизолятором, и температура в зоне пребывания червей в течение зимы не опускается ниже +5 °С.

Можно просто тщательно утеплить гряду соломой и прикрыть плёнкой. Такая конструкция защитит червя в случае снежной и не очень холодной зимы. Кроме того, следует принять меры для того, чтобы в гряде не пробрались кроты и мыши, которые быстро могут уничтожить поголовье червей.

Если же зимы холодные и земля промерзает на большую глубину, то лучше не рисковать и перенести червей в теплое помещение.

Часть популяции (300–500 особей) для гарантии можно забрать домой и содержать в течение зимы при комнатной температуре, подкармливая пищевыми отходами.

Лекция 9. Культивирование олигохет

Вопросы

1. Общие сведения и особенности биологии белого энхитрея
2. Отношение к факторам среды белого энхитрея
3. Биологические особенности развития и культивирования гриндальского червя
4. Технология культивирования трубочника (*Tubifex tubifex*)
5. Культивирование аулофоруса (*Aulophorus furcatus*)

1. Общие сведения и особенности биологии белого энхитрея

Энхитреиды – одно из семейств малоцетинковых червей (*Oligocheta*), включающих в себя около 400 различных видов. Группа слабо изучена в систематическом и экологическом отношениях. Среди представителей семейства

наиболее известен белый энхитрей – *Enchytraeus albidus* Henle, называемый также горшечным червем.

E. albidus встречается не только в почвах самых различных типов, но и в пресных и солоноватых водоемах, на литорали морей, в детрите среди камней, в выброшенной на берег растительности. По своему географическому распространению энхитрей – убиквист.

E. albidus имеет стройное цилиндрическое тело белого или слегка кремового цвета, разделенное на сегменты (сомиты), число которых варьирует от 52 до 74 или от 46 до 65. По сравнению с другими видами семейства, энхитрей обладает более крупными размерами. В природных условиях их длина достигает 25–35 мм, в то время как при искусственном содержании 35–45 мм.

В отличие от других почвенных олигохет, энхитрей ведет малоподвижный образ жизни. Он обитает в местах, где накапливается значительное количество органического вещества. Здесь также откладываются коконы и происходит развитие молоди, которая также не совершает значительных перемещений. Обычно продвижение энхитрея в грунте совершается путем выедания ходов. Вместе с тем при необходимости, главным образом в тех случаях, когда черви избегают воздействия каких-либо неприятных факторов, они могут двигаться достаточно активно.

В воде энхитрей собираются в клубки – синапории. Различают пассивную форму синапорий (например, при сносе животных водой) и активную (при подсыхании почвы, воздействии освещения, понижении температуры). При этом плотность клубков тем значительнее, чем резче воздействие фактора.

В природных условиях наиболее высокая численность энхитрея отмечается осенью и отчасти весной при умеренной температуре и достаточной влажности почвы. В условиях культивирования он успешно размножается при температуре от 8 до 25 °С. Снижение температуры до 0 °С не вызывает гибели червей и их яиц, которые при постепенном понижении переносят даже отрицательную температуру.

Энхитрей – гермафродит. Самооплодотворение у энхитрея наблюдается, как исключение и это связано с одновременным развитием половых продуктов. Сбрасывание коконов происходит в верхнем 5–7 сантиметровом слое грунта, часто у самой поверхности.

При комнатной температуре новорожденные энхитрей покидают кокон на двенадцатые сутки, выползая через разрывы в его сомкнутых краях. Новорожденные особи имеют длину тела от 1 до 1,5 мм и весят около 1 мг. Они сразу же оказываются способными самостоятельно отыскивать пищу и концентрируются около нее вместе со взрослыми червями.

Темп роста белого энхитрея наиболее высок в первые 15 дней и резко падает на 21–22 день, когда наступает половая зрелость. К этому времени черви достигают длины 15–20 мм и массы 5–8,5 мг. В передней части их тела (в области XI–XII сегментов) появляется утолщение – поясok или клителлум – образующееся в результате деятельности кожных желез при половом созревании животных. По наличию пояска можно легко отличить половозрелую особь от неполовозрелой.

С наступлением периода размножения рост червей замедляется, но не

прекращается в течение всей остальной жизни. В лабораторных условиях 50 % опытных животных доживают до 200 дней. Максимальный срок жизни 313 дней.

Наиболее интенсивно энхитрей растет и размножается в культуре при плотности 400–500 г/м³ в слое грунта 12–15 см в первые 30 дней культивирования. Максимальная биомасса червей при высокой плотности составляет 2000 г/м².

В природных условиях энхитрей питается разлагающимися органическими веществами растительного и животного происхождения. Его часто относят к типичным сапрофитам, играющим роль в образовании гумуса почвы. Помимо разлагающейся органики большое значение в питании энхитрея имеют многочисленные бактерии и грибы, обильно развивающиеся в почве. Именно они и представляют основную пищевую ценность для червей.

В условиях культивирования пищей энхитрею могут служить любые продукты растительного и животного происхождения, а также культуры различных групп бактерий и грибов. Особенно успешно используются пекарские, пивные и кормовые дрожжи. Непосредственное ощущение корма проявляется у белого энхитрея на расстоянии, не превышающем 10 см. Наиболее охотно энхитрей собирается у дробины или другого корма, смешанного с дробинкой.

Хорошо концентрируются черви у мучных продуктов (овсянка, мука пшеничная, ржаная, различные крупы в виде каши). Слабее выражена реакция на такой корм как казеин, заваренные и измельченные листья растений, различные овощи. Рацион энхитрея зависит не только от вида корма, его влажности и дисперсности, но также и от доступности.

По степени использования пищи для процессов роста на первом месте стоят отруби, затем картофель, мука и хлеб. Наиболее интенсивно рост и размножение энхитреев происходит при питании мукой. Прирост биомассы в сутки при этом достигает 36,7 % от исходного веса, а суточная продукция яиц оказывается самой высокой.

При кормлении отрубями темп роста червей высокий, но активность размножения самая низкая. Животные, питающиеся хлебом и картофелем, имеют наиболее низкий темп роста, но продуцируют значительное количество яиц.

Энхитрей обладает способностью длительное время жить без пищи. При комнатной температуре он может выдерживать голод до 2,5 месяцев, теряя до 80 % массы тела.

2. Отношение к факторам среды белого энхитрея

Структура почвы. Самой благоприятной средой для жизни белого червя являются структурные плодородные почвы. В почвах с хорошей структурой встречается до 150 000 экз./м², в глинистых почвах – единичные экземпляры. В песчаных почвах черви встречаются в более глубоких слоях, в почвах лесов, где много гниющей растительности энхитрей не уходит глубже 1–3 см. Лучшие результаты культивирования были получены при использовании хорошо подготовленной земли из садов, парников и т. д. Песчаные и тяжелые глинистые почвы, содержащие малое количество органических веществ почти не применяются для выращивания энхитрея.

Влажность почвы. Не имея специальных покровов, предохраняющих тело от высыхания, энхитрей может нормально существовать лишь при условии достаточной

влажности. При снижении относительной влажности почвенного воздуха черви начинают подсыхать, теряют подвижность и, в конце концов, погибают. Подсыхание животных идет очень быстро и в течение короткого срока они погибают. Основная масса червей гибнет при потере 65 % воды тела. Подвижность животных возобновляется в нормальных условиях влажности в том случае, если подсыхание не было глубоким, а общая потеря воды тела не превышала 55 %.

Оптимальной является влажность – 22–25 %, но только в тех случаях, когда почва хорошо структурирована. Влажность грунта 8–10 % летальна для энхитрея.

Температура. В условиях культивирования энхитрей успешно развивается при температуре от 8 до 25 °С. Снижение температуры до 0 °С не вызывает гибели червей и яиц, которые при постепенном охлаждении легко переносят даже отрицательную температуру. При 0 °С энхитрей сохраняет подвижность, но активность его заметно падает. Он слабо реагирует на корм, и вероятно не размножается. При 8–10 °С черви нормально размножаются и дают ощутимый прирост биомассы. Оптимальная температура для роста и размножения лежит в пределах 15–21 °С. Повышение температуры до 22–25 °С не сказывается значительно на процессах жизнедеятельности, при 25 °С черви откладывают коконы и живут продолжительное время. Верхней температурной границей выживания энхитрея следует считать 28–29 °С, при температуре 33 °С черви погибают через 15 минут.

Свет и тепло. Энхитрей резко отрицательно реагирует на свет. Если источник тепла расположен снизу, черви активно уходят из прогреваемых слоев земли и в массе концентрируются на поверхности грунта. Наиболее чувствительна к освещению передняя часть тела, в эпидермисе которой сосредоточено наибольшее количество светочувствительных клеток.

Соленость и рН. Энхитрей является эвригалинным видом, обладающим высокоразвитой способностью к осморегуляции. По отношению к рН среды установлено, что концентрация водородных ионов не влияет на численность энхитреид, но энхитрей активно избегает щелочную зону (рН – 7,9–8,0) и в массе концентрируется в участках с рН – 6,2–6,7.

Одним из существенных факторов, определяющих плотность природных популяций энхитрея, является содержание органических веществ в почве. Наиболее благоприятные условия для культивирования создаются при частичном обновлении старой почвы путем смешивания ее со свежей в пропорции 1:1. В этом случае рост биомассы энхитрея в 5 раз превосходит рост червей в свежем и в 1,5 раза в старом грунте.

Несмотря на большую выносливость к внешним воздействиям, энхитрей обладает высокой чувствительностью к ряду химических веществ, что дает возможность использовать его в качестве тест-объекта при испытании различных препаратов.

3. Биологические особенности развития и культивирования гриндальского червя

Гриндальский червь (*Enchytraeus buchhoizi*) – это мелкий, длиной 0,5–12 мм

и диаметром 0,4 мм червячок. Он обладает огромной репродуктивной способностью – при оптимальных условиях содержания он удваивает свою биомассу за трое суток.

Для разведения гриндаля лучше всего использовать деревянный ящик размером 20×15×8 см. Использование жестяных, стеклянных, пластмассовых емкостей нежелательно из-за того, что они плохо пропускают воздух.

Ящик с культурой следует полностью прикрывать крышкой или стеклом, с тем чтобы в него не проникали насекомые. Между крышкой и субстратом в ящике должно оставаться пространство в 1–2 см. В качестве субстрата используют влажные пенопластовые плитки, общим объемом около 2 см³, или кубики рыхлого вываренного торфа.

Можно применять перегной из лиственного леса, наполовину смешанный с торфом. Также можно применять ошпаренный торфяной длиноволокнистый мох – сфагнум. Субстрат увлажняют и помещают в ящик. Затем в субстрат закладывают столовую ложку питательной смеси (мелко перемолотые и ошпаренные кипятком спиртовые дрожжи с овсяными хлопьями), перемешивают ее с субстратом и после этого вносят культуру червей. Кормить червей желательно каждый день, в крайнем случае не реже одного раза в два дня.

Один раз в неделю в смесь необходимо добавлять витамины или рыбий жир, молоко и сахар. В смесь можно добавлять тщательно перемолотую пророщенную пшеницу, зерносмесь, овсяную муку, кефир, детское питание на основе овсянки, толокно. Хорошие результаты дает использование добавки в виде смеси сыра с крапивой (сыр неострый и нежирный). Для этого сыр необходимо подсушить, натереть на терке, затем высушить, перемолоть в муку, перемешать с порошком сухой крапивы в соотношении 5:1, смочить водой и внести в субстрат.

Оптимальная температура для разведения гриндаля 18–24 °С. При температуре 14 °С размножение червей прекращается, при температуре 30 °С и выше гриндаль, спасаясь от жары, покидает ящик. При температуре 26 °С усиливается размножение червей, но одновременно возникает опасность быстрого размножения клещей, часто попадающих в культуру с торфом или мхом. Появление клещей приводит к исчезновению гриндаля. Разделить клещей и червей можно, поместив их в стакан с водой. Гриндаль в воде опускается на дно, а клещи всплывают. Субстрат и ящик следует простерилизовать, опустив в кипящую воду, просушить и после этого можно возобновить в нем культуру гриндаля.

Перед скармливанием рыбам червей отделяют от субстрата. Для этого помещают субстрат с червями в капроновое сачке в воду, сквозь который черви при намачивании попадают в воду. Гриндаль в воде остается живым в течение суток.

Хранить большое количество червей можно в помещении с температурой 0 °С до 100 дней при плотности 4–5 кг на 1 м².

4. Технология культивирования трубочника (*Tubifex tubifex*)

Ценным универсальным кормом для рыб с усвояемостью 71–85 % является обыкновенный трубочник (*Tubifex tubifex*). Он относится к типу кольчатых червей, классу поясковых червей, отряду *Haplotaaxida*, семейству *Naididae*, роду *Tubifex*. Им кормят как мальков, так и взрослых рыб. О питательной ценности трубочника можно судить по данным, приведенным в табл. 4.

Трубочник – обитатель мелководных участков медленно текущих ручьев и рек,

каналов и водоемов со стоячей водой. Наибольшие скопления его бывают в местах сброса вод со скотных дворов, пивоваренных заводов и других пищевых предприятий. Трубочники – типичные донные животные, могут жить не только в илестом, но и в песчаном грунте.

Таблица 4. Химический состав основных кормовых объектов, %

Кормовые объекты	Углеводы	Жиры	Белки	Минеральные вещества	Вода
Трубочник	3	2	8	1	86
Мотыль	4	2	8	1	85
Дафнии	4	0,5	4	1,5	90

Представители семейства *Tubificidae* обладают длинным и тонким нитевидным телом, обычно красноватого цвета, состоящим из большого количества сегментов. Длина червей составляет от 20 до 70 мм. Трубочники питаются в основном органическими остатками грунтов водоемов, пропуская через себя за сутки такое количество грунта, которое превышает их собственную массу во много раз. При этом грунт минерализуется и освобождается от остатков органического происхождения. Таким образом происходит биологическое самоочищение загрязненных водоемов.

Трубочник – культура эвритермная. При температуре 1–4 °С животные дают потомство, но развитие идет очень медленно. Трубочник живет до 4–6 лет. Половая зрелость наступает в возрасте 2–3 месяцев. Трубочники – гермафродиты. Размножается трубочник только половым путем, в основном в летние месяцы. В коконах содержится по несколько яиц (1–8), из которых уже через месяц появляются маленькие трубочники.

Среди известных способов культивирования тубифицидов надежного способа до сих пор не разработано. Тем не менее его успешно культивируют в проточной воде на органических отходах (коровьем навозе). В таких установках на 1 кг трубочника требуется 18 кг навоза и 38 л воды.

6. Культивирование аулофоруса (*Aulophorus furcatus*)

Новым кормовым объектом, который мог бы заинтересовать рыбоводные хозяйства и уже получившим признание у аквариумистов, является червь *Aulophorus furcatus*.

Aulophorus furcatus относится к семейству *Noididae* – водяные змейки. Обитают они на илистых грунтах в пресных водоемах, питаются илом, гниющими растениями и другой доступной органикой. Длина взрослых особей 10–20 мм, толщина около 0,2 мм. Как большинство олигохет аулофорус – гермафродит. В отличие от трубочника половым путем размножается редко. Обычно же взрослые особи делятся пополам или на большее число особей.

Характерной особенностью аулофоруса является наличие жабр. Жаберные придатки расположены на расширении вокруг анального отверстия на конце тела.

Аулофорус может образовывать колонии на питательном субстрате. Передняя часть тела червя погружена в субстрат, а задняя с жабрами находится в воде. Дыхательных колебаний, как трубочник, он не совершает. Брошенные в сосуд с водой черви расплываются во все стороны, а в дальнейшем концентрируются небольшими клубочками у поверхности воды, вдоль стенок или на дне сосуда. Исходную культуру червей можно найти в сильно загрязненных природных водоемах (пробы тщательно отбирают под микроскопом).

Культивирование аулофоруса помогает решить проблему выкармливания мальков, особенно в зимнее время. На таком корме мальки растут очень быстро и по своим размерам различаются весьма незначительно. В колониях аулофоруса постоянно присутствует большое количество мельчайших водных животных – различных инфузорий, коловраток и прочих организмов, которые также являются отличным стартовым кормом.

Для небольшого аквариумного хозяйства культивировать червей удобно в прямоугольной столитровой емкости. Этого достаточно, чтобы обеспечить кормом 500–1000 мальков в месяц. Можно использовать и низкие кюветы с уровнем воды 1,0–1,5 см. Размеры кювет зависят от того, какое количество культуры необходимо. Лучше иметь несколько небольших кювет, чтобы сохранить культуру.

В лабораторных условиях в качестве корма используют морковь, травяную муку, крапиву, клевер, банановые корки, мякоть тыквы и т. д. Лучше использовать комбинированные смеси: травяная мука – 500 см³, клевер луговой – 300 см³, морковь – 100 см³, дрожжи пивные – 100 см³, дафния – 5 см³, минеральные удобрения – 2 г, глюкоза – 5 таблеток.

Все сухие составные части тщательно замешивают на крутом кипятке до консистенции очень густого теста. Затем смесь снова высушивают или хранят в таком виде в холодильнике.

Воду берут только из аквариума или водопроводную, отстоянную не менее двух суток.

Черви отрицательно реагируют на свет.

Десятилитровую емкость заливают водой и устанавливают аэратор (иначе при большом количестве органики вода испортится и черви погибнут). На поверхность воды помещают рамку из пенопласта, на которую натянута сетка из капрона № 40–64 в один или несколько слоев. На сетку один раз в 2–3 дня кладут корм. Первую партию корма вносят одновременно с культурой червей. Для начала достаточно буквально 2–3 десятка особей, которые очень быстро разрастаются в колонию. На 10 л воды оптимальной является биомасса червей в 100–150 г. При большой плотности культура погибает. В процессе выращивания необходим постоянный отбор червей, что стимулирует их размножение.

Уход за культурой несложен. Оптимальная температура 25–28 °С. Основное требование – систематическая подкормка и смена воды. Корм следует давать понемногу, добавляя его по мере поедания. Воду надо менять через один-два дня (от 1/2 до 4/5 объема). Очень быстро вода приобретает темный зеленовато-коричневый оттенок, но на культивировании червей это не отражается. Культиватор нужно плотно закрывать стеклом. Как правило, черви концентрируются на нижней стороне плавающей кормушки или на дне. При недостатке кислорода они поднимаются вверх и

розовыми клубками собираются у стенок и на поверхности кормушки. В это время удобнее всего брать червей для кормления рыб. Достаточно уменьшить аэрацию для получения необходимого количества червей. Перед скармливанием их рыбам червей помещают в небольшую пробирку, наполненную на 2/3 водой, где они собираются в клубочек. Если кормят рыб, которые берут корм в толще воды, клубочек разбивают. Для этого пробирку тщательно встряхивают, пока черви не распределятся равномерно в воде, а затем выливают содержимое в аквариум.

По скорости размножения аулофорус – рекордсмен. Через каждые пять суток количество червей удваивается, если есть колония червей биомассой 100–200 г, то без всякого ущерба из нее можно ежедневно изымать 20–40 г аулофоруса. Для самых молодых мальков червей можно порезать на кусочки, при этом несъеденные остатки червей могут регенерировать и превращаться в новую особь.

При разведении аулофоруса аквариумистами самым простым известным и популярным способом является культивирование его в полуводной среде на поролоновой губке, где выступающая часть губки остается не затопленной водой на 2–3 мм.

Губку укладывают в небольшой пластиковый контейнер обязательно с закрывающейся крышкой, в которой для поступления воздуха проделывают несколько небольших отверстий. В корм аулофорусам можно использовать спирулину, травяную муку, кусочки вареной моркови, кабачков, капусты, кожуру бананов и т. п.

Считается, что аулофорусы больше всего обожают овсяную муку. Кормить аулофорусов нужно небольшими порциями, рассыпав корм по поверхности губки. Повторно вносить корм необходимо только тогда, когда он полностью или почти полностью будет съеден. Если в корм используется овсяная мука или спирулина, насыпать их можно небольшими кучками в центр или в разных местах губки. На мокрой поверхности мука и спирулина быстро размокают и становятся доступными для поедания червями. Черви аулофорусы собираются вокруг корма и постепенно его съедают. По мере разведения червей корм поедается ими быстрее и кормление нужно повторять чаще.

При культивировании аулофоруса важно, чтобы отверстия были наименьшего диаметра, в контейнере не поселились пищевые конкуренты, например, плодовые мухи, избавиться от которых будет непросто.

Для разведения аулофоруса лучше подходит вода аквариумная, а наливать ее нужно в контейнер столько, чтобы выступающая часть губки оставалась не затопленной водой на 2–3 мм. Черви аулофорусы живут в губке, заполняя ее микроскопические пустоты, но питаются они выбираются на не покрытую водой поверхность.

Уход за аулофорусом связан с частичной промывкой губки и полной подменой воды в контейнере.

Лекция 10. Культивирование свободноживущих нематод

Вопросы

1. Общие сведения и биология развития нематод
2. Методы культивирования нематод
3. Культивирование нематод в лабораторных условиях

1. Общие сведения и биология развития нематод

Тип нематод (*Nematodes*) или круглых червей насчитывает около 8000 видов, паразитально сходных между собой по общему построению тела. Некоторые из них живут в морской, другие в пресной воде, в почве или паразитируют в животных или растительных организмах. Тело нематод, удлинненное цилиндрической формы, заострено на обоих концах и покрыто слоем плотной кутикулы. У нематод никогда не бывает никаких ресничек, они не имеют кольцевых мышечных волокон, а только продольные, они могут сгибаться и плохо плавают, несмотря на энергичные сгибательные и разгибательные движения. Нервная система нематод состоит из продольных нервных стволов и окологлоточного кольца. Пищеварительная система включает переднюю (с пищеварительными железами) среднюю и заднюю кишку. Нематоды дышат всей поверхностью тела. Большинство нематод раздельнополы. Самцы отличаются от самок по внешнему виду и строению. Самцы меньше, более стройные, задний конец их загнут. Оплодотворение и эмбриональное развитие внутреннее. Сформировавшаяся молодежь выходит во внешнюю среду.

Свободноживущие нематоды (тип *Nemathelminthes*, класс *Nematoda*) широко распространены в почве и различных водоемах. Некоторые из них благодаря малым размерам хорошо доступны личинкам рыб. Культивирование мелких нематод из родов *Panagrellus*, *Rhabditis* и

Turbatrix осуществляется аквариумистами-любителями.

2. Методы культивирования нематод

Культивирование осуществляют или на почвенном субстрате, куда вносят корм для червей или непосредственно в корме, без почвенного субстрата, т. е. существует два способа культивирования нематод:

- непосредственно в корме;
- на почвенном субстрате.

Для культивирования нематод можно использовать заваренную овсяную крупу, разваренные овощи. К этим средам целесообразно добавлять немного молока. Для лабораторного культивирования рекомендованы специальные среды, в частности, содержащая аминокислоты, 4%-ый соевый пептон, казеин и препарат из печени.

Для массового культивирования рекомендуются среды из овсяной или ячменной муки и фуражного овса. Пищевой субстрат должен быть достаточно густым, так как на слишком жидком субстрате развивается бактериальная пленка, подавляющая развитие червей. Для приготовления пищевого субстрата нужной концентрации в 1 л кипяченой воды заваривают 150 г овсяной крупы или 200 г овсяной муки или 300 г фуражного овса или 250 г ячменной муки.

Фуражный овес проваривают в течение 40–50 мин, остальные продукты в течение 7–10 мин. Питательную среду раскладывают слоем 1,0–1,5 см в кюветы, которые могут быть изготовлены с различного материала. Удобны эмалированные кюветы размером

33×43 см. Кюветы с культурой червей закрывают стеклом и размещают многоярусно на стеллажах.

При зарядке в каждую кювету указанного размера вносят 1,5–2 л приготовленной среды и распределяют ее равномерно по дну, на поверхность вносят слой старой культуры, содержащей червей или чистую зарядку нематод, из расчета 300 экз/см² или 400 тыс. особей на одну кювету.

Оптимальный температурный режим культивирования 18–20 °С. Разведение этих нематод возможно и при более низкой температуре, 7–10 °С. При температуре 18–20 °С культура созревает на 10–11 день, достигает максимального развития на 15-й день и угасает через 35–40 дней. При ухудшении состояния культуры следует произвести ее перезарядку. Регулярная подкормка, начиная с 20–25 дня сухими овсяными хлопьями из расчета 300–500 г/м² выростной площади, позволяет продлить срок существования культуры до трех месяцев. Для отбора червей, в питательную среду помещают брусочки с гладкой поверхностью. При большой плотности популяции черви выползают на них, и их можно собирать с этих брусочков лопаточкой. Наиболее высокая среднесуточная продукция нематод 75 г/м² получена при использовании в качестве субстрата овсяной крупы. При высушивании и при низких температурах культуру нематод можно хранить до 1,5–2 лет.

Очень популярен способ разведения уксусной нематоды на почвенном субстрате при кормлении кефиром. Обычный глиняный горшок наполняют смесью: 50 % чернозема, 30 % песка, 20 % торфа и мха. Все компоненты кипятят отдельно 10 минут и затем перемешивают. Для постоянного увлажнения ставят культуру на блюдце с водой, сверху на смесь помещают культуру, заливают тонким слоем кефира и покрывают горшок стеклом. Червей подкармливают кефиром несколько раз в неделю.

Нематоды еще не нашли широкого применения в производстве, но при дальнейшем развитии работ в этом направлении и производственном освоении метода их можно будет широко использовать в качестве стартовых кормов для личинок рыб.

3. Культивирование нематод в лабораторных условиях

Уксусные нематоды (*Turbatrix aceti*, *Turbatrix silusae*) обычно заводятся в непастеризованном уксусе. Размер микрочервя, или уксусной угрицы, 1–2 мм. Они раздельнополые, живородящие. У самок яйца развиваются восемь дней. После развития яиц внутри самки хорошо видны скрученные спиралью молодые особи.

Живут и размножаются нематоды в условиях уксусного брожения. Культивируется микрочервь на кашицеобразном толокне, геркулесе, булке, смоченной в молоке или воде, на тертой моркови и т. д.

Для разведения используют эмалированные, стеклянные или пластмассовые кюветы с крышкой. Перед применением их необходимо сполоснуть кипятком. При культивировании микрочервя необходимо соблюдать стерильность, поскольку при обрастании кашицы плесневыми грибами культура микрочервя полностью гибнет.

На внутреннюю поверхность крышки кюветки приклеивают кусок

поролон, который смачивают в воде, создавая таким образом влажную среду в кюветке. Кюветку устанавливают в наклонном положении. В нижнюю половину кюветки помещают сметанообразную массу толокна. Толокно предварительно заваривают в кипятке, размешивают, остужают и добавляют мелко натертую морковь, а также поливитамины. В качестве витаминных добавок можно использовать растертую внутреннюю часть таблетки гендевита, ревита, ундевита или премикс.

На поверхность этой кашицы наносится культура червя. Через 2–3 дня при температуре 20–22 °С происходит бурное развитие микрочервя. Червячки выползают на влажные участки стенок и свободные части дна кюветки, оттуда их снимают кисточкой и переносят в стакан с водой для отмывания от кислоты.

Перезарядку культуры делают через 1–3 месяца (когда сметанообразная масса становится жидкой).

Микрочервя также разводят на густо сваренной овсянке, на кашнице, состоящей из хлеба и молока, или мякише белого хлеба. Мякиш белого хлеба мочат в кипятке, отжимают и помещают в кюветку. На его середину помещают культуру и закрывают стеклом.

Отлично разводится червь на тертой моркови. Для этого морковь ошпаривают кипятком, натирают на мелкой терке, отжимают от сока и помещают в кюветку. Далее на нее помещают промытых микрочервей. Они быстро размножаются, имеют красный цвет и хорошо поедаются мальками всех видов рыб.

Недостатком этого метода является быстрое протухание или зарастание моркови плесневелыми грибами. Хороших результатов можно добиться при добавлении моркови в другие среды.

Можно разводить червя на тертом сыре. Для этого кусочки торфа хорошо вываривают и укладывают в один слой в кюветку, вносят культуру червей, посыпают тертым сыром, увлажняют из пульверизатора и прикрывают крышкой. Периодически в кюветку необходимо вносить свежий сыр и увлажнять ее.

Скармливать микрочервя малькам, которые держатся в толще воды, необходимо небольшими дозами, так как они быстро оседают на дно.

Панагрелл (*Panagrellus redivivus*) встречается в местах избыточной влажности: под пивными бочками, на свалках среди гниющей растительности, в бродящих субстратах.

Размер его 1,5–2,5 мм. Существует половой деморфизм: самцы мельче, стройнее самок, имеют загнутую в спираль хвостовую часть. В культуре на одного самца приходится четыре самки, при угасании культуры – две. Половозрелость наступает на 3-й день, черви живородящие. Развитие яиц при температуре 20–22 °С длится 2–2,5 суток. В пищу используют овсяную или ячневую крупу, заваренную в виде кашицы. Обычно в 1 л кипящей воды вносят 200 г овсяной муки, или 150 г овсяной крупы, или 300 г фуражного овса, или 250 г ячменной муки и варят эту массу 7–10 минут (фуражный овес – 40–50 минут), затем остужают. Можно использовать вареные овощи с микродобавкой молока, витаминов, печеночного экстракта. Методика культивирования, как у микрочервя. Пересев культуры проводят через 20–40 дней.

Лекция 11. Культивирование личинок насекомых

Вопросы

1. Особенности биологии, развития и размножения хирономид
2. Пищевая ценность личинок хирономид
3. Метод массового заводского культивирования хирономид, предложенный А. С. Константиновым
4. Заготовка и использование личинок хирономид
5. Способы повышения биомассы личинок насекомых в прудах

1. Особенности биологии, развития и размножения хирономид

Многие насекомые являются хорошим кормом для рыб. Рыбы поедают не только личинок насекомых, обитающих в водоеме, но и взрослых, попадающих на их поверхность. В практике рыборазведения чаще культивируют насекомых, личинки которых живут в воде.

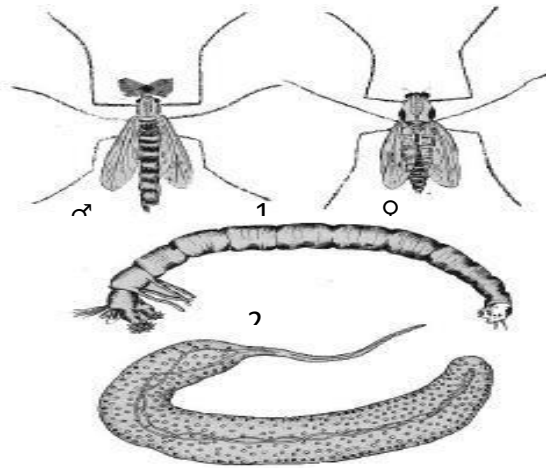


Рис. 12. Хирономиды:

1 – взрослые насекомые; 2 – личинка; 3 – кладка яиц

Хирономиды относятся к насекомым с полным циклом превращения (рис. 12). На стадии личинки и куколки обитают в воде, а на стадии взрослого насекомого (имаго) ведут наземный образ.

Личинки хирономуса (*Chironomus*) обитают в иле стоячих водоемов и относятся к категории полисапробных организмов, т. е. таких, которые переносят значительное повышение содержания органического вещества.

Взрослые особи *Ch. dorsalis* живут 3–5 дней, в течение этого периода не питаются. Спаривание половозрелых особей происходит в воздухе, обычно в утренние и вечерние часы при тихой погоде. На высоте 2–3 м самцы образуют рой, в который время от времени влетают самки и тотчас вылетают назад после копуляции, длящейся не более 1–2 секунд. Самцы способны к единичному половому акту, самки откладывают яйца лишь один раз в жизни. Гибель комаров обусловлена нарушением кровообращения после выхода из брюшной полости половых продуктов.

Яйца хирономуса коричневого цвета, диаметром 0,31–0,36 мм, заключены в слизистую яйцекладку. Яйцекладка имеет цилиндрическую форму, на одном конце вытянута в эластичный слизистый тяж, с помощью которого она прикрепляется к твердым предметам и держится в поверхностном слое воды. Яйцекладка может достигать, длины 20 мм и ширины 3–5 мм, в ней может находиться до 800–900 яиц.

Развитие яиц летом продолжается 2–3 дня, личинки после выклева еще около суток остаются в слизи кладки, а затем выходят наружу и ведут свободный образ жизни. Сначала они держатся в толще воды, затем опускаются на дно, строят домики и ведут донный образ жизни. Личинка хирономуса темно-красного цвета, ее тело разделено на голову, три грудных и десять брюшных сегментов. На переднем грудном и заднем брюшном сегментах расположено по паре ложных ножек, вооруженных крючками. Они играют роль при движении, захвате пищи, плетении паутинных нитей, фиксировании личинок в домике. Личинки имеют развитую кровеносную систему, сердце, центральную и периферическую нервную систему, и другие органы, обеспечивающие их нормальную жизнедеятельность. Питаются личинки бактериями, водорослями и детритом. Длительность личиночного развития зависит от температур, условий питания и других факторов. При оптимальных условиях личинки превращаются в куколки через 12–13 дней, в наших условиях 30–40 дней при низких температурах несколько месяцев.

Личинки могут жить в диапазоне температур 0–37 °С, но оптимальная – 18–20 °С. Они очень устойчивы к понижению содержания растворенного в воде кислорода и могут жить несколько часов в бескислородной среде, переносят довольно большие колебания рН среды. Оптимальными являются: содержание кислорода – 7–8 мг/л и рН – 7. Личинки очень чувствительны к содержанию в воде нефтепродуктов и других вредных веществ.

Через 12–13 дней, при оптимальных условиях, личинки перестают питаться и начинают окукливаться. Куколка лежит в том же домике где находилась личинка, движениями брюшка, поддерживая ток воды в трубке (обеспечивая требуемый кислородный режим). Стадия куколки длится летом 2–3 дня, после чего происходит вылет комара. Взрослые насекомые сидят на траве и кустах в прибрежье водоема. Зимуют животные в стадии личинки.

2. Пищевая ценность личинок хирономид

Личинки хирономид по своим пищевым качествам являются высокоценным живым кормом для большинства видов рыб. Они отличаются высокой калорийностью, благоприятным соотношением в теле азотистых, безазотистых и минеральных веществ, содержанием большого числа аминокислот. Тело личинок хирономид содержит большое количество белков, углеводов и минеральных веществ (табл.5). В зольном остатке содержится значительное количество фосфора и железа.

Таблица 5. Химический состав тела личинок хирономид

Содержание, %		Содержание в сухом веществе, %					
воды	сухого вещества	сырого протеина	жира	зола	углеводы	кальций	фосфор

87–88	11–13	56–62	2,8–4,3	5–12	26–30	0,17	7,1
-------	-------	-------	---------	------	-------	------	-----

Белки имеют полноценный состав аминокислот (табл. 6).

Таблица 6. Содержание аминокислот в белке личинок, %

Тирозин	Триптофан	Аргинин	Гистидин	Цистин	Метионин
3,16	2,06	4,75	2,38	1,05	1,48

Отличаются хирономиды и относительно большим количеством витаминов. Рыбки, выращенные на мотыле, имеют значительно более высокие содержания гемоглобина, в сравнении с рыбками которые получали энхитрид. Энхитриды могут вызывать ожирение, при кормлении хирономидами этого не наблюдается.

Кормовой коэффициент культивируемого мотыля, скармливаемого молоди осетра в первые 7 дней от начала активного питания равен 2, в возрасте 10–15 суток – 2,3 и по мере роста повышается до 20–30 дней до 2,9 и 3,7 соответственно. То есть он сходен с кормовым коэффициентом энхитриид и в 2,5 раза выше чем у ракообразных.

3. Метод массового заводского культивирования хирономид, предложенный А. С. Константиновым

Массовое культивирование личинок насекомых в качестве корма для рыб связано с большими трудностями, обусловленными особенностями их биологии и жизненного цикла.

А. С. Константиновым был предложен промышленный метод выращивания хирономид.

Для этого метода нужно два цеха (два изолированного помещения):

- цех создания и поддержания маточного роя комаров (маточный цех);
- цех выращивания личинок хирономид (выростной цех).

В маточном помещении комары роятся и откладывают яйцекладки в стеклянные и эмалированные кюветы с чистой водой. Площадь кювет 0,1 м², высота 4–5 см, слой воды 2–3 см.

В одну кювету ежедневно может быть отложено 500–800 кладок, что является достаточным для выращивания 1 кг личинок хирономуса. Нельзя допускать, чтобы за пределами кюветы в маточном помещении были серые места, т.к. комары могут откладывать там яйцекладки. Каждый день (лучше к его середине, чтобы не мешать роению, более интенсивному утром и вечером), кюветы ставят на стол и из них выбирают яйцекладки. При небольших масштабах культивирования их собирают пинцетом, яйцекладки необходимо брать чуть выше уреза воды, где они прикреплены к стенке. Если брать за свободный конец, кладки часто рвутся на части. При промышленном объеме производства по урезу воды в кюветы помещают целлулоидную ленту. Кладки снимаются с ленты, протягивая ее через узкую щель. После отбора кладок кювету моют и заливают чистой водой. Яйцекладки отбирают в фаянсовые чашки или мелкую стеклянную посуду со слоем воды 0,5–1 см, при норме 1 яйцекладка на 1 см² дна, и ставят на инкубацию. Инкубация длится при оптимальной температуре (20 °С) около трех

суток. При температуре – 30 °С – 50–51 сутки. Оптимальное значение содержания кислорода 8–9 мг/л, допустимо понижение до 5–6 мг/л, но при показателе 1–1,2 мг/л яйца погибают.

Перед завершением инкубации 85–90 % кладок яиц переносят во второй цех. Остальные 10–15 % оставляют для воспроизводства маточной культуры.

В выростном помещении расположены установки для выращивания личинок (рис. 13).

В качестве выростных площадей используются кюветы высотой 2,5–3 см площадью 0,2–0,25 м² и приблизительным соотношением сторон 3:4. Изготовлены они из оцинкованного железа. Переднюю стенку желательно делать скошенной.

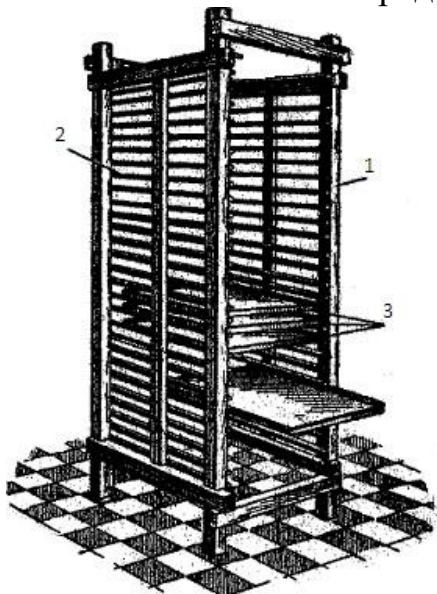


Рис. 13. Схема установки для выращивания хирономид: 1 – стойка каркаса; 2 – опора для кювет; 3 - кюветы

Кюветы располагаются многоярусно в специальных каркасах – деревянных или металлических. Просвет между кюветами, располагаемыми в каркасе по вертикали друг над другом, 3–4 см. Конструкции каркаса могут быть различными, но должны предусматривать удобства для обслуживания и в наибольшей степени обеспечивать строгую горизонтальность размещаемых в каркасах кюветов.

В маточном помещении находится подобная установка. Разница лишь заключается в том, что просвет между кюветами, расположенными в каркасе по вертикали больше и составляет 5–7 см и нижняя кювета помещается на уровне 40–50 см от пола (чтобы комары не могли делать в них кладки).

Выростные кюветы заполняют наполовину грунтовой массой, которая приготавливается размешиванием ила с водой до получения гомогенной массы. В производстве иногда используют иломешку. Когда грунтовая масса, налитая в кюветы, немного отстоится (2–3 часа), производится внесение на нее накладок при плотности 100–150 на 1 м².

В качестве корма для личинок применяются сухие белковые дрожжи, вносимые на выростные площади каждые 3–4 дня, причем дачи корма постепенно возрастают соответственно росту личинок (табл. 7).

Таблица 7. Расход кормовых дрожжей в зависимости от времени развития личинок в маточном помещении

Дни от зарядки	1	4	7	10	13	18	23	28	32
Норма внесения дрожжей, г/м ²	5	12	25	35	35	25	20	15	10

В маточном помещении в кюветах личинки вырастают до стадии куколки и вылета. Поскольку вылет происходит не одновременно, кормление производится до вылета последних комаров. После превращения всех куколок во взрослых насекомых кюветы перезаряжают.

Основную массу кладок переносят в выростное помещение. Где кормление также проводится кормовыми дрожжами. При температуре 20–22 °С рекомендуют следующие сроки и нормы внесения корма (табл. 8).

В выростном помещении нельзя допускать окукливания. Если температура ниже 17–18 °С рост личинок идет медленно, корм следует вносить в тех количествах, но через 4 дня.

Таблица 8. Расход кормовых дрожжей в зависимости от времени развития личинок в выростном помещении

Дни от зарядки	1	4	7	10	13–15
Норма внесения дрожжей, г/м ²	5	15	30	45	45

Корм вносят путем рассеивания порошка дрожжей по поверхности грунта вручную или механически. Необходимо следить за тем, чтобы над поверхностью ила не было слоя воды, нельзя допускать перекося кювета. Опасно также пересыхание ила. Основным показателем ухудшения режима среды в культуре является массовый выход личинок на поверхность грунта.

За два три дня до отбора личинок внесение корма прекращают. Выращивание личинок продолжается 16–17 дней. Для отбора их из грунта содержимое кювета процеживают через сито с ячейей 0,7–0,8 мм. Ил проходит через ячейю сита, а оставшихся на сите личинок отмывают, взвешивают и используют для кормления рыб. Отбор можно производить при помощи сетчатых устройств: барабаны, сачка и других приспособлений. Данный способ позволяет получать до 34 г личинок хирономид в сутки с 1 см².

Добываемые или искусственно выращиваемые хирономиды идут в корм молоди рыб в чистом виде или в кормовой смеси желатином.

4. Заготовка и использование личинок хирономид

Личинки хирономид (мотыль) является прекрасным кормом для большинства видов рыб, поэтому их заготавливают в природных водоемах. Наибольший интерес для кормления взрослых рыб имеют личинки комаров-

звонцов *Chironomus plumosus*, размер которых достигает 20–25 мм. Однако добывают и более мелких личинок.

Массовый вылет комаров начинается со второй половины мая по июнь включительно. Наиболее благоприятные периоды для заготовки личинок хирономид – ранняя весна (сразу же после схода льда) до вылета первой генерации. Второй период промысла следует начинать с середины августа, вплоть до зимы. Особенно интенсивно заготовка должна осуществляться теплой осенью, т. к. в этих температурных условиях возможен очередной вылет комаров.

Наиболее излюбленные биотопы обитания личинок комаров – прибрежные илы на границе барьера водной растительности на глубине 1,2–2,0 метра. Эти глубины не промерзают, поэтому личинки в массе скапливаются в этих местах. В таких биотопах биомасса личинок хирономид может достигать несколько килограммов на 1 м².

Для заготовки личинок хирономид пользуются черпаком с более или менее длинной ручкой, либо ведром на веревке и специальными ситами (в простейшем случае – решетом). Черпаком со дна зачерпывают ил и помещают его небольшими порциями в решето. При помощи вращательных движений избавляются от мелких частиц ила, после чего в решете остаются личинки и крупные частицы (грунт, растения, моллюски и др.). Сита на некоторое время вынимают из воды, затем опять осторожно опускают в воду. При этом некоторые личинки всплывают и их собирают небольшим черпаком. Повторив это несколько раз, в сито набирают новую порцию ила для промывки.

Добытый таким способом мотыль имеет значительную примесь различного мусора. Для получения чистых личинок их помещают в сито с отверстиями такой величины, чтобы они могли пролезть через них; сито ставится на таз с водой так, чтобы оно касалось дном воды. Личинки через отверстия выползают в воду, и падают на дно таза. Затем их собирают сачком и помещают в холщовую тряпку. Этот метод можно использовать для отделения живых личинок от погибших.

Для хранения живого мотыля можно пользоваться разными способами. Наиболее простой – хранение во влажной холщовой тряпке или мешковине в нижней части холодильника; при этом личинок надо располагать слоем не более 1 см. Слегка влажный мотыль можно поместить в плотно закрытый сосуд. Эти способы дают возможность сохранить мотыля в течение двух недель.

Хорошо сохраняются личинки при содержании их в низких сосудах с ежедневно сменяемой водой. Особенно благоприятные результаты получаются при содержании их в мелком песке с водой. Промытый песок располагают слоем 1–2 см в низком сосуде, заливают водой на 1–2 мм выше его уровня и в него помещают личинок хирономид. Живые личинки быстро закапываются в песок. При необходимости песок пропускают через сито, через которое он проходит, а личинки остаются. Личинок хранят в холодильнике при температуре 3–5 °С. Большие партии личинок сушат или замораживают.

Скармливают личинок рыбам, помещая их в плавающие кормушки с отверстиями внизу, через которые мотыль медленно выползает в аквариум или бассейн. Личинки, которые зарываются в грунт чаще всего погибают и, разлагаясь, портят воду.

5. Способы повышения биомассы личинок насекомых в прудах

Для увеличения кормовой базы рыбоводных прудов используют метод

привлечения насекомых на свет. Насекомые при использовании соответствующих ламп летят с расстояния 1 км и более. Привлеченные таким образом насекомые спариваются и откладывают в водоем яйца, другие падают в воду и становятся кормом для рыб. Кроме того, насекомых можно отлавливать специальными ловушками и скармливать их рыбам.

Для улучшения условий, обеспечивающих массовую кладку яиц комарами, в прудах оставляют небольшие участки невыкошенной растительности (камышы, рогоза, тростника и др.). Эти места являются местом роения комаров. Если же пруды не зарастают растениями, то используют пучки соломы или небольшие плавающие сетчатые деревянные рамы, на которые укладывают тонким слоем скошенную наземную растительность. Рамы с растительностью устанавливают в разных местах каждого пруда. Роение и спаривание комаров происходит на заре и в сумерках.

Лампы устанавливают на разделительных дамбах прудов около водной растительности или искусственных растительных субстратов, что необходимо самкам комаров для откладывания яиц. Привлечение комаров на свет увеличивает в 5–10 раз численность и биомассу личинок хирономид в прудах. Устанавливают люминесцентные лампы на прудах из расчета 1 лампа на 1–1,5 га прудовой площади.

Лёт насекомых начинается при температуре не менее 15 °С. Привлекаются на свет представители 11 отрядов насекомых: двукрылые, ручейники, поденки, жуки, клопы, бабочки, перепончатокрылые, равнокрылые, сетчатокрылые, прямокрылые. На 1 м² может прилететь более 3 тысяч поденок, 150 ручейников, 22 тысячи комаров разных видов, 240 бабочек и других насекомых, составляющие за одну ночь около 100 г/м².

Благодаря применению этих простейших способов привлечения комаров к прудам можно значительно повысить кормовую базу и тем самым улучшить условия питания рыб. Так, общая масса насекомых, привлеченных на свет за сезон на площади 1 га, может достичь 1 тонны.

Лекция 12. Пути изменения структуры пресноводных биоценозов и повышение продуктивности прудовых экосистем

Вопросы

1. Продукционно-деструкционные процессы в водоемах
2. Воздействие на биотоп
3. Воздействие на биоценозы
4. Интродукция кормовых беспозвоночных
- 5.

1. Продукционно-деструкционные процессы в водоемах

Продуктивность водных экосистем зависит от образующегося в процессе фотосинтеза органического вещества (первичной продукции), от органического вещества, принесенного извне в водную экосистему, и от интенсивности процессов утилизации и минерализации органического вещества, от комплекса биотических и абиотических факторов. При слабой утилизации органическое

вещество оседает на дно водоема, поглощает кислород, ухудшает кислородный и таким образом, способствует уменьшению продуктивности. По мере накопления в водоемах неиспользованного органического вещества происходит старение экосистем. Старение происходит медленнее, когда основными продуцентами органического вещества являются планктонные водоросли. По сравнению с высшими водными растениями фитопланктон быстрее потребляется растительноядными беспозвоночными и быстрее минерализуется.

Однако и при высоком развитии фитопланктона, но слабом его потреблении растительноядными беспозвоночными значительная часть первичной продукции также остается недоиспользованной и отлагается на дне водоема.

Характер продукционно-деструкционных процессов, происходящих в водоеме, можно проиллюстрировать схемой (рис.14).

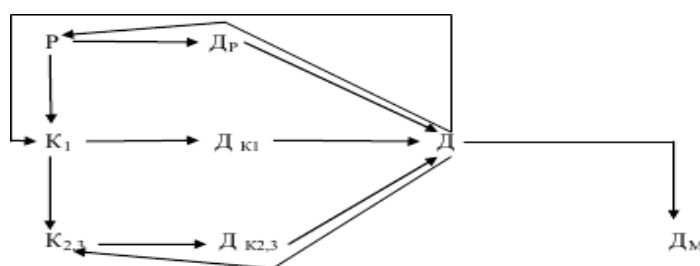


Рис.14. Схема продукционно-деструкционных процессов, происходящих в водоеме

Проходя по звеньям пищевой цепи Р-К₁-К₂-К₃, образованное в результате фотосинтеза органическое вещество трансформируется и определяет продуктивность экосистемы. Продукция, выраженная в массе рыб и промысловых беспозвоночных, используется в хозяйственных целях. Эту линию называют продукционной.

По второй линии – деструкционной – процессы идут в противоположном направлении, то есть в сторону, распада органического вещества.

ДР, ДК₁, ДК₂, ДК₃ – это мертвое органическое вещество, часть которого после минерализации возвращается к исходным элементам и вторично вступает в круговорот, часть отмершего органического вещества оседает на дно водоема, создает дефицит кислорода у дна и выпадает из круговорота.

Необходимо стимулировать продукционно-деструкционные процессы и свести до минимума или вообще ликвидировать Д_м.

Достижение этой цели возможно двумя способами воздействия на водную экосистему:

1. Воздействие на биотоп с целью создания наиболее благоприятных условий для развития продуцентов и консументов первого порядка.
2. Воздействие на структуру водных биоценозов, введение в них высокопродуктивных видов и подавление менее продуктивных.

2. Воздействие на биотоп

Воздействие на биотопы водных экосистем осуществляется различными средствами: механическими, химическими, физическими, биологическими, комбинированными.

Важнейшим способом является мелиорация и удобрение водоемов. Средствами

механической мелиорации подавляется развитие жесткой растительности, производится боронование ложа, очистка и углубление проток и канав, выравнивается дно спускных прудов и т. д. Важным средством улучшения качества грунта является летование.

К химическим средствам, прежде всего, относится известкование. Оно нашло широкое применение в практике рыбоводного хозяйства. В спускные рыбоводные пруды известь вносят по ложу перед заливом и по воде. Известь уменьшает кислотность воды и грунта водоемов, увеличивает содержание в воде бикарбонатных ионов и ионов Ca . Для известкования водоемов в основном используют известняк ($CaCO_3$), негашеную известь (CaO) и гашеную известь $Ca(OH)_2$. Наибольшее действие оказывает негашеная известь.

Под физической мелиорацией понимается изменение физических свойств биотопов и, прежде всего, степени насыщения воды газами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности гидробионтов. Наибольшее влияние уделяется обогащению воды кислородом. Для этой цели принимают аэраторы.

Применение удобрений. С удобрениями вносятся питательные вещества, необходимые для жизнедеятельности растений и бактерий. При применении преследуют цель улучшить, главным образом, условия питания планктонных водорослей, а не донной растительности, поскольку от развития фитопланктона, в большей степени, зависит продуктивность водоемов. Для повышения продуктивности прудов повсеместно применяются фосфорные и азотные удобрения.

Органические удобрения, применение которых создает благоприятную среду для развития бактерий, вносят обычно по ложу пруда, предпочтительно в прибрежной, хорошо аэрируемой зоне. В качестве органических удобрений используют конский или коровий навоз, компосты, зеленую растительность.

3. Воздействие на биоценозы

Биоценозы изменяются с течением времени, изменяется их состав и количественное соотношение составляющих их организмов. Нередко после интенсивного развития каких-либо видов их численность и биомасса резко падают и ведущее положение занимают другие виды. Из мелких бентических или зарослевых биоценозов в период вылета водных насекомых выпадают их личинки. По мере развития прибрежной растительности происходит заселение ее водными беспозвоночными и постепенное формирование биоценоза зарослей, изменение биоценоза оказывает влияние на биотоп. В неспускных водоемах в результате влияния биоценоза на биотоп, изменение характера последнего происходит постепенно, в течение длительного времени, биоценоз и вся экосистема постепенно стареют.

Спускные искусственные водоемы, к которым относятся рыбоводные пруды, а также естественные периодически осушаемые водоемы, представляют собой экосистему, биоценоз которой прекращает свое деятельное существование при осушении и продолжает развиваться при заполнении водоема водой.

Разница между спускными прудами и естественными временными водоемами заключается в том, что в первом случае обезвоживание идет очень

быстро, большинство гидробионтов уносится с током воды, и на дне водоема остается только часть гидробионтов, способных переносить высыхание. Во втором случае все гидробионты, имеющие покоящиеся стадии, остаются на дне водоема.

При заполнении водоемов водой первого типа биоценоз начинает формироваться за счет двух источников: поступление гидробионтов с водой и выхода из находящихся на дне покоящихся стадий. В естественных пересыхающих водоемах формирование биоценоза после заполнения водой происходит в основном за счет покоящихся стадий. Такие биоценозы и экосистемы называются прерывистыми.

В прерывистых осушаемых экосистемах возможность воздействия на биоценоз больше, чем в постоянных экосистемах. При формировании биоценозов после периода осушения в него можно ввести новые формы, направить развитие биоценоза в нужную сторону и поддерживать его на желаемом уровне.

Для повышения продуктивности основных водных биоценозов, особенно в интенсивно эксплуатируемых прудах, необходимо помимо применения удобрений и других мер воздействия на биотоп, усиливающих развитие фитопланктона и бактерий, стимулировать увеличение продукции организмов второго звена трофической цепи путем введения в биоценоз продуктивных растительноядных беспозвоночных, то есть изменить структуру биоценоза.

4. Интродукция кормовых беспозвоночных

Интродукция перенос, переселение разных кормовых организмов, с целью введения их в новую климатическую зону, область, водоем, биотоп.

Интродукция – любое переселение особей вида в водоем, не освоенный ими ранее. Интродукция всегда является первым этапом процесса акклиматизации, но не всегда интродукция заканчивается акклиматизацией интродуцента.

Акклиматизация – целенаправленная деятельность человека по обогащению сходной флоры и фауны новыми организмами. Акклиматизация – это процесс приспособления интродуцированных особей и их потомства к новым условиям, а также формирование новой популяции вида в условиях среды отличающейся от материнского водоема.

Успех интродукции, акклиматизации и натурализации гидробионтов зависит от совокупности абиотических и биотических условий водоема. Громадное значение при вселении водных беспозвоночных в водоемы имеет плотность рыбного населения.

Повышение естественной кормовой базы рыбоводных прудов путем внесения водных животных при высокой плотности посадки рыб связано с большими трудностями. Для защиты интродуцируемых животных от выедания рыбой требуются специальные методы и приспособления. Наиболее простой путь – раздельное выращивание кормовых животных и рыбы. Выращиваемых в специальных прудах, канавах, ямах водных беспозвоночных периодически вносят в пруды с рыбой. Метод раздельно-совместного выращивания не нашли широкого применения в практике прудового хозяйства.

И. Б. Богатовой разработан экологический метод интродукции высокопродуктивных ракообразных в зарыбленные выростные пруды. В качестве основного объекта интродукции используется *D. magna*. Сначала нужно получить чистую культуру дафнии в прудах-питомниках, садках или бассейнах. Интродукцию

дафний производят за 4–5 дней до зарыбления прудов личинками рыб. Для получения желаемого эффекта достаточно на 1 га площади пруда внести 100–300 г чистой культуры *D. magna*. Одновременно с внесением дафний в залитую часть пруда вносят кормовые дрожжи из расчета 100 г/га. Недопустимо залитие прудов и внесение культуры непосредственно перед зарыблением. Рыбопродуктивность прудов при интродукции дафнии повышается в среднем на 2–2,3 ц/га.

Не меньшее значение может иметь разработка эффективных методов повышения донной кормовой базы путем интродукции продуктивных донных беспозвоночных.

Высокой пищевой ценностью обладают безвредные для молоди рыб жаброногие рачки (стрепоцефал) и некоторые высшие ракообразные (мизиды, гаммариды, водяные ослики). Интродукция жаброногих рачков в спускные интенсивно эксплуатируемые пруды представляет определенные трудности из-за их слабой защищенности и некоторых особенностей размножения.

Одним из перспективных объектов для интродукции в интенсивно эксплуатируемые пруды с целью увеличения донной кормовой базы является водяной ослик (*Asellus aquaticus*), который питается детритом, остатками животных и нитчатыми водорослями. Его культуру

нужно вносить в пруды из расчета 1 кг/га. Рыбопродуктивность увеличивается при этом на 0,7 – 1,5 ц/га.

Дальнейшее развитие работ по интродукции беспозвоночных животных в интенсивно эксплуатируемые пруды открывает широкие перспективы для повышения естественной рыбопродуктивности прудов.

Лекция 13. Биологические основы культивирования пресноводных раков

Вопросы

1. Основные виды раков и область их распространения.
2. Абиотические факторы среды обитания широкопалого и длиннопалого раков.
3. Биологические особенности речных раков.
4. Хозяйственное значение раков.

1. Основные виды раков и область их распространения

Речные раки Беларуси представлены тремя видами: широкопалый рак (*Astacus astacus L.*), длиннопалый (*Pontastacus leptodactylus Esch.*) и полосатый рак (*Orconectes limosus*).

В постсоюзных государствах помимо названных видов еще встречаются толстопалый речной рак (*Astacus pachypus*), даурский (*Cambaroides dauricus*), речной рак Шренка (*Cambaroides schrenkii*), сигнальный речной рак (*Patifastacus leniusculus*) и другие.

Широкопалый (*A. astacus L.*) и длиннопалый (*P. leptodactylus Esch.*) раки являются представителями класса ракообразных (*Crustacea*), подкласса высших

ракообразных (*Malacostraca*), отряда десятиногих (*Decapoda*), семейства речных раков (*Astacidae*). Болотный полосатый рак *Orconectes limosus* относится к семейству – *Cambaridae*, род *Orconectes*.

Заокеанского полосатого отмечаем сразу – он мелок, агрессивен, в пищу мало пригоден; в общем, сорняк и вредитель. В Литве и Беларуси, где они не так давно появились, их пытаются извести. Полосатый рак – инвазивный вид, проникающий к нам из Польши и появившийся в фауне Беларуси в конце 1980-х гг. Встречается в бассейне Немана и реках Беловежской пущи, в настоящее время промыслового значения не имеет.

Впервые полосатый рак был обнаружен в 1997 г. в приграничных с Литвой и Польшей районах в р. Неман и ее левых притоках (реки Шлямица, Мариха, Черная Ганча), в Августовском канале, в районе г. Гродно и на 5–20 км ниже города по течению р. Неман.

В Беларуси полосатый рак пока еще относительно малораспространенный вид. Тем не менее, в нижнем течении р. Неман он уже является обычным видом и в скором времени может получить широкое распространение по всей реке и основным ее притокам.

В настоящее время полосатый рак обитает в 11 реках Беларуси, наиболее крупной среди которых является Неман. Раньше всего этот вид заселил реки, относящиеся к бассейну р. Неман. В Немане в пределах Беларуси он встречается в низовьях и средней части, а также обнаружен в его левых притоках, которые берут начало в Польше.

В настоящее время полосатый рак продолжает активно расселяться по рекам, которые берут начало на территории Польши или впадают в польские реки. Это реки бассейнов Немана, Нарева и Западного Буга (рис. 15).

Устойчивость популяции аборигенных видов, обитающих на территории Республики Беларусь, особенно на западе республики, находится под угрозой, поскольку эти места активно осваивает чужеродный инвазивный полосатый рак.

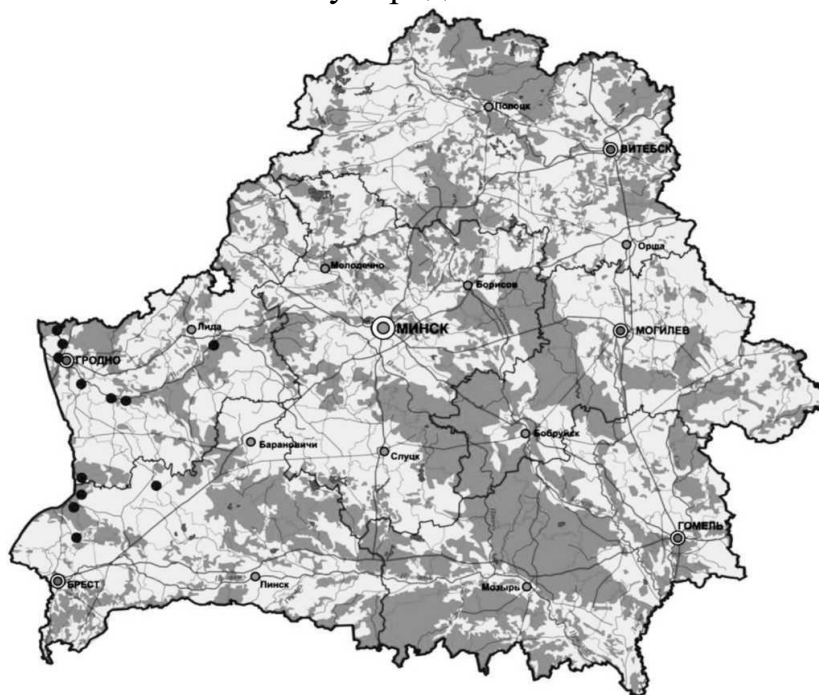


Рис.15. Распространение полосатого рака в водоемах Беларуси

Для этого неаборигенного вида характерны быстрый рост, раннее половое созревание, высокая плодовитость и возможность размножения через партеногенез. Это дает ему ряд преимуществ в конкурентной борьбе с аборигенными видами, но главный негативный эффект от его присутствия заключается в способности полосатого рака переносить рачью чуму. Популяции широкопалого и длиннопалого раков погибают от рачьей чумы, в то время как особи полосатого рака болеют этим заболеванием в хронической форме и погибают только в том случае, если складываются неблагоприятные условия обитания по ряду факторов. Следовательно, там, где встречается полосатый рак, аборигенные виды раков достаточно быстро исчезают.

Наиболее редкий из них, широкопалый рак, включен в Красную книгу Республики Беларусь (III категория охраны), имеет высокий международный природоохранный статус – внесен в Красный список МСОП со статусом «уязвимый», а также перечислен как охраняемый в Приложении III Бернской конвенции и указан во II и V Приложениях Директивы 92/43/ЕЭС

«Об охране природных мест обитания, дикой флоры и фауны» Европейского союза.

Если анализировать распространение широкопалого рака, то видно, что на юге страны широкопалого рака уже нет, в западных и центральных районах его распространение мозаично и разорвано, и только на севере и северо-востоке этот вид встречается как в реках, так и озерах на значительных территориях (рис. 16). Из этих особенностей распространения широкопалого рака вытекают и первостепенные задачи по его сохранению – необходимо безотлагательно начать работы по восстановлению популяций в бассейнах Припяти, Западного Буга и Немана.

Обитает широкопалый рак на территории Польши, Прибалтики, Карелии, Западной Украины, Псковской, Ленинградской областей. В Республике Беларусь он чаще встречается в северных и западных районах.

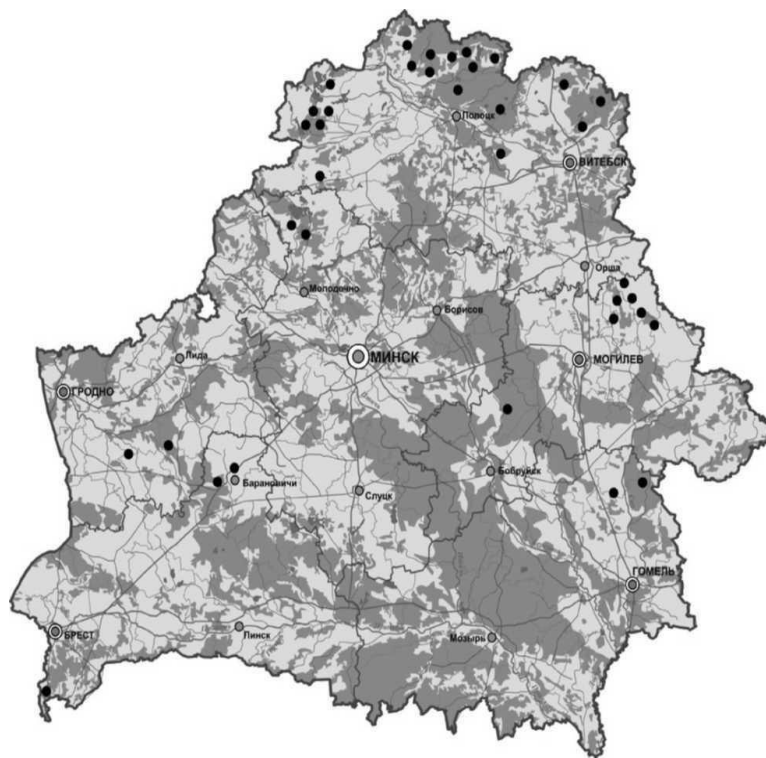


Рис. 16. Распространение широкопалого рака в водоемах Республики Беларусь

Это водоемы северной части водосбора реки Западная Двина, бассейн реки Неман. Отдельные популяции широкопалого рака обнаружены в малых реках и некоторых озерах Минской, Гродненской, Брестской и Могилевской областях.

Длиннопалый рак в Беларуси является относительно многочисленным промысловым видом. В водоемах Беларуси он является аборигенным видом, однако в странах Прибалтики его статус неясен, так как считается, что *P. leptodactylus* является восточным видом, а водные объекты бассейна Черного и Каспийского морей – его исконные места обитания. В бассейне Балтийского моря длиннопалый рак встречается повсеместно, занимая те же места, что и широкопалый рак.

Длиннопалый рак распространен по территории Беларуси практически равномерно, за исключением северной части (рис.17). Считается, что популяции длиннопалого рака Гомельской области являются самыми крупными в Беларуси, а водоемы юга страны наиболее перспективными для промысла и введения аквакультуры речных раков.

Длиннопалый рак распространен с юга на север – от южных границ Черного, Каспийского, Азовского, Мраморного морей до Белого и Балтийского; с запада на восток – от Венгрии и Югославии до Урала

В Беларуси, согласно современным данным, выявлено 64 местообитания *P. leptodactylus*. Причем, распространение данного вида носит преимущественно равномерный характер, за исключением северной части Витебской области. С точки зрения промысла и ведения аквакультуры к наиболее перспективным водоемам относят реки и озера юга Беларуси: среднегодовая температура в них заметно выше, чем в северных областях.

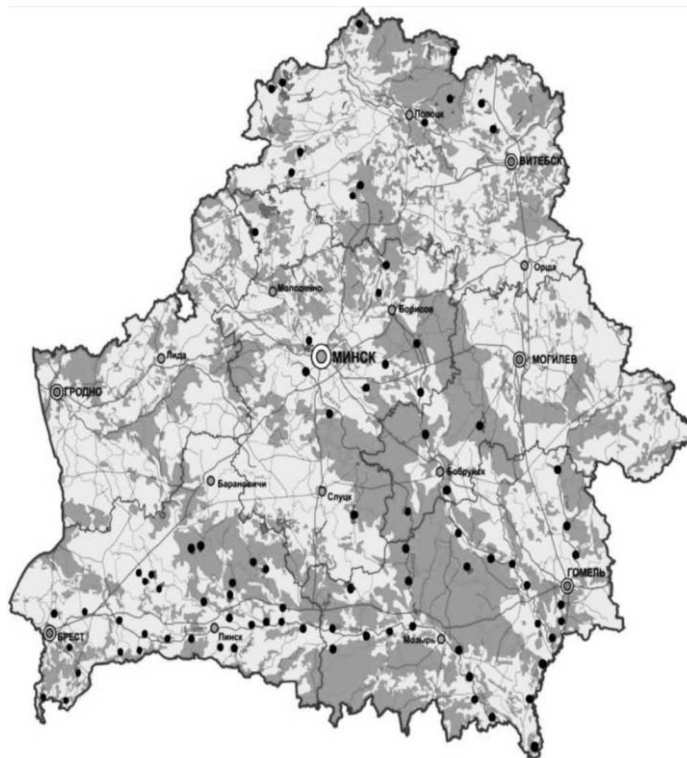


Рис. 17. Распространение длиннопалого рака

На распространение речных раков влияют следующие факторы: *кормовая база, химический состав и физические свойства воды, морфометрические характеристики и гидрологический режим водоема, болезни, хищники и отлов.*

С точки зрения промысла и ведения аквакультуры к наиболее перспективным водоемам относят реки и озера юга Беларуси: среднегодовая температура в них заметно выше, чем в северных областях. В Витебской области длиннопалый рак встречается в озерах Гиньково, Навлицкое, Домжерицкое, Плавно, Ольшица, Боровое, Воронеж, Черты, Четверть, Большие Сурвилишки, Загатье, Сено. В Минской области этот вид обнаружен в озерах Волчин, Кузьмичи, Большие Швакшты, Кромань, водохранилищах Солигорское и Любанское, реках Свислочь, Случь, Оресса, Талица. В Гродненской области наиболее значительная популяция длиннопалого рака отмечена в озере Бездонном Слонимского района. В Брестской области этот вид зарегистрирован в озерах Черное, Споровское, Выгонощанское, Бобровицкое, Олтуш. В водоемах Гомельской области длиннопалый рак встречается практически во всех крупных реках региона (Припять, Птичь, Сож, Днепр).

Длиннопалый рак – ценный промысловый вид, следовательно, при сопоставимой скорости роста особей в сравниваемых озерах размерная структура его популяций должна определяться интенсивностью промысла.

2. Абиотические факторы среды обитания широкопалого и длиннопалого раков

Экологические факторы определяют характеристики особи – питание, скорость развития, плодовитость, продолжительность жизни и находят свое отражение в популяционных параметрах – плотности, динамике численности. Численность раков, как и других организмов, может контролироваться как

биотическими, так и абиотическими факторами.

Речные раки в естественных условиях обитают в тихой проточной воде, заселяя реки, протоки, каналы и крупные ручьи, а также озера и проточные пруды с тенистыми берегами, прячутся в норах, под корягами или корнями больших деревьев, растущих на берегах водоемов. Дышат они сложно устроенными жабрами, но в сильно влажной атмосфере могут некоторое время дышать также воздухом.

Речные раки очень требовательны к качеству воды, и при ее загрязнении или цветении покидают такой водоем и переселяются в тот, где находят благоприятные условия. Наиболее требователен к условиям среды широкопалый рак, поэтому он обычно обитает в реках, протоках и больших озерах.

В целом рачьи водоемы Беларуси по гидрохимическим характеристикам относятся к гидрокарбонатно-кальциевым с большим содержанием ионов кальция и хорошей забуференностью, что обеспечивает нейтральную или слабощелочную рН.

Среда обитания. Длиннопалый рак встречается в разных типах водоемов на глубинах до 4–5 м и лишь иногда заходит на большие глубины. Предпочитает твердые каменистые грунты, но может обитать на песчаных и даже илистых грунтах. В них экологические условия обитания варьируют по проточности, глубине, зарастаемости макрофитами, типу грунтов, характеру используемых укрытий, химическому составу воды.

Температура. Для нормальной жизнедеятельности и прежде всего размножения широкопалому раку необходимо, чтобы в летние месяцы средняя температура была больше 15 °С, но в реках температура может быть и ниже. Оптимальная температура для роста раков – 16–24 °С. Я. М. Цукерзис для широкопалого рака приводит оптимальную температуру между 15 и 25 °С. Минимальной температурой для роста *A. astacus* является 10 °С. В целом с небольшими исключениями, касающимися существования широкопалого рака в текущих водах, для роста и развития раков в летние месяцы температура воды должна быть как минимум 10 °С, для размножения – 15 °С. Широкопалый рак в состоянии жить и при 28 °С и даже выше.

Длиннопалый рак способен существовать в значительно большем диапазоне температур – 4–32 °С. Крупная молодь более устойчива к термальному воздействию – средняя летальная температура 39,1 °С, в то время как для мелкой – 38,4 °С.

Лучшая температура для линьки – 25 °С, при температуре 30 °С линочный период увеличивается, при этом отмечается повышение смертности. При 15 °С смертность не отмечалась, но скорость линьки была очень низкой. Авторы делают вывод, что наилучшая выживаемость длиннопалого рака при температуре воды 25 °С и ниже.

Взвешенное вещество. При помещении длиннопалого рака в воду с большим количеством взвешенного вещества он ограничивает свою двигательную активность, и наблюдается увеличение смертности. Этот эффект возникает из-за снижения респираторных возможностей раков. Также уменьшается и репродуктивный успех у самок, живущих в мутной воде, по сравнению с самками, обитающими в чистой воде. При высоком содержании растворенного кислорода в воде взвешенные вещества не играют большой роли.

Растворенный кислород. Широкопалый рак требует хорошего качества воды и высокого содержания кислорода в ней. Не переносит сильного дефицита кислорода и полностью отсутствует в мелководных, богатых растительностью озерах, в которых

отмечаются зимние заморы. Содержание кислорода ниже 3–4 мг/л является минимальным значением устойчивого существования вида. При содержании кислорода 2 мг/л раки могут покидать водоем, если такая возможность имеется.

Длиннопалый рак в состоянии переносить снижение содержания кислорода ниже 2 мг/л. Я. М. Цукерзис отмечает, что при температуре 15–18 °С гибель длиннопалого рака наступает при концентрации кислорода 0,59 мг/л.

Таким образом речные раки требовательны к содержанию в воде кислорода, который должен быть в пределах 5,4–9,1 мг/л.

Концентрация водородных ионов в воде (pH). Взрослые особи *A. astacus* в межлиночный период выживают при значениях pH 3,7 в течение не менее 3 дней, и раки линяют и выживают в течение не менее 2 месяцев в среде с pH 4,5. Верхний летальный предел для длинно-палого рака pH 12.

Длительное содержание раков в среде с pH 5,6 и ниже ингибирует скорость потребления кальция после линьки раков, что ведет к длительному сохранению мягкого панциря и делает раков очень уязвимыми и беззащитными. Низкие значения pH в первую очередь являются стрессом для молодежи и яиц в период их эмбрионального развития. Взрослые раки менее подвержены отрицательному влиянию кислой среды и характеризуются сравнительно большей выживаемостью.

Следовательно, речные раки плохо переносят очень кислую среду. Критической величиной pH для жизнедеятельности длиннопалого рака считают 4,6–4,7, поскольку при этом значении вывод ионов Ca^{2+} из тела рака начинает превышать скорость их поглощения клетками эпителия жабр. Поэтому должна быть нейтральной или в крайнем случае слабощелочной (pH 7–9).

Аммонийный азот. Предельно допустимая концентрация аммония в пересчете на азот в воде для раков не должна выходить за пределы 0,5–1,0 мг/л.

Нитратный азот. Предельно допустимая концентрация нитратного азота для рачьих водоемов составляет 0,2 мг/л.

Рекомендуемый уровень *хлоридов* для рачьих водоемов составляет до 10 мг/л. По данным ученых содержание хлоридов в водоемах где обитали раки варьировало от 39,3 до 85,1 мг/л (3,9–8,5 ПДК), поэтому они считают приводимую рядом исследователей норму содержания хлоридов до 10,0 мг/л не совсем обоснованной.

ПДК *железа* в воде для раков составляет 1,4 мг/л.

Рекомендуемая норма содержание *кальция* в воде свыше 40,0 мг/л. Высокое содержание ионов Ca^{2+} в сочетании с оптимальными значениями pH и хорошим кислородным режимом создают благоприятные условия для роста и развития раков.

Общая жесткость по требованиям к рачьим водоемам должна составлять от 1 до 4 мг- экв/л.

Ухудшение качества воды в водоеме в зимнее время ведет к полной гибели популяции речных раков. Поэтому при разведении этих животных в приусадебных хозяйствах следует с особой осторожностью относиться к качеству воды, поступающей в водоем, особенно на берегах, где находятся дачи и деревни.

Широкопалый рак предпочитает песчаный или каменистый грунт

(известняк), поэтому он редко выкапывает норы, а в качестве убежища использует чаще коряги или сидит под камнями. Длиннопалые раки, в отличие от широкопалых, активны весь год, поэтому возможен их зимний промысел. Они чаще живут на мягких, глинистых почвах и прячутся в норы, вырытые в обрывах рек. Оба вида речных раков успешно адаптируются к жизни в водоемах, пригодных для разведения форели и сига, и не являются их пищевыми конкурентами, так как форель питается только плавающим кормом, а речные раки съедают его только на дне.

3. Биологические особенности речных раков

В длину самцы могут достигать 20–25 см при массе до 300 г, хотя обычно до 100 г, самки несколько мельче. Продолжительность жизни до 20 лет.

Речные раки раздельнополы, причем половой диморфизм хорошо выражен.

Одновозрастной самец крупнее самки и его отличают более мощные клешни и узкое брюшко. Однако эти признаки не у всех экземпляров выражены отчетливо. Наиболее надежным признаком является месторасположение половых отверстий. Половые отверстия у самца открываются наружу у основания пятой пары ходильных ног, у самки – у основания третьей пары. Кроме того, у самца две передние пары ножек брюшка (гоноподы) развиты сильнее остальных и загнуты вперед, направлены к голове. У самки первая пара брюшных ножек недоразвита, имеет вид мягких придатков, остальные крупнее чем у самцов.

Половозрелость у самцов наступает в конце третьего, а у самок – в конце четвертого года жизни при длине тела 6,5–8 см.

В Беларуси спаривание раков происходит в октябре-ноябре в течение 2–3 недель. Факторами, стимулирующими спаривание, являются снижение температуры и освещенности. В связи с различным месторасположением половых отверстий у самцов и самок, самец должен быть на 1–2 см больше самки. Процесс спаривания речных раков происходит следующим образом. Самец преследует самку и, схватив ее ногами, прижимается к нижней стороне самки своей нижней стороной и через половые отверстия переливает сперму во внутренние половые органы самки. Таким образом, оплодотворение икры у речных раков происходит внутри тела. При спаривании самка сильно сопротивляется, старается от самца вырваться и, если самец оказывается слабее, уходит от него. Оплодотворенная самка из-за рьяного сопротивления уходит от самца очень потрепанной, поэтому иногда гибнет, и икра пропадает. Она скрывается в норе и выходит из нее только днем, когда самцы отдыхают в убежищах. Самец подряд может оплодотворить 2–3 самки, поэтому он сильно истощается и бывает настолько голоден, что не может удержаться и съедает последнюю самку. В связи с этим необходимо регулировать в водоеме их поголовье, чтобы между самцами и самками было соотношение 1:3.

Икрометание происходит спустя 10–25 суток после спаривания. Через 3–4 недели после спаривания самки приступают к икрометанию, выпуская икру через половое отверстие, которая тут же приклеивается под плесом к ложноножкам и остается там до вылупления личинок. Это самый тяжелый период в жизни самки. Икра требует постоянного промывания водой, обогащенной кислородом, поэтому самка беспрестанно гонит воду под плесом, подгибая и разгибая конец хвоста. В спокойной воде, особенно когда самка сидит в норе, вода застаивается, обедняется кислородом и обогащается продуктами обмена веществ, из-за этого икра погибает. Кроме того, икра

легко повреждается мелкими беспозвоночными – водяным скорпионом, жуками – гладышем и плавунцами. Самка постоянно промывает икру, очищает ее от грязи, нитчатых водорослей и плесени. При этом часть икринок отрывается от плеса, падает на дно и погибает. Как бы ни была плодовита самка, вылупляются не более 60 личинок. Они, в зависимости от погоды и места обитания, вылупляются в начале или середине лета (июнь, июль). Внешне личинки мало отличаются от взрослых раков, за исключением размеров.

Плодовитость зависит от длины тела и вида рака. Так у самок широкопалого рака длиной 9,0–9,9 см абсолютная плодовитость составляет 163 икринки, длиннопалого – 174, а у самок длиной 10,0–10,9 см – соответственно 243 и 270 икринок. Выживаемость икры низкая (от 40 до 50 %). В среднем рабочая плодовитость самок широкопалого рака не превышает 100 шт., а длиннопалого – 150 шт. Окраска яиц различна; у оплодотворенных живых – фиолетово-коричневая, у неоплодотворенных и мертвых – желтая. Свежеотложенные яйца имеют диаметр 2–3 мм. Продолжительность развития икры составляет 1300 градусо-дней. В естественных условиях это соответствует 8 месяцам (около 240 суток). Все это время самки ритмично двигают плеоподами, снабжая яйца свежей водой и очищая их от паразитов и плесени. Причем на начальных стадиях развития икры самка взмахивает брюшными ножками очень редко, а на поздних частота движений значительно увеличивается.

Вылупление и развитие речного рака происходит следующим образом. Рачок вылупляется из икры, разрывая яйцевую оболочку вдоль нижней части тела зародыша движением брюшка и конечностей. Вылупившаяся личинка повисает на так называемой «гиалиновой нити», и через 2–3 суток эта нить обрывается, но личинка ухватывается за стебелек или оболочку икринки клешнями, которые сильно заострены и имеют на концах загнутые крючочки. В таком положении личинки пребывают от 1 до 4 дней (в зависимости от температуры воды), питаясь желтком из желточного мешка, который находится под спинным щитком головогруды. Панцирь личинки I стадии мягкий, поэтому тело и масса ее увеличиваются. На этой стадии личинки еще непохожи на взрослого рака. Длина однодневных личинок достигает 1–1,5 мм. Первое время они остаются прикрепленными под плесом у самки.

II стадия развития личинки начинается после ее первой линьки, которая наступает на пятый день после вылупления. Желточный мешок к этому времени исчезает, головогрудь удлиняется, панцирь становится тверже, чем у личинок первой стадии, рострум выпрямляется, личинки поедают яйцевую оболочку. На расширившемся тельсоне появляются веерообразно расположенные щетинки. Личинки становятся очень подвижными, нередко в поисках пищи уходят далеко от самки, но в случае опасности прячутся под ее брюшком (плесом).

После второй линьки личинки переходят в III стадию, и метаморфоз завершается. Личинка приобретает внешний вид взрослого рака, ведет самостоятельный образ жизни и окончательно покидает самку. Личинки III стадии растут до полного затвердевания панциря (размер 1,2 см, масса 34,6 мг). На сроки и количество линек очень влияет температура воды. К концу сезона личинки III стадии переходят в стадию сеголеток и достигают 5–6 см длины и массы около 6

г (иногда 7,8 см и 14 г) в искусственных водоемах и, соответственно, – 3 см и 8–10 г в реках.

Двухлетние раки за теплый сезон линяют в прудах 8–9 раз и достигают промысловой длины 10 см, массы 32 г, а некоторые даже максимального размера – 12,3 см и 70,5 г веса. Молодь, выращенная в реках и озерах, достигает промысловых размеров на третье или четвертое лето. Для искусственного воспроизводства желательно заготавливать самок размером 11 – 13 см.

Одним из основных биологических особенностей раков является линька. Линька речных раков происходит один-два раза в год у взрослых особей, а у молоди каждый раз при росте и развитии. Сроки наступления линьки различны и зависят от местности, в которой обитают раки. Первая линька речных раков, наступает в конце мая – начале июня.

Размножающиеся самки приступают к первой линьке сразу же после того, как личинки становятся самостоятельными и покидают ее. Вторая линька раков в этих местах проходит с конца августа по 10 сентября. При низкой температуре она идет вяло и может продолжаться до половины октября.

Речные раки активны ночью. Днем они затаиваются в различных убежищах. В теплое время года убежища находятся близко от поверхности воды, а зимой устраиваются на такой глубине, чтобы нора не закрылась льдом, так как ледяной плен приводит к их гибели. С наступлением сумерек рак выходит из убежища на охоту в поисках пищи. Обычно он передвигается по дну водоема и очень редко плавает. Иногда в поисках пищи выходит на берег, почуяв запах падали, которую он очень любит. В очень редких случаях взрослого рака можно встретить на суше днем. Раки обладают превосходным зрением и обонянием. Они различают запахи на значительном расстоянии как в воде, так и на суше. Завидев какой-нибудь предмет красного цвета, брошенный человеком на дно реки, они устремляются к нему со всех сторон, принимая его за кусок мяса. Тухлую рыбу речные раки обнаруживают с более далекого расстояния, чем свежую, которую обнаруживают по цвету. Добравшись до добычи, они набрасываются на нее, часто между собой ссорятся из-за наиболее лакомого куса. Крупные раки при такой потасовке отбирают лакомый кусок у менее проворных и молодых, пока сами не наедятся.

По способу питания раки – полифаги, по образу жизни – сумеречные и ночные животные. Но в зависимости от возраста, сезона года и физиологического состояния соотношение растительной и животной пищи изменяется. Так основу пищи взрослых раков составляет растительность; хара, элодея, рдесты, уруть, роголистник. Строение ротового аппарата позволяет речным ракам использовать наряду с мягкими растениями и жесткие. Они очень охотно поедают стебли и корневища тростника, камыша, клубнекамыша и осоки, причем речные раки поедают все части этих растений. Их суточный рацион составляет примерно 2,5% от живого веса рака.

Однако после зимовки, линьки, перед размножением раки в большом количестве потребляют животную пищу (моллюсков, личинок, мертвых рыб). Молодь раков предпочитает пищу животного происхождения (простейшие, коловратки, ветвистоусые, личинки хироно- мид). Оптимальный температурный диапазон для питания взрослых широкопалых раков 17–21 °С и для молоди – 18–23 °С.

Жизнь раков находится в тесной зависимости не только от окружающей среды, но

и от обилия кормов в водоеме. Эти факторы влияют на распределение их в пространстве, миграции и кочевки в другие водоемы, темпы размножения и межвидовые отношения.

Врагами рака в природе являются хищные рыбы (щука, окунь, отчасти судак и сом), голенастые птицы, водяные крысы и лисы. Однако речные раки в пищевой цепи служат не только объектом питания для хищных животных, но и сами поедают животную пищу: мелких улиток, водяных червей, личинок разнообразных насекомых, особенно ручейников, головастиков и очень редко небольших рыб. Впрочем, вполне здоровые рыбки успевают увернуться от этого охотника. Пищевой спектр речного рака меняется в зависимости от его возраста. Личинки, например, длиннопалого рака, поедают до 70–80 % животной пищи. Сразу после перехода к самостоятельному образу жизни сеголетки длиной 1,2–2 мм питаются дафниями (59 %), хирономидами (25 %). По мере роста доля дафний в рационе уменьшается до 5 %, в возрасте двух лет дафний совсем нет. Молодь всех размерных групп потребляет хирономид (24–25 %). Сеголетки при достижении длины 2 см начинают питаться насекомыми (18–45 %) и их личинками, в частности, личинками ручейников, поденок, веснянок и др. По мере роста речных раков возрастает потребление бокоплавов, с 5 % у сеголетков, до 63 % у молоди длиной 8–10 см. Моллюски появляются в пище сеголетков, когда их длина достигает 3 см, а рыбы – при длине сеголетков 4 см.

4. Хозяйственное значение раков

Речной рак является объектом местного промысла в нашей стране и искусственного разведения во многих странах Европы.

Популяции речных раков эксплуатируются человеком уже многие столетия. В Европе, вплоть до 20 столетия вылов раков имел очень большое экономическое значение, поскольку они высоко ценились как деликатесный продукт питания. Рачья чума, появившаяся в Европе в конце 19 века, нанесла невосполнимые потери популяциям аборигенных видов раков. В 20 веке ситуация усугубилась в результате техногенного загрязнения водоемов, сильного эксплуатационного пресса и вселения в водоемы чужеродных американских видов раков. В целом из-за рачьей чумы и антропогенного воздействия на местообитания раков их уловы в Европе за последние 150 лет снизились на 95 %.

Весьма значительно снизилась численность раков и в Беларуси. Поскольку не вызывает сомнений, что деятельность человека прямо или косвенно отражается на численности раков, анализ статистических данных по динамике их вылова в историческом плане может служить индикатором эффективности охраны и использования популяций раков.

Широкопалый рак в 1981 г. внесен и продолжает оставаться в Красной книге Республики Беларусь. Поэтому после 1981 г. промыслом были охвачены только популяции длиннопалого рака. В конце 19-го начале 20-го века Северо-Западный край Российской империи, большую часть территории которого составляла Беларусь, являлся основным поставщиком рачьей продукции на рынки Европы.

В 1930 г. только на экспорт БССР давала 202,5 ц рака (соответственно 450 тыс. экз.), что составляло 33 % от общего экспорта из СССР. В 1940 г. добыча

раков составила 405 ц, или 900 тыс. экз.

После войны уловы раков сильно сократились: в 1950 г. было добыто 176 ц (или 440 тыс. экз.), в 1952 – 258,5, в 1953 – 216,0 и в 1954 – 277,2 ц. Основной лов (50–60 % от общей добычи) осуществлял Полоцкий рыбхоз в водоемах Белорусского Поозерья.

В последующие годы (1956–1986 гг.) уловы раков характеризовались высокой изменчивостью и нестабильностью. Минимальный улов за этот период составил 12 кг (1985 г.), максимальный 10 522 кг (1975 г.). При этом можно выделить два периода, когда уловы раков были относительно большими – это начало 1960–х и конец 1970–х годов.

В начале нынешнего столетия вылов раков, по данным официальной статистики, был небольшим и колебался от нуля до 447 кг (2003 г.). Начиная с 2004 по 2008 г. раки снова не регистрируются в сведениях, представляемых промышленной статистикой. Максимальное количество раков - 1154 кг было выловлено в 2012 г. В связи с этим и в полном соответствии с рыночной экономикой цена на раков стала стремительно расти.

В конце 1940-х - середине 1960-х годов 79,6% озер севера Беларуси были заселены только длиннопалым или длиннопалым и широкопалым раками одновременно.

Добыча и разведение речных раков в аквакультуре является традиционным и широко распространенным в мире промыслом. По данным ФАО/ВОЗ за 1999 год в объеме мирового производства пресноводных ракообразных свыше 320 тыс. т доля речных раков составила более 68 %, или около 217 тыс.т.

Вылов длиннопалого рака в Беларуси запрещен: Брестская, Гомельская обл. – с 20.03 по 18.05; Гродненская, Минская, Могилевская – с 1.04 по 30.05; Витебская – с 10.04 по 8.06. Самок-икрянок и с личинками запрещено всегда.

Основными способами обработки раков в России является их охлаждение и варка, после чего раки поступают в реализацию. Однако в последнее время как в хозяйствах аквакультуры, специализирующихся на разведении речных раков, так и в промысловых предприятиях, добывающих раков в водоемах, все больше распространяется разделка раков с выпуском варено-мороженных шеек и консервов из мяса раков. Такая тенденция в технологии обработки речных раков позволяет говорить о возможности сбора панцирьсодержащего сырья с последующим получением из него хитина и хитозана. Хитозан, полученный из панциря промысловых раков, находит применение в пищевой промышленности в качестве загустителя, структурообразователя и консерванта. Вместе с тем хитозан, природный полисахарид, обладающий полиэлектролитными свойствами за счет наличия в нем свободных аминогрупп, проявляет уникальные сорбционные свойства в отношении тяжелых металлов и радионуклидов в организме человека. Эти свойства хитозана позволяют изготавливать лечебно-профилактические продукты питания для реабилитации персонала предприятий с высоким уровнем экологической опасности: металлургические, атомная энергетика и др. Актуальной видится разработка таких продуктов на основе композиций пектинов и хитозана, как энтеро- сорбентов, обладающих различными типами связывания токсикантов и проявляющих синергический эффект при совместном применении. По оценке проф. Большакова И.Н. из Красноярской государственной медицинской академии, только в Красноярском крае для нужд реабилитации и профилактики требуется 47 т хитозана в год.

Лекция 14. Особенности различных технологий выращивания речных раков

Вопросы

- 1.Преимущества выращивания речных раков.
- 2.Основные направления выращивания раков.
- 3.Основы биотехники разведения и выращивания молоди речных раков.

1.Преимущества выращивания речных раков

Стремительно развивающаяся в мире аквакультура, предусматривающая разведение и выращивание промысловых видов гидробионтов в контролируемых условиях, является перспективным направлением прикладной гидробиологии. Наиболее надежным способом получения продукции промысловых гидробионтов является создание специализированных хозяйств, независимо от форм собственности, осуществляющих заготовку производителей, разведение, выращивание, транспортировку и сбыт, вплоть до изготовления пищевой продукции.

Среди немногих промысловых беспозвоночных ценнейшими ресурсными видами ракообразных являются широкопалый и длиннопалый раки, обитающие во внутренних водоемах (озера, реки, водохранилища). Раки являются неотъемлемой частью трофической цепи пресноводных экосистем, выполняя санитарные функции, утилизируя животные и растительные остатки, улучшая тем самым эпизоотологическую обстановку и гидрохимический режим водоемов. Раки, в большей степени широкопалые, признаны биоиндикаторами чистоты окружающей среды и находятся в настоящее время под пристальным вниманием международных природоохранных организаций. Широкопалый рак включен в списки охраняемых видов Бернской Конвенции и Директивы Европейского Сообщества по видам и местообитаниям. Имея статус охраняемого вида в Европейских странах, широкопалый рак представляет большую коммерческую ценность. Например, на Европейском рынке, при розничной торговле в Норвегии, он оценивается в 40 евро за 1 кг живого веса, что значительно превышает стоимость других видов раков.

Выращивание раков в аквакультуре в Республике Беларусь имеет ряд преимуществ:

- 1.Республика располагает большим количеством мест, оптимальных для культивирования раков;
- 2.Качество воды в большинстве случаев соответствует требованиям по выращиванию раков;
- 3.Подходящие объекты питания для раков можно найти во всех водоемах;
- 4.Энергозатраты по выращиванию раков можно свести к минимуму;
- 5.Нет принципиальных проблем в получении необходимого количества посадочного материала.

Однако использование раков в аквакультуре имеет свои недостатки - это прежде всего низкая скорость их роста.

Технологический процесс выращивания от личинки до товарной продукции растягивается на 3-4 года.

2. Основные направления выращивания раков

В настоящее время в мире существует три основных направления выращивания раков – это: экстенсивный, полуинтенсивный и интенсивный, которые различаются между собой местом проведения различных этапов цикла аквакультуры.

Экстенсивный, полуинтенсивный и интенсивный способы аквакультуры раков различаются местом размножения и роста раков, затратами на культивирование животных.

При экстенсивном методе выращивания – весь цикл жизнедеятельности раков проходит в естественных (озера) и полунатуральных (непускаемые пруды) водоемах. Для экстенсивного ракового хозяйства используют небольшие, площадью (10 га), глубиной до 5 м озера или каналы, с дополнительными укрытиями для раков.

При полуинтенсивном методе, как правило 1/3 часть выращивания – это получение и подращивание молоди раков протекает в искусственных условиях (инкубационных цехах, закрытых бассейновых хозяйствах), а дальнейшее выращивание осуществляется в естественных водоемах.

В течение последних 30 лет в странах Европы стремительно развивается полуинтенсивная аквакультура раков, в основе которой лежит создание ракопитомников. Размножение производителей происходит в маточных специализированных спускаемых прудах. Доинкубация рачьей икры разными способами искусственного разведения для получения посадочной молоди осуществляется в инкубационных цехах. Промышленное получение посадочного материала требует создания питомника для раков, который может выступать в качестве производственной единицы рыбоводного хозяйства. Для обеспечения лучшей выживаемости и увеличения промыслового возврата, полученных рачков выращивают в выростных прудах площадью 15–25 м² до стадии сеголетка и выпускают в нагульные водоемы.

В случае интенсивной аквакультуры все этапы размножения и выращивания раков проходят в искусственно созданных условиях.

Способ интенсивной аквакультуры раков связан с большими затратами на оборудование ракопитомника и рабочую силу, поэтому в настоящее время находится в начальной стадии развития. В закрытых помещениях ракопитомников протекают все этапы цикла размножения раков и подращивания полученной молоди.

3. Основы биотехники разведения и выращивания молоди речных раков

Наиболее часто применяющаяся технология в раководстве – полуинтенсивная. Биотехнический процесс искусственного разведения раков включает следующие этапы: *заготовка производителей раков, формирование маточного стада в ракопитомнике, разведение раков естественным (на самках) и искусственным (инкубация икры) путем, выращивание молоди до стадии сеголетка, выпуск рачков в нагульные водоемы.*

Ракопитомник для производства посадочного материала должен состоять из маточных и выростных прудов (или бассейнов) и инкубационного цеха. Заселение водоемов выращенной в ракопитомниках молодью дает возможность наиболее эффективно восстановить и увеличить запасы раков.

Заготовка производителей раков. Заготовка производителей является важной и

начальной частью этапа формирования маточного стада в фермах и ракопитомниках, требующей решения ряда важных вопросов: подбор маточных водоемов, отлов и транспортировка производителей, профилактика заболеваний при заготовке.

Раков-производителей рекомендуется вылавливать в ближайшем от ракопитомника или рачьей фермы водоеме высшей или средней ракопродуктивности. Согласно правилам раководства, вылов 30–50 % производителей из водоема не составляет опасности для сохранения численности рачьей популяции.

Для подбора базовых маточных водоемов (озера, реки) рекомендуется провести поисковые экологические исследования: определить численность раков на полезной площади водоема, соотношение в уловах (в %) половозрелых особей, эпизоотическое состояние популяции, экстерьер производителей. Посадочный материал для формирования маточного стада следует добывать из заведомо благополучных водоемов, с достаточно высокой численностью поголовья половозрелых особей, хорошим эпизоотическим состоянием и характерным экстерьером.

Производителей в базовых водоемах отлавливают в августе – начале сентября (осенняя заготовка) пассивными орудиями лова (30–50 штук) – раколовками цилиндрической формы с двумя круглыми входами, длиной 70 см, диаметром 30 см, с распорками и поплавком (рис. 18).

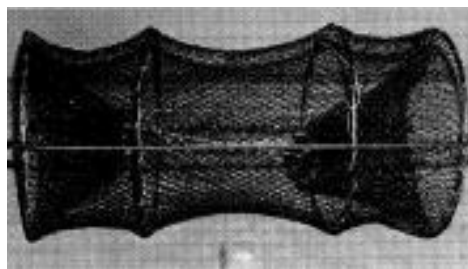


Рис. 18. Раколовка

Раколовка изготовлена из мелкоячеистой сети и обручей, сделанных из проволоки с гальваническим покрытием. Лучшей приманкой для раков считается рыба (плотва, лещ, густера), ловят раков на лягушек и потроха домашних животных. Приманку подвешивают в центре раколовки.

Раколовки устанавливаются в горизонтальном положении на ночь в литоральной зоне водоема на расстоянии 5–10 м друг от друга. Подъем раколовки производится на рассвете. Отловленных раков собирают в ящики, выпуская обратно в водоем особей непромысловой величины или с мягким панцирем. Рекомендуется посадка самцов и самок в отдельные контейнеры.

После отлова производителей у водоема требуется тщательный отбор больных особей с признаками фарфоровой и ржаво-пятнистой болезней. Во избежание переноса в ракопитомники опасных инфекционных заболеваний раков (рачья чума, бактериозы, вирусные болезни), после отлова раков-производителей требуется дезинфекция орудий ловли. Раколовки и инвентарь рекомендуется дезинфицировать высокой температурой, холодом, раствором 0,02 % гипохлорита.

Существует и весенняя заготовка, при которой отбирают только самок-икрянки.

Формирование маточного стада раков в питомнике. Перевозку производителей в рако-питомник на небольшие расстояния осуществляют в перфорированных деревянных ящиках разных размеров с плотно закрывающимися крышками. Раков укладывают рядами (5–6), перекладывая влажной травой или тканью, прикрывая их при перевозке от действия прямых солнечных лучей. По прибытии в ракопитомник, раков «купают», опуская перфорированные контейнеры или корзины несколько раз в бассейны с водой для удаления воздуха из жаберной полости. Иначе животные могут погибнуть от удушья, поскольку блокируется поступление растворенного кислорода в жабры, а в жаберной полости скапливается диоксид углерода. Перед посадкой на карантин (длительностью не менее двух недель) раков вторично сортируют, отбраковывают больных и потерявших при перевозке жизнестойкость, с опущенными клешнями и пузырьками пены у челюстей.

Для удаления с поверхности тела эктопаразитов раков применяются 15–20-ти минутные ванны 5%-го раствора поваренной соли. Для карантинного содержания производителей раков пригодны рыбоводные ванны, бассейны разной формы и площади, установленные в цехах или на территории ракопитомника. Карантинное содержание производителей раков является основной мерой профилактики заболеваний, в результате которой из маточного стада удаляются больные особи. При карантинировании на дно бассейнов помещается щебень, или коврики с искусственной травой, оборудуют убежища из труб, затемняют бассейны. Проточность воды в бассейнах составляет 10–15 л/мин, плотность посадки производителей при содержании самок и самцов отдельно – 50 экз/м².

Кормят производителей 2 раза в неделю. В рацион входит мороженая рыба, обваренные морковь и картофель, рожь, хара. Суточная норма – 0,3–1 % от массы раков.

При карантинировании осуществляется ежедневный контроль жизнестойкости раков, чистка бассейнов от остатков корма. Каждый бассейн снабжается отдельным инвентарем.

Для дезинфицирования карантинных помещений рекомендуется применение кварцевых ламп. Очищение проточной воды в бассейнах следует проводить при помощи механических и биологических фильтров. В период карантина рекомендуется регулярно контролировать качество воды в ракопитомнике, определяя основные гидрохимические параметры.

После карантина собранных из бассейнов производителей выпускают в пруды для размножения. Практика показала, что питомниковые пруды должны отвечать следующим требованиям:

- площадь спускных прудов – более 100 м² (100–500 м²); глубина прудов – 1,5–2 м;
- проточность воды в прудах – 15–20 л/ мин.;
- дно пруда – твердое, покрытое песком, частицами гравия и камнями с островками водной растительности;
- убежища для раков – мелиоративные трубочки, камни, пни;

- загрязнения из пластика вокруг пруда необходимы для предотвращения проникновения хищников и ухода производителей из пруда;

- качество проточной воды в прудах должно соответствовать требованиям, предъявляемым для культивирования раков. Вода не должна быть загрязнена органикой и токсическими веществами.

Посадку в специализированный питомниковый пруд рекомендуется осуществлять вечером, размещая раков у уреза воды, головогрудью к воде. Раки сами должны войти в воду.

Основные биотехнические нормативы формирования маточного стада в прудах являются следующими:

- оптимальная плотность посадки производителей – 6–7 шт./м². Соотношение самцов и самок – 1:3, для спаривания рекомендуется подбор более крупных самцов (на 1,5–2 см), чем самок;

- питание производителей в прудах – детрит, водная растительность, бентосные животные. Подкармливание 1–2 раза в неделю мороженой рыбой, гранулированными кормами, овощами (морковь, картофель) – в период активного питания (июнь – сентябрь) и подготовки к спариванию;

- для сохранения требуемой численности сформированного маточного стада, каждый сезон (август) следует на 25 % дополнять стадо производителей отловленными половозрелыми раками из естественных водоемов;

- для поддержания оптимальной окружающей среды, регулярно (через 2–3 года) пруды спускаются, проводится чистка дна от избытка ила и донной растительности, известкование почвы для дезинфекции и оптимизации гидрохимического режима в прудах.

Современная биотехника разведения раков предусматривает получение молоди в промышленных условиях двумя способами: 1 – путем естественного разведения от содержащихся в ракопитомнике икряных самок; 2 – методом искусственного разведения путем инкубирования снятой с самок икры в инкубаторе.

В искусственных условиях рачьего хозяйства осуществляется лишь доинкубация икры в конце периода эмбриогенеза разными методами разведения, при повышенной или естественной температуре воды.

Получение икряных самок путем размножения в прудах является упрощенным и достаточно популярным способом при полунтенсивной аквакультуре. Зимовка производителей в маточных прудах заканчивается в апреле, спустя 2–3 недели после таяния льда. Весной, до спуска прудов производителей рекомендуется подкармливать 1–2 раза в неделю рыбой (суточный рацион 0,3–4 % их массы). Время сбора икряных самок зависит от

планируемого способа разведения. В случае ускоренного разведения при повышенной температуре воды, доинкубацию икры в установках можно начинать в конце марта – апреле. Обычно самок-икрянки из прудов собирают перед линькой самцов – в мае или за 2–3 недели перед вылуплением рачков (I–II декады июня).

По данным разных исследований выживаемость производителей рака в период размножения и зимовки (август–июнь) в маточном пруду составляет в среднем 80–85 %. Выход икряных самок широкопалого рака колеблется от 77 до 86 % от общего числа. Часть самок (до 50 %) чередуют циклы размножения и даже оплодотворенные, не дают потомства, а накопленные в зрелых яйцеклетках вещества постепенно резорбируются до начала весны. Собранных из маточных прудов самцов и самок без икры выпускают после осмотра в маточные пруды или переселяют в резервные пруды в случае регулярной профилактики заболеваний (высушивание, известкование дна, удаление избытка ила и донной растительности в зимовальных прудах).

Возможность получения икряных самок в бассейновом хозяйстве ракопитомника целесообразна в связи с применением метода инкубации икры в аппаратах на более ранних фазах эмбрионального развития (март), когда пруды еще покрыты льдом. Икряных самок содержат (ноябрь – июнь) в инкубационном цеху в бассейнах площадью 2,8 м² с убежищами, покрытиями для затемнения, с проточностью воды 10–15 л/мин с плотностью посадки 30–50 шт./м². Выход икряных самок варьирует от 60 до 75 % от общего числа. В период зимовки в бассейнах самок подкармливают мороженой рыбой, харой и морковью, при понижении температуры воды до 2 °С кормление прекращают.

Перед посадкой на инкубацию, собранных из прудов и бассейнов яйценосных самок сортируют в цеху, отбраковывают потерявших жизнестойкость и большую часть икры, разделяют на группы высокой (100–200 икринок), средней (более 50 икринок) и низкой (менее 50 икринок) рабочей плодовитости. Известно, что рабочая плодовитость перед вылуплением молоди снижается примерно на 30 % по сравнению с количеством яиц у самки после икрометания.

Применяется два способа (прудовый и бассейновый) получения посадочного материала раков.

Естественное разведение раков (на самках). При естественном разведении доинкубация эмбрионов раков на плеоподах самок в ракопитомниках проводится в конце эмбриогенеза – за 2–3 недели перед вылуплением рачков. Эффективность метода определяют выходом (в %) рачков II стадии развития. Доинкубацию икры на самках можно проводить в бассейнах инкубационных цехов или в питомниковых прудах площадью 80–100 м². Самым популярным в раководстве является бассейновый способ получения молоди на самках. В бассейновом хозяйстве для инкубации икры на самках требуется следующее оборудование: бассейны разных размеров (2–3 × 0,5 × 0,4–0,6 м); садки с

ячейками (размером 15 × 10 см) и крышками Стенки и дно садков должны иметь отверстия для выхода рачков на дно бассейнов после отделения от самок. Садки с икряными самками в ячейках погружают в бассейны с проточной водой (рис. 19).

Нормативы инкубирования икры на самках рака:

- оптимальный срок помещения икряных самок в бассейны, питомниковые пруды или в инкубационные установки цехов за 2–3 недели перед вылуплением рачков – II декада июня;

- оптимальная температура воды для вылупления молоди – 18–20°C. При ускоренном разведении, после адаптации в течение нескольких суток, температуру воды терморегуляторами постепенно (на 0,5°C в сутки) повышают до оптимальной температуры (18°C) для стимуляции вылупления рачков;

- проточность воды в бассейнах – 15 л/ мин, уровень воды 30–50 см;

- плотность посадки икряных самок в садках с ячейками (42 шт./м²), свободных самок в бассейнах с убежищами –30–50 шт./м²;

- количество убежищ максимальное, для затемнения используются сдвигающиеся покрытия;

- кормление самок в ячейках садков индивидуальное – 2 раза в неделю кусочками рыбы (1 г рыбы – одной самке), харой или морковью. Суточный рацион –1 % от массы. Кормление прекращается после вылупления рачков;

- требуется тщательный контроль жизнестойкости самок и качества инкубируемой икры. Мертвые и пораженные сапролегнией икринки следует удалять пинцетом.

- Необходимо следить за вылуплением и отделением рачков от самок.

-

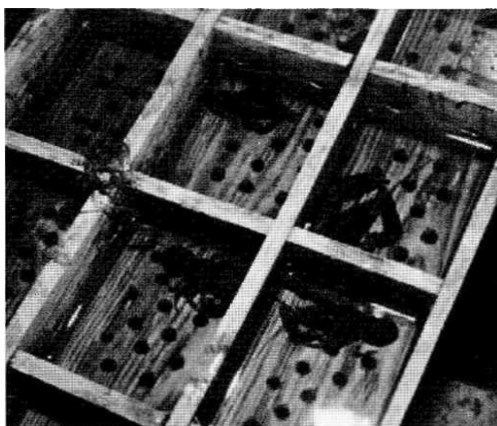


Рис.19 Инкубационные садки с ячейками для икряных самок
Вылупление молоди рака происходит в III–й декаде июня.
Инкубация на самках в бассейнах заканчивается после отделения

рачков от самок. Отделившихся рачков II стадии развития подкармливают зоопланктоном и водорослями (хара). Средний выход молоди II стадии – 50–70 шт./от одной самки. Количество полученных рачков в бассейнах определяют объемным методом.

Используя для естественного разведения питомниковые пруды площадью 50–100 м², самок-икрянок выпускают с плотностью посадки 6–9 шт./м². Проточность воды в прудах – 15–20 л/мин, глубина – 1–1,5 м. Дно прудов – из песка и гравия с максимальным количеством убежищ для икряных самок. Водная растительность (хара) является компонентом питания самок и рачков, а также служит убежищем для молоди. Докармливание самок рекомендуется проводить в кормушках рыбой в вечерние часы. После отделения молоди, самок вылавливают из прудов раколовками, а молодь подращивают до сеголетков или годовиков. Посадочный материал используют для интродукции в нагульные пруды или естественные водоемы.

Искусственное разведение (инкубация икры) раков.

Способ искусственного разведения среди раководов менее популярен из-за значительных затрат рабочей силы, однако является достаточно эффективным при выполнении программ восстановления запасов раков в естественных водоемах. Основной целью разработки эффективных методов искусственного разведения было сохранение максимального количества эмбрионов и увеличение выхода рачков, используемых в качестве посадочного материала. По прогнозам астакологов, способ искусственного разведения в будущем будет применяться значительно шире. Полученная молодь является свободной от патогенов, вызывающих опасные заболевания раков (рачья чума, вирусные заболевания, бактериозы). При инкубации икры в аппаратах уменьшается потенциальное негативное влияние самки на эмбрионы, что очень важно, поскольку идентификация опасных заболеваний раков до сих пор остается затруднительной, меры борьбы не разработаны.

Инкубацию снятой с самок икры проводят в модифицированных рыбоводных аппаратах Вейса, Уайта, Басса, Цукерзиса, а также в инкубаторах современной конструкции, основой которой является индивидуальное инкубирование икры от каждой самки в отдельных микро-инкубаторах. Результаты искусственного разведения раков зависят от умения создать оптимальные условия для инкубации эмбрионов. При ускоренном разведении устанавливают кварцевые лампы и биофильтры для регулирования качества подогреваемой воды.

Рассмотрим инкубационную установку для инкубирования снятой с самок икры с замкнутым циклом водоснабжения. В комплект инкубатора входят:

- лоток, площадью 0,65 м² с механическим блоком, регулирующим работу движущейся колыбельным образом инкубационной установки вдоль лотка с проточной водой;
- насос для обменного водоснабжения и автоматического

регулирования уровня воды в лотке, система аэрации циркулирующей воды в инкубаторе;

- система подогрева воды с терморегулятором для поддержания постоянной температуры воды;

- инкубационные пластиковые сосуды (микроинкубаторы), треугольной формы с перфорированными стенками (ширина отверстия 1,5 мм, длина 5 мм) и округлым дном. Микроинкубаторы с рачьей икрой от одной самки закладываются на поперечные полосы инкубационной установки и погружаются в проточную воду лотка.

Инкубатор предназначен для инкубирования икры в артезианской воде. Перед началом инкубации следует проверить работу инкубатора – отрегулировать водообмен, провести дезинфекцию системы.

Бионормативы инкубации икры, следующие:

- сроки проведения инкубации – II декада июня на стадии «глазка» эмбрионального развития, продолжительность инкубации – 2–3 недели. Начало ускоренной инкубации для снижения потери икры – III декада марта – апрель, продолжительность инкубации – 1,5–2 месяца;

- снятие икры с самок производят осторожно пинцетом, в направлении хвостового плавника. Снятую икру помещают в блюдечки с водой и вместе с водой переливают в микроинкубаторы. При максимальном объеме инкубации в инкубатор закладывается икра от 600 самок;

- проточность воды – 5–10 л/мин, приток свежей воды – 1 л/мин., что составляет 10 % общего объема воды;

- повышение температуры циркулирующей воды производится постепенно – в сутки на 0,5 °С. В начале инкубации требуется адаптация при температуре водоисточника в течение нескольких суток. После адаптации температура воды повышается до 18°С, оптимальной для вылупления рачков;

- гидрохимический состав воды должен удовлетворять следующим требованиям: содержание растворенного в воде кислорода – 8 мг/л; рН – 7–8; общая жесткость – 4–5 мг-экв./л; кальций – 50 мг/л; общее железо – 0,1–0,5 мг/л; окисляемость перманганатная – менее 10 мгО₂/л;

- ежедневный контроль за уровнем температуры воды в инкубационной установке, состоянием икры и рачков. Погибшая икра и рачки приобретают оранжевый цвет. Суточная норма отхода икры – 1 %, максимальный отход наблюдается в конечных стадиях эмбрионального развития, при вылуплении и первой линьке молоди;

- дезинфекция системы инкубатора проводится разными растворами 1–2 раза в неделю, в зависимости от степени поражения

икры сапролегнией. Рекомендуется периодическая чистка сифоном дна лотка от осадков и контроль за качеством воды;

- после вылупления рачки I стадии размером – 11 мм, весом – 23 мг мало двигаются, сцепившись друг с другом, образуют гроздь. На 7–10 день после вылупления, когда молодь претерпевает первую линьку, инкубация икры заканчивается. Размер рачков II стадии постэмбрионального развития – 13 мм, вес – 37–40 мг;

- средний выход молоди II стадии развития при максимальной загрузке инкубатора составляет 30 тыс. шт. рачков с выживаемостью – 60–85 %.

Рачков собирают в таз с водой, откуда их медленно выпускают в выростные пруды или бассейны для выращивания до стадии сеголетка.

Биотехника выращивания молоди раков до стадии сеголетка.

Интродуцируемые в водоемы рачки II–III стадии постэмбрионального развития, массой 40–50 мг беззащитны, вследствие чего становятся легкой добычей хищных водных насекомых и рыб, поэтому в качестве посадочного материала следует использовать рачков более старших возрастных групп (крупные сеголетки или годовики), способных к укрытию и защите. Для обеспечения лучшей выживаемости молоди и увеличения промыслового возврата при интродукции в водоемы желательно выращивать молодь до стадии сеголетка в бассейнах или прудах небольшой площади. Дно бассейнов должно быть покрыто щебнем, слоем песка с частицами гравия, высаженной водной растительностью. Необходимо предусмотреть убежища для молоди. Это могут быть кирпичи с отверстиями, установленные против течения воды. Для затемнения бассейнов используют щиты. Проточность воды устанавливают 15–20 л/мин, начальная плотность

посадки рачков II–III стадий постэмбрионального развития – 100 шт./м².

Для кормления молоди обязательно используют живые корма (зоопланктон), нитчатые водоросли, обваренные овощи (морковь, картофель), рыба. Суточный рацион составляет 1–4 % от массы рачков при 3–4 разовом кормлении. Могут применяться специализированные гранулированные корма для молоди раков.

Пруды для выращивания молоди раков должны отвечать следующим требованиям:

- дно незаиленное, каменистое, с песком, невысокая донная растительность (хара), крутые берега для затемнения. Дно с уклоном для полного спуска воды;

- площадь – менее 25 м², глубина – 0,5–1,0 м, проточность воды 15–20 л/мин.

- убежища для рачков.

Пруды заливают водой за две недели до выпуска в них рачков из инкубационного цеха, что предохраняет от размножения личинок хищных насекомых, врагов молоди. Пруды удобряют для развития достаточного

количества зоопланктона

Сроки выпуска молоди II–III стадий развития – I декада июля. Плотность посадки рачков – 100 шт./м². Питание молоди – детрит, зоопланктон, водоросли, бентосные животные. Кормление – 2 раза в неделю, рыбным фаршем, обваренными овощами (морковь, картофель). Суточный рацион 1–4 % от массы рачков.

Показатели термического и гидрохимического режима должны соответствовать требованиям культивирования раков. Оптимальная температура воды для роста молоди раков в период постэмбрионального развития: широкопалого – 18–22 °С, длиннопалого – 22–24 °С.

Выход сеголетков из прудов и бассейнов составляет 48–67 %. При достижении массы 350–500 мг (сеголетков) раки могут быть использованы в качестве посадочного материала для выпуска в пруды или водоемы. Количество выращенных рачков в бассейнах или прудах определяют объемным методом.

Способ выращивания сеголетков в прудах является более распространенным, чем в бассейнах, так как в последних рачки медленно растут и на стадии сеголетка достигают меньших размеров, чем в прудах.

Выпуск молоди раков в нагульные водоемы. Полученная в ракопитомниках молодь раков используется для зарачивания водоемов с целью воспроизводства запасов речных раков. Время перевозки молоди – конец августа – начало сентября.

Правила транспортирования и выпуска молоди раков следующие:

- посадочный материал транспортируют вечером к месту выпуска;

- на короткие расстояния сеголетков рака перевозят в перфорированных пластиковых или деревянных сетчатых контейнерах размером 0,8×0,5×0,2 м, разложив рачков тонким слоем. Рекомендуется делать не более пяти рядов, каждый слой перекладывают влажной тканью, водной растительностью или мокрой травой. Если транспортировка рачков длится более 1 часа, рекомендуется охлаждение контейнеров пакетами со льдом. По прибытии на место контейнеры несколько раз погружают в воду и тут же вынимают на воздух;

- при более длительных перевозках рачков транспортируют в рыбоводных полиэтиленовых пакетах с водой, насыщенной кислородом. После прибытия на место пакеты с молодью помещают в водоем для постепенного выравнивания температуры.

- рачков распределяют равномерно по мелководным участкам (1,5–2 м глубины), имеющих естественные укрытия – заросли мягкой водной растительности, слабо заросших макро- фитами. Норма выпуска сеголетков раков – 10 шт. на 1 м береговой линии

водоема.

Выпуск рачков в планируемые водоемы следует повторять в течение нескольких лет. Эффективность интродукции зависит от качества воды, структуры литоральной зоны водоема, видового состава рыб. Для выпуска раков пригодны естественные водоемы, где нет угрей, а плотность щук и окуней минимальная.

Лекция 15 Технология культивирования пресноводных креветок

Вопросы

1. Значение креветок.
2. Краткая характеристика пресноводных креветок.
3. Культивирование пресноводных креветок.

Креветки занимают первое место по вылову и второе место по гастрономическим качествам среди остальных промысловых ракообразных. Промысловый лов базируется, в основном, на крупных половозрелых креветках, добываемых в прибрежных водах и открытом море, и на мелких неполовозрелых, добываемых в отдельных участках прибрежных вод.

Креветки во всем мире являются весьма ценным объектом промысла. По данным ФАО в 2014 году мировая продукция креветок составила 8,17 млн. тонн, в т.ч. вылов составил около 3,59 млн. тонн, производство креветок в аквакультуре достигло 4,58 млн. тонн. В последние годы аквакультура креветок динамична, в период с 2008 по 2014 производство креветок увеличилось на 34,7 %, вылов в естественных водоемах увеличился на 11,5 %.

По данным ФАО основными производителями креветок являются Китай и страны Юго- Восточной Азии (рис. 20).

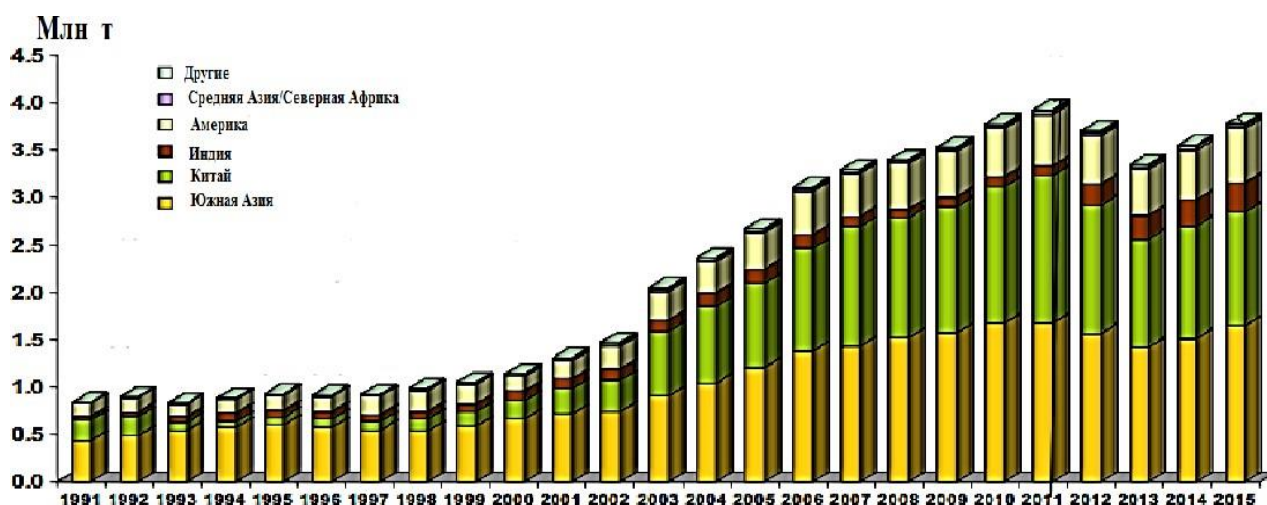


Рис. 20. Динамика мировой продукции креветок, выращенных в

условиях аквакультуры (рисунок ФАО, 2017)

Самыми популярными для выращивания в условиях аквакультуры являются морские виды креветок *Penaeus vannamei* (белоногая тихоокеанская, королевская, ваннамей) и *Penaeus monodon* (тигровая).

В 2014 году по объему выращивания белоногая креветка заняла шестое место в мире среди объектов аквакультуры. Объемы производства тигровой креветки значительно ниже. На долю этих двух видов креветок приходится более 90 % от общего мирового производства креветок, выращиваемых в аквакультуре.

Эти морские креветки выращивают преимущественно в прудах, бассейнах, установках с замкнутым циклом водоснабжения, рисовых чеках, в последние годы широко распространяется модель интенсивного разведения ценных морских креветок в теплицах, которая дает высокую урожайность в 20–40 тонн с гектара.

Во внутренних водах выращиваются и другие виды креветок: *Macrobrachium rosenbergii*

(гигантская пресноводная), *M. Nipponense* (восточная), *Penaeus indicus* (индийская),

P. merguensis (банановая), *P. stylirostris* (восточная голубая), *Metapenaeus monoceros* (коричневая).

По данным ФАО (2017) в странах Юго-Восточной Азии в среднем ежегодно в период 2008–2012 гг. выращивалось 84,4 % «континентальных» креветок от общего объема мирового производства креветок, выращенных в аквакультуре. Основные объекты выращивания в этих странах ваннамей, тигровая, гигантская пресноводная, восточная креветки (рис. 21)

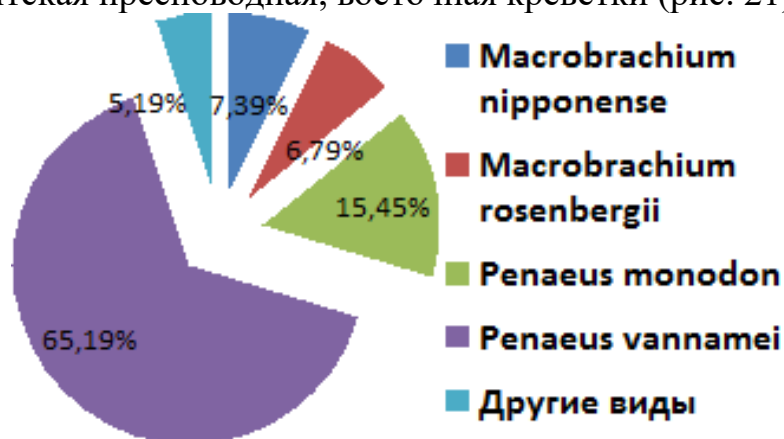


Рис. 21. Соотношение объемов производства отдельных видов креветок в Юго-Восточной Азии

На долю пресноводных креветок *Macrobrachium rosenbergii* и *M. nipponense* приходится 14 % от общего производства.

На юге Россия возможно выращивание в прудах тропической гигантской пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii*,

являющейся одним из наиболее изученных видов рода и имеющей важнейшее значение для аквакультуры.

По оценке американских специалистов культивирование и промысел этих ракообразных приносит большой доход. Причем производство креветок в США ежегодно увеличивается из-за растущего спроса на этот продукт.

Причина большой популярности рачков заключается в их способности благоприятно воздействовать на сердечно-сосудистую систему человека. Поэтому из всего числа рыболовецких судов, траулеров-креветочников больше половины. В Скандинавских странах из съедобных частей креветок приготавливают различные национальные блюда, а отходы используют на корм скоту. У берегов Норвегии ловят северную розовую креветку, норвежские крестьяне, живущие в прибрежных районах, скармливают ее коровам, получая жирное молоко. В государствах тропической зоны Тихого океана, таких, как Индия, Индонезия, Малайзия, Вьетнам, Китай, издавна занимаются выращиванием креветок. Ежегодно продукция специализированных хозяйств этих стран достигает 70 тыс. тонн. В России большой интерес для культивирования представляют холодноводные креветки (например, травяной шримс), обитающие в прибрежных водах Дальнего Востока.

Мясо креветок, как и крабов, очень ценный источник белков и минеральных элементов. Особенно много в нем йода почти в 100 раз больше, чем в говядине. В мясе шримсов содержатся натрий, калий, кальций, магний, сера, медь, цинк и др. элементы. Химический состав креветок шримса: содержание белков 14–22 %, жиров 0,7–2,3, углеводов – 0,3–4,9, минеральных веществ – 1,5 – 7,2 %. Немало в сыром мясе креветок витаминов: тиамина, рибофлавина и др. В муке из креветочной массы содержатся (в %): протеина – 48–56, жира – 15–20, кальция – 3,2, фосфора – 2,1. Средняя калорийность 1 кг муки составляет 3000 килокалорий.

Реализуют креветок в свежемороженом, консервированном и сухом виде. По своему составу мясо креветок очень напоминает крабов, но обладает более нежным вкусом и ароматом. Из креветок готовят прекрасные супы и салаты, очень вкусны они отварные, жареные и запеченные.

Креветки играют огромную роль в экосистеме морей и океанов. Они являются санитарами, очищают дно водоемов от остатков трубочников, водных насекомых и рыб.

Обитатели тропиков и субтропиков креветки рода *Macrobrachium* также имеют важное хозяйственное значение. Практически все они являются объектами интенсивного промысла.

Однако естественных запасов недостаточно для удовлетворения спроса на них. В связи с этим в последние годы интенсивно развивается аквакультура пресноводных креветок

2. Биологические особенности пресноводных креветок.

Креветки относятся к членистоногим, классу ракообразных, отряду десятиногих. Тело креветки состоит из 3 отделов: головного, грудного и брюшного. Голова и грудь креветок прикрыты общим панцирем карапаксом, передний конец которого вытянут в рострум. За грудным отделом тела следует брюшной (абдомен). Абдомен снабжен плавательными двух- ветвистыми ножками – плеоподами. Конечности последнего брюшного сегмента – уropоды – вместе с тельсоном образуют хвостовой веер. Практически все виды креветок способны как плавать, так и ползать по дну. Окраска креветок разнообразна, но преобладают серые и светлые тона. Большое значение для цвета окраски имеет оттенок субстрата.

Креветки раздельнополы. Половой диморфизм выражен ярко: у самцов вторые ноги всегда длиннее туловища, а у самок короче и развиты слабее.

Распространение. Род креветок *Macrobrachium* распространен в основном в тропической зоне, характеризующейся температурой воды 27 °С с незначительными колебаниями.

В настоящее время отдельные виды креветок акклиматизированы в водоемах-охладителях энергетических объектов различных стран. В Республике Беларусь акклиматизирована восточная речная креветка – *Macrobrachium nipponense* – в водоеме-охладителе Березовской ГРЭС.

Отношение к факторам среды. Креветки рода *Macrobrachium* могут существовать в температурном диапазоне 14–33 °С, хотя оптимальная 27–30 °С. Отдельные виды способны кратковременно переносить температуру порядка 3–4 °С, но уже при температуре ниже 10 °С перестают питаться. Период размножения у большинства видов начинается при температуре свыше 20 °С.

Большое значение в жизни креветок играет продолжительность освещения. Оптимальным считается 14 ч светлого времени и 10 ч – темного.

Отношение к солености специфично для разных видов. Метаморфоз может протекать в пресной, солоноватой и морской воде.

Размножение. В тропиках креветки рода *Macrobrachium* размножаются круглый год. Однако интенсивность размножения у них непостоянна: она возрастает в период сезонных дождей. В водоеме-охладителе Березовской ГРЭС период размножения *Macrobrachium nipponense* составляет 5–6 мес. Начинается нерест в весенние месяцы, когда температура воды устойчиво сохраняется выше 20 °С. Заканчивается при температуре ниже 20 °С. Абсолютная плодовитость зависит от размера и массы самки и составляет в среднем для *Macrobrachium nipponense* – 1279 шт., *Macrobrachium rosenbergii* 21270 шт. Выживаемость яиц колеблется от 26 до 60 %.

Жизненный цикл креветок рода *Macrobrachium* включает следующие стадии: эмбриональную, личиночную, ювенильную, половозрелую.

Эмбриональная стадия. Продолжительность развития яиц зависит от температуры. В целом у креветок рода *Macrobrachium* эмбриональное развитие нормально протекает в температурном диапазоне 21–33°C, оптимальной температурой считается 25–29 °C.

Личиночная стадия характеризуется максимальной смертностью, которую вызывают болезни, хищники, низкое качество воды, резкие изменения среды. Личиночное развитие состоит из последовательно сменяющих друг друга стадий («*zoea*»), обозначаемых римскими цифрами I–XIII.

После завершения метаморфоза личинки превращаются в послеличинок. С этого момента они напоминают взрослых креветок и начинают вести донный образ жизни.

Ювенильная стадия. Для ювенильного периода креветок характерны смена условий обитания, спектра питания и удельной скорости роста, для нормального роста креветок рода *Macrobrachium* требуется температура воды 20–32 °C. Нижний температурный предел составляет 11 °C, верхний 40 °C. В целом креветки рода *Macrobrachium* характеризуются коротким ювенильным периодом.

Половозрелая стадия. На этой стадии креветки продолжают вести донный образ жизни, им свойственна сумеречная активность. Пищевой спектр по сравнению с ювенильной стадией еще более расширяется. Температурный диапазон сохраняется в прежних пределах. Определение возраста у креветок чрезвычайно затруднено в связи с отсутствием ясно выраженных возрастных структур.

Питание. В связи с интенсивным культивированием пресноводных креветок особый интерес представляет технология кормления личинок в условиях аквакультуры. Лучшим кормом для выращивания личинок креветок считаются 1–2 суточные науплиусы артемии салины. В качестве дополнительной пищи «*zoea*» применяют яичный порошок, протертую икру рыб, мелкий фито- и зоопланктон, тетрамин, высушенную куриную кровь, рубленых червей и др.

Большинство половозрелых креветок рода *Macrobrachium* – полифаги, способные питаться любым живым кормом в зависимости от состава местной флоры и фауны. При недостатке корма они становятся каннибалами. Однако предпочитаемый корм, например, для *Macrobrachium nipponense*, в водоеме-охладителе Березовской ГРЭС – личинки хирономид. Совершенно иной состав пищи у африканских креветок *Macrobrachium macrobrachium*, который на 73–74% состоит из детрита растительных волокон, а на 26–27 % – из остатков водорослей, чешуи рыб и костей.

Для ведения интенсивных креветочных хозяйств в Японии, Таиланде и др. странах разработаны специальные рецепты и выпускают

сбалансированные кормосмеси для молоди и половозрелых креветок, учитывающие возраст животных, особенности культивирования (прудовый и садковый методы).

Однако, следует помнить, что роль искусственных кормов намного возрастает в сочетании с естественной кормовой базой.

3. Культивирование пресноводных креветок

В настоящее время выделяют три метода ведения аквакультуры: экстенсивный, интенсивный и в автономных системах замкнутого типа. Методы экстенсивного культивирования креветок издавна применяются в Юго-Восточной Азии и тропической области. Суть их заключается в отлове молоди из естественных мест обитания и ее выращивания до товарной массы в прудах. С конца 60-х годов начинает развиваться метод интенсивного ведения аквакультуры. Для него характерны улучшение биотехнологии, кормление сбалансированными кормами, особые условия содержания, довольно высокая степень высокой технической оснащенности и контроля. Все это позволяет получать посадочный материал высокого качества при хорошей выживаемости. Особое место занимают различные виды систем замкнутого цикла водоснабжения. В этих системах вода циркулирует через бассейны с гидробионтами, проходит через сложную систему фильтров и вновь подается в бассейны.

Какой метод применить и где зависит от географических условий, экономической и технической базы хозяйств. В любом случае основное внимание необходимо уделять качеству посадочного материала, от которого в дальнейшем и будут зависеть товарные свойства креветок.

Способы культивирования разнообразны и сочетают в себе традиционные методы с вполне современными дополнениями.

Как было отмечено выше, большинство креветок рода *Macrobrachium* имеют сходные жизненные циклы. Поэтому основные гидрохимические и биологические параметры для разных видов креветок весьма близки: температура – 27–30 °С, продолжительность световой части суток 14–16 часов, рН – 7,7–8,0, концентрация растворенного в воде кислорода не ниже 3–4 мг/л.

Наиболее специфический фактор – соленость воды, которая зависит от биологических особенностей конкретного вида и только на личиночной стадии развития.

Плотность посадки личинок в культиваторы неодинакова, она может достигать 50 экз/л при выживаемости 50–70 %.

Товарное выращивание креветок начинается со стадии послелички. Среди пресноводных креветок основным объектом аквакультуры является гигантская пресноводная креветка.

Закончив личиночный метаморфоз, постличинки могут находиться 1–2 недели в личиночных бассейнах. Затем их

извлекают из солоноватой воды и переводят в пресноводные пруды, садки и т. п. Перевод в пресную воду осуществляется постепенно, через распреснение, которое рекомендуется проводить непосредственно в личиночных бассейнах. Постличинкам свойственен положительный фототаксис, что можно использовать при их отлове из личиночного бассейна. После распреснения постличинок переводят в сборники – бетонные емкости до 50 м³, где они выдерживаются в течение 1–2 недель до расселения. Плотность посадки в течение 1-го месяца достигает до 2000 экз/м². Затем послеличинок можно помещать в нагульные пруды или в небольшие выростные пруды. В нагульных прудах плотность посадки может колебаться от 5 до 20 экз/м² и зависит от возможности использования качественных комбикормов, от размера принятых для продажи креветок и от технических возможностей по уходу за прудами.

Оптимальный размер нагульных прудов – 0,3 га. Дно в прудах должно быть ровным и чистым, а глубина воды – 1 м. При необходимости устанавливают аэраторы.

В нагульных прудах можно применять как метод круглодичного непрерывного выращивания, так и метод выращивания отдельной партией при разовой посадке в пруды. При непрерывном выращивании в прудах обычно создается большая плотность креветок, чем при культивировании отдельными партиями. Одна из важных задач при культивировании креветок это борьба с хищниками и браконьерами.

Перевозка креветок. Общепринятой является перевозка креветок в многослойных мягких емкостях, частично заполненных водой. Для перевозки креветок от места вылова к месту разбора собранного материала можно использовать плетеные корзины, в которых животных перекладывают влажными растениями. В этих условиях они не погибают без воды в течение нескольких часов, а при относительно влажной погоде и в течение суток.

После рассортировки по размерным группам креветок помещают в многослойные полиэтиленовые пакеты, заполненные отфильтрованной и отстоянной водой, и добавляют туда воздух или кислород. В случае длительной транспортировки кислород в емкостях следует менять дважды.

Пакеты наглухо завязываются и опускаются в картонные или пенопластовые коробки с указанием верха тары и надписями «Не кантовать», «Боится холода». При перевозке креветок можно использовать емкость объемом 100 л (с 40 л воды), в которой устанавливаются перегородки. При длительной транспортировке постличинок перевозят в малых пластиковых мешках. Плотность посадки 120–250 особей на 1 л воды, при этом на 1/3 воды берется 2/3 кислорода. В пресную воду можно добавить немного морской воды. Углы мешков следует округлить при помощи резинок чтобы избежать попадания в них маленьких креветок.

По прибытии на место выпуска температура в мешке выравнивается

с температурой воды в водоеме. Еще одним из условий при первичном выпуске креветок в водоеме является отсутствие в этом месте хищных видов рыб.

Перед помещением в транспортные емкости креветок их не кормят в течение 12 часов, предшествующих транспортировке. Такая процедура необходима для снижения содержания метаболитов в воде транспортных емкостей, поскольку именно метаболиты являются главной причиной гибели креветок при остальных благоприятных факторах.

Нельзя проводить транспортировку креветок вместе с водорослями так как при транспортировке неукорененные водоросли разлагаются, что приводит к порче воды и гибели переселенцев.

Лекция 16. Марикультура. Морские водоросли – объекты марикультуры

Вопросы

1. Марикультура и ее классификация.
2. Современное состояние марикультуры водорослей и основные культивируемые виды.
3. Хозяйственное значение водорослей.
4. Культивирование порфиры.
5. Особенности культивирования зеленых водорослей.

1. Марикультура и ее классификация

Важнейшим источником в питании населения многих стран являются биологические ресурсы Мирового океана, обеспечивающие 20 % белков. В то же время возникающая острота продовольственной проблемы во всем мире требует не только усиленных поисков более полного использования водных биоресурсов, но и получения дополнительной продукции за счет повышения биопродуктивности шельфов, а также выращивания гидробионтов на гидротехнических установках в прибрежье и в береговой зоне.

Вероятно, поэтому, в последние годы стремительно стало развиваться новое рыбохозяйственное направление – марикультура, потенциальные возможности которой хотя и несравнимы пока с использованием естественных запасов, но весьма существенны и могут внести большой вклад в решение белковой, углеводной и др. проблем, стоящих перед растущим населением Земли.

Марикультура (от лат. *marinus*), или морская культура – направление аквакультуры, занимающееся разведением или выращиванием морских гидробионтов – водорослей, моллюсков, ракообразных, рыб и иглокожих в морях, лиманах, эстуариях или в

искусственных условиях.

Морская аквакультура имеет три основных направления:

- разведение естественных популяций (получение икры и выпуск в море выращенной молоди на жизнестойких стадиях);
- полносистемное хозяйство в отгороженных участках моря;
- выращивание в бассейнах и прудах с морской водой.

Под марикультурой обычно понимают интенсивное выращивание гидробионтов с целью воспроизводства особей промысловых видов (запаса), а также кормовых организмов. К марикультуре относятся:

- культивирование гидробионтов – растений или животных (животные в свою очередь, подразделяются на беспозвоночных и рыб) – в пресной, солоноватой или морской воде, включающее их искусственное воспроизводство и товарное выращивание;
- промышленное выращивание гидробионтов по определенной технологической схеме, с полным контролем над всеми звеньями процесса;
- хозяйствование на водоемах с целью повышения их продуктивности;
- выращивание кормовых организмов – коловраток, копепод, мизид, артемий.

В широком смысле марикультура – это активное вмешательство в управление биологическими процессами в морской среде: разнообразные формы биологической мелиорации (улучшения условий обитания организмов), акклиматизации (приспособления организмов-переселенцев и их потомства к новым условиям среды), трансплантации (переселения) промысловых и кормовых организмов, создание новых гибридных форм, уменьшение количества вредных животных с использованием технических и биологических методов и др.

Применяемые в настоящее время методы включают: улучшение среды обитания (в том числе строительство искусственных рифов), создание специальных кормов и систем искусственного питания, перемещение популяций в более продуктивные районы и строительство инкубационных устройств, продуцирующих молодь, которую затем переносят в море. С помощью таких устройств можно решить проблему воспроизводства в тех районах, где есть подходящая естественная среда, подобная крупным приливно-отливным ваннам, дающим достаточную защиту будущей молоди.

Основные объекты марикультуры – мидии, устрицы, креветки, водоросли (ламинария, порфира, ундария), иглокожие, рыбы (лососевые, осетровые, кефали, желтохвост, и др.).

В настоящее время можно выделить 2 основных направления развития марикультуры:

- первое – это разведение и товарное выращивание рыб и беспозвоночных в контролируемых условиях с применением искусственных кормов. Из морских хозяйств этого направления для

умеренных широт наиболее перспективны следующие 3 типа:

1-й тип – полуциклический – рыбы и беспозвоночные разводятся в искусственных условиях (на рыбоводных заводах, в питомниках) для получения жизнестойкой молоди с последующим выпуском ее в естественные водоемы. При этом производители вылавливаются на месте или завозятся из других районов (иногда завозят только личинок беспозвоночных или икру рыб для доинкубации в районах выпуска). Выпуск на нагул в море молоди рыб, в первую очередь возвращающихся в родные реки для нереста (лососей, осетров), обычно называют пастбищной марикультурой. Затраты кормов при таком способе культивирования необходимы лишь на этапе подращивания молоди;

2-й тип – тоже полуциклический, но более сложный – молодь, вылавливаемая в море или поставляемая из морских хозяйств 1-го типа, выращивается до товарных размеров в специальных емкостях (садках, бассейнах и др.) или отгороженных от моря участках при использовании полноценных искусственных кормов, санитарного контроля и других профилактических мероприятий;

3-й тип – полноциклический – морские хозяйства, имеющие свое маточное стадо и емкость (бассейны) для выращивания культивируемых организмов полностью в контролируемых условиях с использованием искусственных кормов. Это наиболее сложный тип хозяйств, требующий больших капиталовложений, но позволяющий получать максимальный объем продукции.

- второе направление развития марикультуры – товарное выращивание морских организмов на естественной кормовой базе. Осуществляется в прибрежных районах моря, бухтах, заливах (водоросли, моллюски), в отгороженных участках бухт и заливов, в плавающих и стационарных сетных садках (рыбы), в береговых прудах и емкостях с морской водой (рыбы, ракообразные).

На продукцию марикультуры ежегодно приходится до 60 % всех добываемых в мире брюхоногих и двустворчатых моллюсков (в том числе до 90 % мидий и 98 % устриц), больше половины всех добываемых водорослей и более 16 тыс. т креветок. В той или иной степени, марикультурой занимаются большинство прибрежных государств. Основные страны, интенсивно развивающие марикультуру – Япония, Испания, США, КНР, Норвегия, Великобритания.

Современное развитие марикультуры и увеличение ее доли на мировом рынке рыбной продукции обусловлено новым, более высоким уровнем ее развития – интенсификацией этой отрасли хозяйства.

Выделяют интенсивную марикультуру, санитарную и санитарно-товарную.

Интенсивная марикультура – это активное искусственное

воздействие на одну или на все стадии жизненного цикла объекта культивирования. Это искусственное воспроизводство жизнестойкой молоди и ее дальнейшее подращивание до товарных размеров на специальных заводах. Это внесения на морские плантации дополнительных кормов или удобрений. Это селекционная работа и выведения гидробионтов с заданными высокими товарными качествами. В практической деятельности чаще встречается смешанный тип ведения морского хозяйства, когда для получения в больших количествах жизнестойкой молоди животных или рассады водорослей применяется интенсивная заводская технология, а выращивание до товарных размеров происходит в естественных условиях в море. Целями марикультуры может быть восстановление и увеличение численности и биомассы объектов водных биоресурсов или выращивание животных и водорослей в коммерческих целях. Но у этого вида хозяйственной деятельности может быть еще одна специализация – это санитарная или санитарно–товарная марикультура.

Санитарная марикультура – культивирование гидробионтов для биологической очистки прибрежных вод. Используется многократно усиленная средствами марикультуры способность морских экосистем изменять качественные характеристики водных масс, основанная на свойствах ряда организмов накапливать, связывать, либо использовать для своего развития те или иные вещества, изымаемые из окружающей среды. Так, например, на 1 квадратном метре мидиевой банки моллюсками за сутки может быть профильтровано от 50 до 90 м³ воды, причем количество патогенных бактерий, содержащихся в воде за один прогон уменьшается в 2 раза.

Биологическое очищение моря происходит за счет биоседimentации и осветления воды животными-фильтраторами, минерализации органического вещества животными детритофагами, фотосинтетической аэрации воды зарослями водорослей и трав и обогащения ее биологически активными метаболитами, инкорпорации поллютантов и биологической детоксикации химических соединений.

В **санитарно–товарной** марикультуре после специальной очистки многие животные и растения могут быть использованы в пищу или переработаны на технические нужды.

Санитарная марикультура – дело перспективное и необходимое, особенно для побережий с крупными приморскими городами и большим объемом промышленных и бытовых стоков. Однако, существует опасность образования застойных зон и возникновения вторичного загрязнения, ведь животные и растения концентрируют и накапливают в себе вредные вещества. Поэтому для разработки и реализации каждого проекта санитарной марикультуры требуется проведение индивидуального комплекса исследований состава загрязнений, гидрологических условий акватории, возможностей утилизации и очистки выращенной продукции.

2. Современное состояние марикультуры водорослей и основные культивируемые виды

Крупномасштабное культивирование морских водорослей сосредоточено в странах Юго- Восточной Азии. Общий объем культивируемых водорослей в мире на настоящий период составляет около 2,8 млн. т. При общем объеме использования водорослей более 3,5 млн. т доля культивируемых составляет около 80 %. В ряде стран Америки и Европы (включая Россию) культивирование морских водорослей находится на уровне «опытных предприятий».

В общем объеме марикультуры макрофитов первое место занимают бурые водоросли. По таксономической принадлежности все объекты крупномасштабного выращивания относятся к порядку *Laminariales*. Основным объектом является *Laminaria japonica*. В наиболее крупных масштабах культивируется в Китае, Японии. В значительных объемах этот вид также культивируется в Южной Корее и КНДР. В Японии широко культивируется другой вид ламинариевых водорослей – *Undaria pinnatifida*. Общий объем используемой ундарии в настоящее время составляет 300 тыс. т.

В разных странах (США, Канада, Франция, Китай, Германия, Бельгия и др.) проблемам культивирования различных видов ламинариевых водорослей начинают уделять все больше внимания. В связи с этим проводятся научные исследования и организуются «опытные фермы». Перспективным для крупномасштабного культивирования считается макроцистис (*Macrocystis pyrifera*). В настоящее время его используют главным образом в качестве сырья для производства альгинатов. Исследуется возможность культивирования этого вида как энергетического сырья для получения метана в результате ферментативной обработки его талломов. В Бельгии ведутся работы по культивированию *Laminaria hyperborea*. Этот вид в значительных масштабах добывается в Норвегии и используется для производства альгинатов. Из других бурых водорослей с целью выяснения перспектив их промышленного культивирования начаты первые опыты по выращиванию ряда видов семейства *Sargassaceae*, порядок *Fucales* (США, Япония) – *Sargassum hozneri*. Данный вид не перспективен для производства альгинатов, так как дает альгинаты слабой вязкости поэтому его рассматривают как потенциальное энергетическое сырье для получения метана и в качестве биофильтров для очистки морских вод. Новым объектом культивирования среди бурых водорослей является *Cladosiphon* (порядок *Chordariales*, семейство *Chordariaceae*).

В России промышленное культивирование ламинариевых водорослей освоено на Японском (*Laminaria japonica*), Белом и

Баренцевом (*Laminaria saccharina*) морях. На Баренцевом море первая опытно-промышленная ламинариевая плантация была создана в 1983 году. Результаты культивирования были признаны положительными. Опытное-промышленное культивирование показало, что ламинариевые хозяйства в условиях Севера способны быть высококорентабельными.

Мировой спрос на вещества и продукты, получаемые из водорослей расширяется и постоянно увеличиваются объемы их переработки. Неуклонно растут цены как на сырье, так и на продукты и препараты, получаемые из водорослей. Водорослеперерабатывающая промышленность постоянно развивается.

Таким образом, наибольшее значение в качестве выращиваемых объектов имеют морские водоросли *Laminaria*, *Undaria*, *Macrocystis*, *Porphyra*, *Eucheuma*, *Chondrus* (хондрус), гелли-диум, фуруцеллария, *Gigartina*, *Hypnea*, *Gracilaria*, энтероморфа и ульва, монострома.

3. Хозяйственное значение водорослей

Микроводоросли используются, в основном, для получения белка. Весьма перспективны в этом отношении и культуры одноклеточных водорослей, в частности высокопродуктивных штаммов рода *Chlorella* и *Scenedesmus*. Их биомасса после соответствующей обработки используется в качестве добавки в рационы скота, а также в пищевых целях. Одноклеточные водоросли выращивают в условиях мягкого теплого климата в открытых бассейнах со специальной питательной средой.

Таким образом, хозяйственное значение водорослей очень велико. Можно выделить значение в природе и в практическом использовании.

В природе.

1. Поглощение углекислого газа.
2. Выделение кислорода.
3. Источник питания гидробионтов.
4. Место обитания и убежищ для животных.

Хозяйственное значение.

1. Продукт питания для человека.

В пищу употребляют не менее 100 видов макрофитных водорослей как в странах Европы и Америки, так и особенно на Востоке. Из них готовят много разнообразных блюд, в том числе диетических, салатов, приправ. Их подают в виде засахаренных кусочков, своеобразных конфет, из них варят варенье, делают желе, добавки к тесту и многое другое. В магазине можно купить консервы из морской капусты – ламинарии дальневосточных или северных морей. Ее консервируют с мясом, рыбой, овощами, рисом, употребляют при приготовлении супов и др. Она наряду с микроводорослью хлореллой является самой популярной съедобной и кормовой водорослью. Основная масса выращенных ламинариевых водорослей используется для производства пищевой продукции.

Известны и другие съедобные макрофитные водоросли – ульва, из

которой делают разные зеленые салаты, а также алария, порфира, родимения, хондрус, ундария и др. В Японии продукты, получаемые из ламинариевых, называют «комбу», и для того, чтобы их вкусно приготовить, существует более десятка способов.

2. Корм для скота.

В целом ряде стран водоросли используют как весьма полезную витаминную добавку к кормам для сельскохозяйственных животных. Их прибавляют к селу, или дают как самостоятельный корм, для коров, лошадей, овец, коз, домашней птицы во Франции, Шотландии,

Швеции, Норвегии, Исландии, Японии, Америке, Дании. Животным скармливают в виде добавки также биомассу выращиваемых микроводорослей (хлорелла, сценедесмус, дуналиелла и др.).

3. В качестве удобрений.

Наряду с кормами водоросли давно применяют в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Биомасса обогащает почву фосфором, калием, йодом и значительным количеством микроэлементов, пополняет также ее бактериальную, в том числе азотфиксирующую, микрофлору. При этом в почве водоросли разлагаются быстрее, чем навозные удобрения, и не засоряют ее семенами сорняков, личинками вредных насекомых, спорами фитопатогенных грибов.

4. Использование в фармацевтике, получение лекарственных препаратов.

Гидролизаты белка зеленой водоросли *Scenedesmus* используются в медицине и косметической промышленности. В Израиле на опытных установках проводятся эксперименты с зеленой одноклеточной водорослью *Dunaliella bardawil*, которая синтезирует глицерол. Эта водоросль относится к классу равножгутиковых и похожа на хламидомонаду. *Dunadiella* может расти и размножаться в среде с широким диапазоном содержания соли: и в воде океанов, и в почти насыщенных солевых растворах Мертвого моря. Она накапливает свободный глицерол, чтобы противодействовать неблагоприятному влиянию высоких концентраций солей в среде, где она растет. При оптимальных условиях и высоком содержании соли на долю глицерола приходится до 85 % сухой массы клеток. Для роста этим водорослям необходимы: морская вода, углекислый газ и солнечный свет. После переработки эти водоросли можно использовать в качестве корма для животных, так как у них нет неперевариваемой клеточной оболочки, присущей другим водорослям. Они также содержат значительное количество β -каротина. Таким образом, культивируя эту водоросль, можно получать глицерол, пигмент и белок, что весьма перспективно с экономической точки зрения.

Одним из самых ценных продуктов, получаемых из красных водорослей, является агар – полисахарид, присутствующий в их оболочках и состоящий из агарозы и агаропектина. Количество его доходит до 30–40 % от веса водорослей (грацилярия, гелидиум).

Водоросли – единственный источник получения агара, агароидов, каррагинина, альгинатов. В России основным источником агара служит красная водоросль анфельция.

5. В химической промышленности. Бурые водоросли являются единственным источником получения одних из самых ценных веществ водорослей – солей альгиновой кислоты, альгинатов. Альгинаты исключительно широко применяются в народном хозяйстве. Это изготовление высококачественных смазок для трущихся деталей машин, медицинские и парфюмерные мази и кремы, синтетические волокна и пластики, стойкие к любой погоде лакокрасочные покрытия, не выцветающие со временем ткани, производство шелка, клеящих веществ исключительно сильного действия, строительных материалов, пищевые продукты отличного качества – фруктовые соки, консервы, мороженое, стабилизаторы растворов, брикетирование топлива, литейное производство и многое другое. Альгинат натрия – наиболее используемое соединение – способен поглощать до 300 весовых единиц воды, образуя при этом вязкие растворы.

Макроцистис в настоящее время его используют главным образом в качестве сырья для производства альгинатов. Исследуется возможность культивирования этого вида как энергетического сырья для получения метана в результате ферментативной обработки его талломов. *Laminaria hyperborea* в значительных масштабах добывается в Норвегии и используется для производства альгинатов.

Бурые водоросли богаты также весьма полезным соединением – шестиатомным спиртом маннитом, который с успехом применяют в пищевой промышленности, фармацевтике, при производстве бумаги, красок, взрывчатки и др. Бурые водоросли в ближайшее время используются для получения биогаза.

6. Биологическая очистка сточных вод.

Суспензионные культуры макрофитных водорослей открывают в перспективе возможности использования их в качестве трофического звена в марикультуре. Они могли бы также выступать в качестве партнера в искусственно создаваемых растительных ассоциациях, участники которых обладают полезными свойствами. Выделяемые клетками культуры экзометаболиты, характерные для исходного вида водоросли, будут составлять основу трофического обмена при удачном подборе партнеров в растительной ассоциации или комплексе марикультуры. Необходимо отметить, что при отсутствии токсического и антагонистического действия выделяемых соединений в естественных условиях существуют разнообразные и многочисленные природные ассоциации, например, повсеместно встречающиеся комплексы

водорослей и бактерий.

4. Культивирование порфиры

Отдел красных водорослей, или багрянок (лат. *Rhodophyta*), включает более 600 родов и около 4000 видов. Древнейшие красные водоросли, обнаруженные в кембрийских отложениях, имеют возраст около 550 млн. лет.

Всего в мире в настоящее время добывают более 800 тыс. т красных водорослей, из них более половины выращивают, и доля культивируемых водорослей с каждым годом возрастает. Из 20–25 культивируемых видов водорослей только четыре выращиваются в значительных масштабах – это виды рода *Porphyra* (Япония, Китай) и *Eucheuma* (Филиппины, Китай). В меньших масштабах культивируют виды *Gracilaria* (Тайвань, Китай, Гавайи), *Gloiopeltis* (Китай, Япония) и совсем мало – *Gelidium* (Япония), *Gelidiella* (Индия).

Красные водоросли – обитатели прежде всего морских водоемов, пресноводных представителей известно немного. Багрянки широко распространены во всех морях от зоны прилива и отлива до глубины 50–100, иногда 200 м. Красные водоросли относительно невелики – от нескольких сантиметров до 2 м. В их хроматофорах кроме хлорофиллов и каротиноидов содержится еще ряд водорастворимых пигментов – фикобилинов: фикоэритрины (красные), фикоцианины и аллофикоцианины (синие). В итоге окраска таллома варьируется от малиново-красной (если преобладает фикоэритрин) до голубовато-стальной (при избытке фикоцианина). Запасным полисахаридом красных водорослей является багрянковый крахмал, зерна которого откладываются в цитоплазме вне хлоропластов. По своей структуре этот полисахарид ближе к амилопектину и гликогену, чем к крахмалу. Биомасса красных водорослей в естественных зарослях составляет десятки или даже сотни граммов на 1 м².

Размножаются красные водоросли вегетативно, бесполом и половым способами. Вегетативное размножение осуществляется за счет образования дополнительных побегов, отрастания нового таллома от подошвы старого, отмершего, а также путем деления клеток. Оторванные участки талломов погибают.

Бесполое размножение багрянок происходит при помощи неподвижных спор, образующихся в спорангиях обычно по четыре (тетра-споры) или по одной (моноспоры).

Половое размножение красных водорослей осуществляется путем образования сложно устроенных половых органов. Женский половой орган, называемый карпогоном, возникает на концах боковых веточек. Нижняя часть его расширена, а верхняя сужена в так называемую трихогину. В нижней части карпогона находится

яйцеклетка.

Мужские органы – антеридии – собраны группами на концах сильно ветвящихся нитей. В них развивается по одному неподвижному сперматозоиду, называемому спермацием. Спермаций током воды переносится к карпогону, здесь приклеивается к трихогине, растворяет оболочку и переливает содержимое через трихогину в брюшную часть карпогона, где и происходит оплодотворение. После этого трихогина увядает. Зигота делится многократно, образуя карпоспоры.

У более примитивных красных водорослей (*Porphyra*, *Bangia* и др.) в карпогоне образуется от 4 до 32 гаплоидных карпоспор, которые прорастают в гаплоидные нити. У более сложных багрянок из оплодотворенной яйцеклетки после редукционного деления вырастают короткие, иногда ветвящиеся нити, вследствие чего брюшная часть карпогона сильно разрастается, образуя так называемый цистокарпий. В наружных клетках нитей цистокарпия образуется по одной карпоспоре. Карпоспоры прорастают также в гаплоидные растения.

Размножение *Porphyra tenera*. В зимние месяцы порфира размножается половым путем, т. е. каждое новое растение вырастает из клетки, образовавшейся в результате слияния спермия и яйцеклетки.

Зимой водоросли выбрасывают карпоспоры (конхоцелис), которые, осев на субстрат, вырастают в зрелые растения. Они, в свою очередь, образуют бесполое моноспоры (конхоспоры), из которых вырастают новые водоросли.

Став половозрелыми, растения, выросшие из моноспор, выделяют карпоспоры. Цикл повторяется.

Объектами культивирования для получения желирующих веществ и пищевых целей являются несколько видов порфиры, грацилярии и эухеумы, реже анфельция, хондрус, гелидиум, фурцеллярия, хипнея, глойопелтис, родимения и другие виды.

Наиболее известными являются порфира, родимения, ундария.

Из красных водорослей в наибольшем количестве выращивается порфира. Обычно культивируются четыре вида порфиры: *Porphyra tenera*, *P. kuniedae*, *P. yessoensis*, *P. angusta*.

Современное культивирование порфиры начинается со стадии конхоцелис. Для сбора спор в естественных зарослях водорослей устанавливают коллекторы в виде связок раковин морского гребешка и устриц. Порфира на стадии конхоцелис способна закрепляться на известковом материале. Створки раковин с прикрепившимися спорами переносят в специальные бассейны, снабжаемые профильтрованной, аэрированной, обработанной бактерицидными лучами и обогащенной биогенными элементами водой. Проростки находятся в бассейнах с зимы до осени, вплоть до созревания спорангиев. Затем водоросли переносят в море на участки, где предварительно устанавливают сети, служащие субстратом для выбрасываемых моноспор.

Сети имеют длину от 18 до 45 м при ширине 1,2–1,5 м и размере

ячей 15×15 см. Полотнище сети натягивают на рамы, изготовленные из расщепленного бамбука или металлических труб. Такое устройство называется «хиби».

Часто водоросли со зрелыми спорангиями размещают в больших бассейнах, где уже находятся сети-хиби, на которые и оседают моноспоры. Сети с проростками распределяют на плантациях в море.

В местах выращивания порфиры в дно вбивают шесты, к которым вертикальным или горизонтальным способами крепят сети. При горизонтальном размещении рамы подвешивают одну под другой в несколько этажей. Через месяц после прорастания спор сети переносят в прибрежные районы, прилегающие к устьям рек. Там водоросли растут до товарных размеров. Во время отлива сети полностью осушаются на 4–4,5 ч, а во время прилива – затопляются. Это делается для того, чтобы посторонние водоросли, которые в отличие от порфиры не переносят осушения, погибали.

При выращивании порфиры в Японии практикуется метод плавучих сеток, считающийся наиболее эффективным. Сущность его заключается в том, что сети с рассадой порфиры крепятся не к шестам, а к поплавкам, стоящим на якорях.

После того как молодые водоросли подрастут, производится их разреживание. На каждой сети средних размеров остается 1500–3000 пластин порфиры. Сбор урожая начинается, когда растения достигают длины 15–20 см. Рост порфиры продолжается и после срезания талломов. Благодаря этому с одних и тех же растений с конца ноября по март урожай собирают 3–4 раза. Если добыча порфиры снижается, сети заменяют другими с новым посадочным материалом. До товарных размеров водоросли растут 50–60 дней. При выращивании на сетях удается получать более крупные и более устойчивые к заболеваниям растения, чем при культивировании на грунте.

Порфиру, снятую с сетей, тщательно освобождают от песка и ила, промывают в пресной воде. В продажу поступают пучки сушеных листьев размером 19×17 см, весом 2,5 г.

В естественных условиях порфира на стадии конхоцелис обнаруживается только зимой, вот почему японские ученые разработали метод получения карпоспор в течение всего года. Для этого водоросли со зрелыми спорангиями высушивают на воздухе и в течение полугода сохраняют при температуре 12 °С. Поместив затем такие талломы в морскую воду, имеющую температуру 22 °С, через двое суток удастся получить споры.

На некоторых участках дна, лишенных субстрата для оседания спор, порфира отсутствует. Для заселения таких районов по дну разбрасывают шершавые камни и завозят водоросли с созревшими спорангиями. После высыпания спор на камнях

появляются новые растения. Таким способом запасы порфиры в прибрежных районах, ранее не пригодных для ее развития и роста, могут быть увеличены.

5. Особенности культивирования зеленых водорослей

Зеленые водоросли (лат. *Chlorophyta*) имеют меньшее промышленное значение по сравнению с бурыми и красными водорослями. В то же время это одна из наиболее распространенных групп водорослей. Зеленые водоросли содержат в хлоропластах только зеленый пигмент хлорофилл. Они широко распространены во всех морях и океанах в супралиторали, литорали и сублиторали до глубины 20–30 м.

Основными объектами культивирования среди зеленых водорослей являются монострома, ульва, энтероморфа, реже используют каулерпу, кладофору.

Строение, форма и размеры зеленых водорослей сильно варьируются. Размеры зеленых водорослей колеблются от нескольких сантиметров до 1 м и более. Окраска меняется от светло-зеленой до темно-зеленой. Размножение вегетативное, бесполое и половое.

Зеленые водоросли разводят в основном в странах Юго-Восточной Азии и используют в пищу, так как они содержат около 26 % белка. Их также используют в качестве удобрений и для очистки сточных вод, в том числе и от тяжелых металлов.

К съедобным зеленым водорослям относятся ульва, монострома и каулерпа.

В пищу употребляется в основном ульва, которая имеет второе название – «морской салат». Она действительно внешне похожа на салат латук.

Ульва имеет крупные слоевища (от 30 см до 1,5 м), чаще всего она употребляется в сыром виде для приготовления салатов, иногда – как ингредиент для супов. Ульву часто сушат, промыв в подсоленной воде и разложив на камнях, – через пару часов уже можно есть хрустящие зеленые листики. Ульва растет не только в Японии, но также и у берегов Ирландии, Скандинавии. Ульва, как и все водоросли, содержит множество витаминов, минералов и белков, но особенно много в ней железа.

Уми будо (лат. *Caulerpa lentillifera*) добывается только в Японии, около острова Окинава. Жители Окинавы выращивают уми будо в исключительно чистой и теплой воде, она совершенно не переносит холода и в холодильнике портится, поэтому попробовать редкую водоросль можно только в некоторых ресторанах, в которые свежую уми будо доставляют на самолете.

Ее название переводится как «морской виноград» – внешне эта водоросль похожа на миниатюрные грозди винограда. Иногда ее называют морской икрой, потому что листики уми будо лопаются на зубах, как икринки.

Зеленые водоросли выращивают в монокультуре или совместно с

порфирой. Выращивают водоросли на сетях размером 18×2 м, устанавливаемых в устьях рек и мелководных участках морей. С одной сети снимают три урожая в год, около 26 кг.

Лекция 17. Конхиокультура как отрасль марикультуры

Вопросы

1. Хозяйственное значение и общая характеристика моллюсков.
2. Выращивание мидий.
2. Выращивание морских гребешков.

Конхиокультура – одна из самых выгодных и, пожалуй, самых древних отраслей культурного океанического хозяйства. Конхиокультура – выращивание моллюсков. В последние десятилетия широкое распространение, получило разведение морского гребешка, венуса, венеруписа. Все эти виды моллюсков разводятся в промышленных масштабах, что дает большой экономический эффект. Кроме названных видов, в Японии разводят брюхоногого моллюска халиотис (морское ушко), которого в США именуют абелонем, а во Франции – ормо. Он весьма высоко ценится на Дальнем Востоке, в Калифорнии.

К конхиокультуре относится и разведение устриц, которое имеет во Франции давние традиции. Спрос на устриц растет во всем мире, но развитию их производства препятствует недостаток молодежи для выростных устричных хозяйств.

Разводят и новые, более продуктивные виды устриц – например, португальскую устрицу. Так как численность популяций европейских видов в целом несколько сокращается из-за эпидемических болезней, то в последнее время во Франции начали разводить японскую устрицу.

Из существующих 101 тыс. видов моллюсков промыслом используется около 100 видов, а культивируется только 25–30 видов.

В настоящее время лидирующее место в мировой аквакультуре занимает культивирование моллюсков (кламы, сердцевидки, устрицы, мидии).

Моллюскам присуще огромное разнообразие форм, но имеются и общие черты: почти все они билатерально-симметричные; вторичнополостные; имеют мешковидное и несегментированное туловище и ногу. Для многих характерны твердая раковина и мантия, охватывающая тело. В мантийной полости расположены органы дыхания – жабры, в нее открываются отверстия органов выделения и анальное отверстие.

Раковина моллюсков состоит из кристаллов углекислой

известии, расположенных в несколько слоев, и из слоя органического вещества – конхиолина. Это наружный слой раковины – периостракум, средний слой известковый – остракум и внутренний – гипостракум, имеющий характерный перламутровый блеск. Некоторые моллюски культивируют из-за этого слоя, из которого получают сырье для различных бытовых и ювелирных изделий – перламутр и жемчуг.

Взрослые моллюски – обитатели дна водоемов, селятся, на грунте, зарываются в песок, ил или прикрепляются к субстрату. Потребляя водоросли и растительный детрит, они превращают их в органическое вещество животного происхождения и потому являются очень важным компонентом экосистем и занимают в них второй трофический уровень.

Среди моллюсков имеются фильтраторы, собиратели, хищники и др. Пища переваривается в желудке, пищеварительных дивертикулах (печени) и кишечнике. Ее остатки выводятся в виде фекалий, а частицы, попавшие в мантийную полость, выводятся в виде псевдофекалий наружу.

Среди моллюсков встречаются: раздельнополые и гермафродиты; с внешним и внутренним оплодотворением яйцеклеток; с плавающей личинкой; с икрой, развивающейся в кладках, а также живородящие формы. В свою очередь моллюски служат пищей многим водным и наземным организмам (рыбам, млекопитающим, птицам, хищным беспозвоночным и человеку).

Основными объектами выращивания являются двустворчатые моллюски – одна из самых древних групп донных беспозвоночных. Они широко распространены в морских и пресных водоемах и обитают во всех климатических зонах – от тропиков до Арктики и Антарктики. Особенно изобилуют двустворчатыми моллюсками прибрежные мелководные, хорошо прогреваемые и кормные районы морей с глубинами до 100–300 м, где моллюски составляют до 80 % биомассы бентоса.

Форма раковин двустворчатых моллюсков разнообразна, ее окраска, размеры зависят от видовых особенностей, глубин обитания, грунтов, течений. Одни виды обитают на песчаных, илисто-песчаных грунтах, другие – на илах, а третьи прикрепляются к твердому субстрату. Моллюски, живущие на поверхности мягкого грунта (сердцевидки, венериды, астарты), имеют округлую форму и зачаточные сифоны, а обитающие на жестких грунтах (гребешки, жемчужницы и др.) – крепкую жесткую раковину. Многие прикрепляющиеся виды имеют раковину удлиненной, митилидной, формы (устрицы, мидии, и др.). Они прикрепляются к скалам, твердым предметам, раковинам и друг к другу, образуя друзы, гроздья, щетки. Культивирование таких прикрепляющихся видов облегчается благодаря их способности к прикреплению и образованию массовых поселений на небольших площадях.

У многих двустворчатых моллюсков длительный жизненный цикл (от 5 до 20 лет) и растут они в течение всей жизни. Темп роста и размеры зависят от происхождения и условий обитания видов.

Внутри вида в зависимости от климатической зоны и условий

обитания популяции у особей потенция роста проявляется в разной степени и темп роста колеблется в значительных пределах. Более того, наблюдается значительная изменчивость роста среди особей одной популяции и даже одной друзды в зависимости от места, занимаемого особью в ней, от притока свежей воды, от газового режима, от количества питательных веществ в воде и длительности периода питания в течение суток, сезона года и других причин. Темп роста в таких случаях может отклоняться от средней величины на 20–30 %. В онтогенезе темп роста особей также изменяется. Максимальными приростами обладает молодь, приросты половозрелых особей снижаются.

При культивировании моллюсков широко пользуются их способностью изменять темп роста. Например, осевшая ранней весной или летом молодь устриц (шпат) за теплый сезон достигает больших размеров, чем молодь, осевшая в середине лета или осенью. Большое влияние на темп роста оказывает температура. Изменяя температуру воды в бассейнах, можно ускорять или замедлять сроки нереста у производителей, а в естественных условиях перемещая плоты с коллекторами устриц, мидий и другими объектами выращивания в наиболее теплые или кормные зоны, повышать рост и тем самым сокращать период выращивания товарной продукции. Иногда нужно задерживать рост. Например, в Японии плоты с коллекторами устриц на некоторое время перемещают из сублиторальной зоны в литоральную, где моллюски в период отлива запирают раковину почти на 12 ч, при этом не питаются, а значит, и хуже растут. В литоральной зоне их выдерживают в течение зимы, а весной перемещают в наиболее кормные участки, и к лету устрицы подрастают до товарной массы.

Двустворчатые моллюски питаются фитопланктоном, бактериями и детритом. Очень требовательны к размерам и качеству пищевых водорослей личинки моллюсков, размеры которых 100–160 мкм. Например, личинки черноморской устрицы могут питаться только микроводорослями с мягкой оболочкой размером 2–4 мкм – это жгутиковые водоросли монохризис, изохризис и др.

У мидий и устриц теплых зон оптимальными температурами являются 20–25 °С. В естественных и искусственных условиях температурный оптимум фильтрации может не совпадать, если различны другие факторы среды (соленость, освещенность и др.). Наиболее интенсивно многие моллюски фильтруют летом, когда устанавливается температура воды, близкая к оптимуму, и продолжительность фильтрации увеличивается до 12–16 ч в сутки.

В репродуктивном цикле двустворчатых моллюсков, как и у иглокожих, выделяют три периода: нерест; перестройка половой системы и перестройка пола; гаметогенез. Наиболее длительным является период гаметогенеза. Иногда почти в течение всего года

идут процессы формирования половых продуктов, обеспечивающие высокую плодовитость (например, за счет порционного или повторного нереста особей). Но обычно формирование половых продуктов протекает зимой и ранней весной, нерест – летом (у мидий в Баренцевом море) или ранней весной (у мидий, обитающих у берегов Испании и Черного моря). Перестройка гонад и смена пола происходят после нереста – осенью и частично зимой. В некоторых случаях полезно сокращать период гаметогенеза, чтобы максимум энергии моллюсков расходовался на пластический обмен – прирост массы тела.

Для двустворчатых моллюсков характерны малые размеры яиц–50–200 мкм, большая плодовитость – от сотен тысяч до сотен миллионов яиц, выметываемых в течение года одной самкой, оплодотворение наружное (мидии) или в мантийной полости (устрицы), короткий период развития эмбрионов, высокая синхронность нереста особей данной популяции, наличие пелагической личинки (велигер), питающейся фитопланктоном 2–4 недели.

Пелагические личинки способствуют расселению малоподвижных моллюсков, и этот период в их жизненном цикле называется стадией расселения. Очень важно знать сроки размножения объектов культивирования, так как они позволяют определить время оседания личинок на коллекторы, сбора молоди и появления жизнестойкой молоди, прошедшей метаморфоз. Сроки размножения зависят от происхождения объекта и величины ареала обитания. Так, гребешок, обитающий в Баренцевом море, арктическо-бореальный вид, начинает размножаться в июне – июле. Съедобная мидия размножается в этом море в июле – августе, а другие ее популяции, обитающие вдоль Атлантического побережья Европы, размножаются в другие месяцы, но сохраняют константные требования к нерестовым температурам и начинают размножаться при 8–10 °С. С учетом этих сроков выставляют коллекторы для сбора оседающих личинок – великонхов. От сроков оседания зависит длительность благоприятного для роста моллюсков сезона. Обычно температура, способствующая интенсивному росту бореальных видов, выше нерестовой, и потому объекты, размножающиеся ранней весной, растут интенсивно летом и более удобны для культивирования, чем виды с летнее-осенним нерестом.

2. Выращивание мидий

Мидии семейства *Mytilidae* широко распространены в Северном полушарии, и многие их виды являются объектами промысла, так как это ценные пищевые продукты. Наиболее популярной является обыкновенная, или съедобная, мидия – *Mytilus edulis*, которая обитает в Атлантическом океане, а также *M. galloprovincialis*, обитающая в Средиземном, Черном и Азовском морях. Свои массовые поселения мидии образуют в литоральной и сублиторальной зонах до глубины 50 м.

Субстратом; для нее являются скалы, камни, к которым мидия прикрепляется биссусом. Отдельные особи, срастаясь друг с другом, образуют так называемые щетки, или друзы. Массовые поселения мидий на шельфе называют банками. Плотность мидий в таких поселениях достигает нескольких тысяч экземпляров на квадратный метр, а биомасса – нескольких десятков килограммов.

Раковина у мидий удлинённой и клиновидной формы, макушка сдвинута на передний заостренный конец. Окраска ее темная, часто почти черная с синим оттенком. Внутренняя поверхность покрыта перламутровым слоем. Имеется несколько мелких замковых зубчиков, зияние раковины слабое, и сквозь него проходит плотный пучок нитей биссуса. Нога маленькая пальцеобразная, используется для передвижения только молодыми особями, а прикрепившиеся взрослые в благоприятных условиях остаются в течение всей жизни (6–14 лет) на одном месте.

Мидии – фильтраторы. Фильтруя, мидии извлекают из воды минеральные и пищевые частицы – остатки растительного и животного происхождения (детрит) и мелкий зоопланктон. Таким образом, банки мидий, или их большие поселения, представляют собой мощный биофильтр, всасывающий из окружающей среды массу взвесей минерального и органического происхождения.

Мидии раздельнополы, половозрелыми они становятся при длине около 30 мм в возрасте 1–2 года. У самцов съедобной мидии мантия имеет кремовый, а у самок – оранжево-красный цвет. Плодовитость съедобной мидии очень велика, самка одновременно выбрасывает от 5 до 12 млн. яиц. Размножаться они начинают при температуре не ниже 7 °С, а пик размножения приходится на 10–12 °С. Оплодотворение внешнее. Развитие длится 30–48 ч. Из яйца появляется личинка трохофора, которая спустя два дня превращается в личинку велигер (парусник), а затем в великонх. Длина велигера 80–148 мкм, а великонха–250–300 мкм. Перед оседанием длина великонха около 350 мкм и высота 304 мкм. Раковина становится треугольной, темнеет до коричневой. В зависимости от температуры воды личинки остаются и развиваются в воде в течение 2–4 недель, затем оседают, имея размер 0,4–1 мм. Массовое оседание личинок происходит до глубины 50 м, однако уже на глубинах более 20 м численность их резко сокращается. При обильном оседании молоди ей не хватает корма, и она плохо растет, а часть погибает.

Мидий можно выращивать на грунте, бревнах и плотках. На грунте мидий выращивают во многих странах Европы. При этом способе молодь в районах нереста собирают с помощью специальных судов, оборудованных 2–4 драгами. Одна драга может собрать 500 кг мидиевого шпата. Собранных мидий помещают на выростные участки размером 200 × 500 м. Плотность посадки шпата

составляет не более 8 кг/м². Выращивание длится 2–3 года.

Метод выращивания мидий на бревнах широко применяется в отливно-приливной зоне. Здесь устанавливают ряды бревен высотой 4–5 м и диаметром 35 см, которые служат коллекторами для оседания личинок мидий. Оседание происходит в апреле – мае, а к концу первого лета молодь достигает размера 20 мм. Нижние, свободные от молоди части столбов переплетают ветками ивы или каштана, оставляя свободным пространство ближе ко дну.

Молодь мидий начинают снимать в августе и продолжают сьем до декабря. Затем молодь помещают в синтетические сетчатые мешки высотой 5 м и диаметром 10 см, которыми в виде спиралей обвивают бревна, расположенные в местах больших колебаний уровня воды. Здесь мидий содержат до достижения товарного размера. Для сбора шпата мидий применяют также устройства типа стеллажей, на которые в несколько слоев натягивают веревки диаметром 1 см и длиной 50 м. В южных районах их выставляют в феврале–апреле, и они быстро заселяются личинками. Осевшая на веревки молодь интенсивно растет и к середине июля бывает готова для пересадки на бревна, расположенные в зоне больших приливных колебаний уровня моря. Веревки разрезают на куски по 2,5–3 м, которыми по спирали обвивают бревна. К концу второго лета мидии достигают товарного размера 40–50 мм. На столбах мидии защищены от хищников (морских звезд, крабов) и паразитов. Однако рост мидий на столбах замедляется из-за того, что значительную часть суток они остаются в зоне отлива и не питаются.

Наиболее эффективно выращивание мидий на плотках. Этот метод широко внедряется в практику хозяйств во многих странах мира. Молодь мидий закрепляют на веревках, которые затем переносят на плоты для выращивания этих моллюсков до товарного размера. Плоты поддерживаются плавучими устройствами из дерева или полистирола. По верху плота набивают планки (50 × 100 мм), на которые крепят коллекторы. Плот размером 18 × 18 м может держать до 500 коллекторов с мидиями. Плоты больших размеров могут держать до 1000 коллекторов. Эти плоты устойчивы на сильном течении. В защищенной зоне плот ставят на якорь массой 20 т, что позволяет плоту свободно перемещаться в зависимости от ветра и течений, а мидиям использовать большой полигон для питания. В открытых районах плоты ставят на два якоря, расположенных по диагонали. Культивирование мидий на плотках имеет ряд преимуществ перед другими методами, так как исчезает зависимость от качества грунта, лучше используются кормовые ресурсы, мидии хорошо защищены от донных хищников и не подвергаются заилению и заражению паразитическими организмами. Однако имеются и отрицательные стороны у такого способа выращивания – у мидий возникает конкуренция с организмами-обрастателями. Урожай собирают с судов, оборудованных краном с металлической корзиной, которую под связки мидии подводит аквалангист. Урожай с одного плота может достигать 90 т.

Продуктивность поселений мидий определяется условиями среды и

методом выращивания. На естественных банках выход мяса мидий составляет 150–400 кг/га в сырой массе. При выращивании на бревнах можно получить 5 т, на грунте–12–25, а на плотках–до 150 т мяса мидий с гектара.

Мясо мидий содержит до 12 % белка, в котором имеются все незаменимые аминокислоты, не содержит механических включений и аккумулирует меньшие количества загрязняющих веществ. И все же при определении пригодности пищевого продукта, существенное значение имеет санитарное состояние водоема и самих мидий, поэтому товарных мидий, как и устриц, перед продажей выдерживают в бассейнах для очистки.

В России, в Баренцевом и Белом морях, выращивают съедобную мидию (*Medulis*). Для сбора шпата в зоне сублиторали выставляют 2–3–метровые коллекторы, представляющие собой поводцы из капроновой дели, закрепленные вертикально. В сезон размножения мидий (июль – август) на каждый метр коллектора в среднем оседают до 10 000 личинок размером 0,35 мм. На коллекторах мидии питаются круглосуточно и растут более интенсивно, чем в естественных условиях. Так, длина годовиков на коллекторах достигает 22–38 мм, а в естественных условиях – 8–12 мм. С 1 га выростной площади можно получать около 60 т мяса. Продолжительность выращивания составляет 3–4 года.

3. Выращивание морских гребешков

В мировой добыче двустворчатых моллюсков морские гребешки занимают третье место после устриц и мидий. Мясо морских гребешков, точнее, их крупный мускул–замыкатель, а иногда и мантия являются вкусным и лакомым блюдом. В настоящее время почти во всех странах мира гребешки употребляют в пищу как в свежем, так и в мороженом, консервированном и сушеном виде.

Распространены почти во всех морях и океанах. На прибрежных мелководьях Японского моря (до глубины около 50 м) от Кореи до Сахалина обитают дальневосточные гребешки: крупный (до 20 см) приморский промысловый гребешок – *Patinopecten yessoensis* и очень красивый гребешок Свифта – *Chlamys (Swiftopecten) swifti*. В Беринговом, Охотском морях и в южной части Чукотского моря обитает берингоморский гребешок (*Chlamys beringianus*). В Черном море водится черноморский гребешок – *Chlamys glabra ponticus*.

Гребешки имеют округлую раковину с прямым замочным (спинным) краем, выдающимся по бокам в виде угловатых выступов. Верхняя створка более уплощенная, а нижняя – более выпуклая. Раковина украшена радиальными или концентрическими ребрами.

Гребешки питаются детритом и мелкими планктонными организмами, извлекая их из воды и засасывая в мантийную полость. Места обитания приурочены в основном к песчаным и илисто-песчаным грунтам на глубинах от 3 до 80 м. У морских гребешков, как и у других моллюсков, много врагов, из которых самыми опасными являются

морские звезды и донные осьминоги. Кроме того, в раковины гребешков проникают сверлящие губки, на створках селятся водоросли, мшанки и другие беспозвоночные, затрудняющие передвижение моллюсков.

Основным объектом выращивания на Дальнем Востоке является приморский гребешок (*Patinopecten yessoensis*). Отдельные его особи живут 15–16 лет и достигают длины 18–20 см. Однако такие особи попадаются редко, обычно в уловах встречаются особи в возрасте 7–9 лет. Половая зрелость наступает на третьем году жизни при размере 9–10 см. Размножаются морские гребешки в июне–июле при температуре воды 9–12°C и выше. Средняя плодовитость от 30 до 150 млн. яиц. Икра пелагическая, оплодотворение внешнее, инкубационный период длится несколько часов, но выклюнувшиеся личинки живут в толще воды от 25 до 40 сут. В это время наблюдается наибольшая смертность потомства. После завершения личиночного этапа велигер оседает на субстрат, превращаясь в молодого гребешка (малька). Достигнув размера 5–12 мм, молодь открепляется от субстрата и оседает на грунт. Промысловых размеров (10–12 см) гребешок достигает в возрасте 3–4 лет.

Сбор и предварительное подращивание шпата гребешка размером 5–10 мм производят в коллекторах, которые крепят гирляндой до 10 шт. на веревках диаметром около 10 мм.

Каждая такая гирлянда подвешивается на горизонтальных канатах длиной 50–200 м на расстоянии одного метра друг от друга, а горизонтальные канаты протягивают на расстоянии 5 м друг от друга. На площади 1 га рекомендуется ставить 20 таких канатов с 2 тыс. гирлянд, на которых закреплены 20 тыс. коллекторов. Коллектор состоит из оболочки и наполнителя. Оболочка – мешочек, сшитый из капроновой дели или отрезка сетного рукава из полиэтиленовой нити. Размер мешка 30 × 70 см.

Наполнитель – отрезок сетного рукава длиной 150 см. Он служит для увеличения поверхности оседания. Наполнитель укладывается в оболочки в виде гармошки. Его объем становится достаточным, когда коллектор принимает цилиндрическую форму. Укладка наполнителя гармошкой препятствует слипанию стенок мешочка при хранении.

Готовые коллекторы связывают поводцом в гирлянду. В гирлянде 10 пар коллекторов, подвязанных к поводцу попарно или поочередно через 50 см. Количество осевшего шпата на один коллектор составляет 250–1300 экз., что в пересчете на гирлянду составляет 2,5–13 тыс. экз. Наибольшее оседание гребешка наблюдается на глубине 6–10 м. Коллекторы устанавливаются за 5–10 сут до начала оседания личинок гребешка на субстраты в местах их наибольшей концентрации. При нормальной численности личинок в море перед оседанием расчетная величина сбора шпата размером 5–10 мм с одного коллектора должна быть равной 1000 экз., а с 1 га – 20 млн. экз.

Для дальнейшего подращивания шпат из коллекторов в августе – сентябре пересаживают в выростные садки диаметром 40 см по 100–200 экз. на садок. Садки так же, как и коллекторы подвешивают гирляндой по 1 шт. на горизонтальные канаты – на 1 га 20 тыс. гирлянд. Следовательно, собранный

с 1 га шпат в количестве 20 млн. экз. должен быть отсажен по меньшей мере в 1 млн. садков на плантации площадью 5 га. К маю следующего года, когда молодые гребешки достигают длины 30–40 мм, их высаживают на грунт естественных полигонов на глубину 5–30 м из расчетов 30–50 экз./м². Здесь они растут в течение 3–3,5 лет до промысловых размеров 10–12 см.

Молодь можно выращивать в садках до товарного размера также примерно 3–3,5 года, только последние 1–1,5 года плотность посадки гребешка не должна превышать в садках 20 экз./м². Выживание молоди размером 30–40 мм, выращиваемой на полигонах до товарного размера, составляет 40–50 %, а в садках – около 85 %.