

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Т. В. Портная

# **БИОТЕХНОЛОГИЯ В РЫБОВОДСТВЕ**

## **ВЫРАЩИВАНИЕ ЖИВЫХ КОРМОВ**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию  
в области сельского хозяйства в качестве  
учебно-методического пособия  
для студентов учреждений, обеспечивающих получение  
высшего образования I ступени по специальности  
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки  
БГСХА  
2021

УДК 639.3:60:574.626(075.8)

ББК 47.2я73

П60

*Рекомендовано методической комиссией факультета  
биотехнологии и аквакультуры 25.03.2020 (протокол № 7)  
и Научно-методическим советом БГСХА 25.03.2020 (протокол № 7)*

Автор:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Т. В. Портная*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент *Т. В. Козлова*;  
кандидат сельскохозяйственных наук *Н. Н. Гадлевская*

**Портная, Т. В.**

П60 Биотехнология в рыбоводстве. Выращивание живых кормов : учебно-методическое пособие / Т. В. Портная. – Горки : БГСХА, 2021. – 129 с.

ISBN 978-985-882-081-7.

Описаны основные виды живых кормов. Дана краткая биологическая и экологическая характеристика основных видов, используемых для культивирования в качестве живого корма, их пищевая ценность. Представлены основные технологии выращивания микроводорослей, коловраток, ракообразных, олигохет, нематод, личинок насекомых.

Для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования I ступени по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

УДК 639.3:60:574.626(075.8)

ББК 47.2я73

**ISBN 978-985-882-081-7**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Рыбоводство – это одна из отраслей народного хозяйства, обеспечивающих население высокобелковыми продуктами питания. Республика Беларусь обладает большими площадями внутренних водоемов. Причем имеется большой фонд прудовых площадей. При наличии имеющегося фонда прудовых площадей и достижении на них нормативной рыбопродуктивности ежегодно можно получать около 16 тыс. т товарной прудовой рыбы.

В настоящее время в республике очень интенсивно развивается аквакультура ценных видов рыб. В подпрограмме 5 «Развитие рыбохозяйственной деятельности» Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2021–2025 годы планируется ежегодно повышать производство ценных видов рыб.

Выращивание ценных видов рыб позволяет расширить ассортимент производимой продукции, обеспечивает наращивание объемов производства, повышает рентабельность рыбоводных организаций.

При искусственном разведении рыб и беспозвоночных одной из основных проблем является получение жизнестойкой молоди. Подращивание молоди в период перехода на экзогенное питание является одним из наиболее «проблемных» этапов технологического цикла промышленного выращивания рыб, особенно осетровых. Для получения полноценной молоди с целью ускоренного выращивания товарной рыбы в условиях промышленных предприятий для личинок необходимы живые корма.

У личинок многих видов рыб, характеризующихся высокой потенциальной скоростью роста на фоне слаборазвитой пищеварительной системы, к моменту перехода на экзогенное питание кишечный тракт почти не дифференцирован, из-за чего пища по нему проходит быстро. При коротком пищеварительном тракте способность личинок быстро расти обусловлена их приспособляемостью к высокобелковой легкоусвояемой животной пище, т. е. мелкому зоопланктону.

В природных условиях все необходимые кормовые компоненты молодь получает в результате поедания живых кормов, в первую очередь зоопланктона.

Также главной проблемой для аквариумистов является получение живого корма.

Массовое культивирование живого корма – довольно сложный технологический процесс, основанный на детальном знании биологических особенностей разводимых объектов, их отношении к факторам среды.

Проблема получения живых кормов для выращивания в искусственных условиях молоди рыб занимает одно из центральных мест в индустриальном рыбоводстве. Поэтому наиболее важно, чтобы студент в процессе обучения освоил современные и перспективные методы выращивания гидробионтов и получил практические навыки выращивания ценных кормовых организмов.

Цель данного учебно-методического пособия ознакомить студентов с основными кормовыми организмами, их биологическими и экологическими особенностями, а также основными методами их культивирования.

Учебно-методическое пособие подготовлено с учетом требований учебного плана и программы обучения студентов по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство. Данное пособие может быть использовано в качестве руководства аквариумистами.

# **1. ЕСТЕСТВЕННАЯ КОРМОВАЯ БАЗА – ОСНОВА ВЫБОРА ОБЪЕКТОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

## **1.1. Биотехнология производства живых кормов как способ решения проблемы выживаемости ювенильных стадий гидробионтов**

В настоящее время при широком развитии индустриального и декоративного рыбоводства разведение живых стартовых кормов приобрело 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 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 рыбы 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) кишечников 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 (коловатки, 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.

## **1.2. 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 имеют 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*), коловратки (*Rotatoria*); насекомые: дрозофила (*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.

### Контрольные вопросы

1. Назовите рекомендации по отлову живых кормов из естественных водоемов.
2. Для каких видов рыб на начальном этапе выращивания обязательно использовать живой корм для нормального функционирования пищеварительной системы?
3. Дать определение понятию «естественная кормовая база рыб».
4. Что такое живой корм для рыб?
5. Перечислите основные виды культивируемых живых кормов.
6. Назовите требования, предъявляемые к организмам, избираемым для культивирования в качестве живого корма для рыб.

## 2. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

### 2.1. 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 микроводоросли используются 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*).

#### 2.1.1. Пищевая ценность синезеленых водорослей

Большое место в фитопланктоне многих водоемов занимают синезеленые водоросли (рис. 1).



Рис. 1. Синезеленые водоросли: 1 – *Synechococcus aeruginosus*; 2 – *Dactylococcopsis raphidioides*; 3 – *Merismopedia glauca*; 4 – *Microcystis aeruginosa*; 5 – *Gloeocapsa turgida*; 6 – *Gomphosphaeria aponina*; 7 – *Chamaesiphon curvatus*; 8 – *Stigonema ocellatum*; 9 – *Nostoc pruniforme*; 10 – *Anabaena hassalii*; 11 – *Aphanizomenon flos-aquae*; 12 – *Tolypothrix tenuis*; 13 – *Calothrix gypsophila*; 14 – *Oscillatoria chalybea*; 15 – *Lyngbya confervoides*

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

Среди синезеленых водорослей есть одноклеточные формы, но преобладают нитчатые и колониальные.

Синезеленые водоросли распространены повсеместно на земном шаре и поселяются там, где не могут произрастать другие растения. Способность некоторых синезеленых фиксировать азот (*Anabaena*, *Gloeocapsa*, *Nostoc*, *Calothrix*) позволяет им поселяться в местах, где полностью отсутствует питательная среда, например, на вулканах после их извержения. Синезеленые водоросли могут поселяться в горячих источниках, благодаря особому коллоидному составу их протоплазмы. Синезеленые 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 синезеленые водоросли, произрастающие в эвтрофных (богатых питательными веществами) водоемах, способны вызывать массовое «цветение» воды.

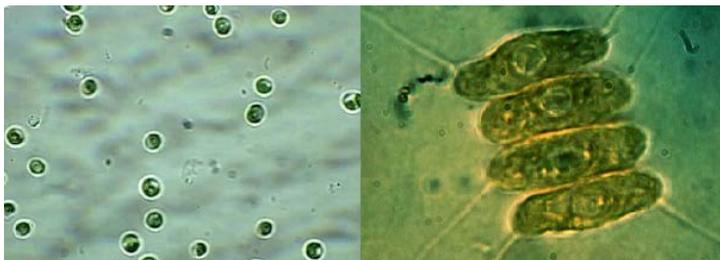
Биомасса этих водорослей в водохранилищах и прудах может достигать в местах скопления нескольких кг/м<sup>3</sup>. В сухом веществе синезеленых водорослей содержится до 62 % сырого протеина. Белок синезеленых водорослей полноценен по аминокислотному составу, в нем содержатся все незаменимые аминокислоты, но высокое содержание труднорастворимых белков делает свежие и сухие синезеленые водоросли малопригодными для питания гидробионтов. Так, например, в белке *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae* 60 % составляют трудно извлекаемые фракции. В синезеленых содержится много витаминов, в больших количествах обнаружены β-каротин, витамин В<sub>12</sub>, тиамин В<sub>2</sub>, пиридоксин, биотин (Н), никотиновая кислота (РР) и витамин С.

В составе ферментов синезеленых водорослей отсутствуют крахмалонакопляющие ферменты, в связи с чем не обнаружен настоящий крахмал, но имеется крахмалоподобное вещество – крахмал синезеленых. В составе синезеленых обнаружен гликоген. Содержание золы у синезеленых 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 синезеленых составляют сернокислые соли железа, магния, кальция и калия. Наличие труднопереваримых углеводов и белков ограничивает физиологическую доступность живых и сухих синезеленых для гидробионтов.

### 2.1.2. Пищевая ценность протококковых водорослей

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

Хлорелла (*Chlorella*) (рис. 2, а) – род микроскопических одноклеточных зеленых водорослей из класса протококковых.



а

б

Рис. 2. Протококковые водоросли:  
а – хлорелла; б – сценедесмус

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 зеленых водорослей из класса протококковых. Образует ценобии (колонии) из 4–16 продолговатых клеток, соединенных 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 сахараза и крахмал. В большом количестве обнаружены также глюкоза, фруктоза и другие маннозы. Протококковые водоросли богаты витаминами, в том числе  $\beta$ -каротином, С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, Н, В<sub>12</sub>, D, 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]

Водоросли	Показатели					
	Белок	Вода	Липиды	Углеводы	Клетчатка	Зола
Зеленые	50–56	4–8	12–14	10–17	3–10	6–10
Синезеленые	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.

## 2.2. 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. 3).

В открытых культиваторах водорослевая 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.

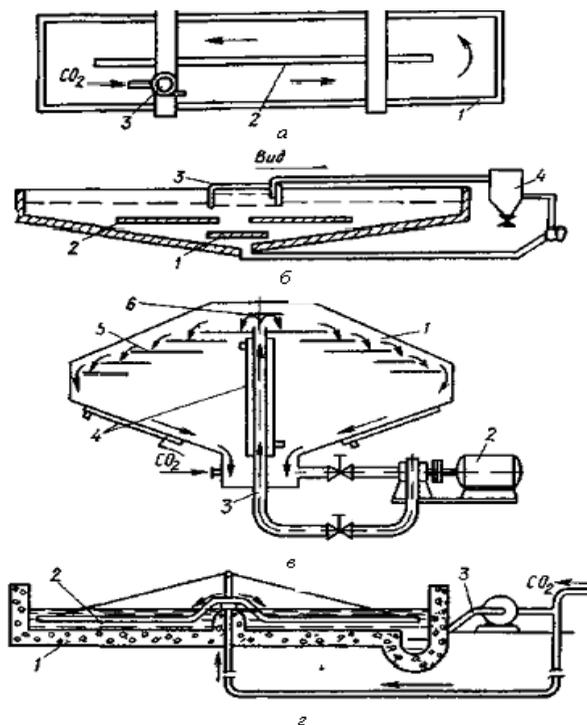


Рис. 3. Устройства для культивирования микроводорослей:

- 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; 5 – культиватор ВНИИбиотехники: 1 – корпус; 2 – насос;
- 3 – нагревательная труба; 4 – теплообменники; 5 – сточный конус; 6 – насадка;
- г* – японский культиватор: 1 – круглый бассейн; 2 – вращающиеся перфорированные трубки; 3 – насос

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 плоскопараллельных 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, магистрали 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. 4, *а*), перемешивание суспензии осуществляется с помощью флейты, или гребным колесом (дешево, но выход продукта меньше). Также распространены закрытые культиваторы: специализированные трубы с прокачкой и добавлением питательных элементов (рис. 4, *б*) (эта установка дороже, но и выход продукта в ней больше).



*а*

*б*

Рис. 4. 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. Ежесуточная 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 м<sup>3</sup> в сутки.

### 2.3. 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: хеостатный и турбидостатный (плотностатный).

Суть первого состоит в том, что в аппарате устанавливается постоянная скорость протока питательной среды. В этих условиях концентрация клеток в среде устанавливается в соответствии с заданной скоростью протока 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 протока 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.

#### 2.4. Культивирование хлореллы

Хлорелла – одноклеточная водоросль, широко распространенная в природе. Для массового культивирования применяют в основном *Clorella vulgaris* и *Clorella purenoidosa*.

Хлорелла относится к числу просто организованных одноклеточных зеленых водорослей.

Клетки мелкие – от 2 до 10 мкм. Размножение бесполое. При благоприятных условиях новые клетки из материнской образуются через 6–8 ч и водоросль может создавать большую биомассу, богатую различными питательными веществами. Хлорелла – типичный фотоавтотроф, развивающийся только при естественном или искусственном освещении на жидкой минеральной питательной среде, содержащей азот, фосфор, серу, железо, магний и другие макро- и микроэлементы, при постоянной подаче углекислого газа и отводе образующегося кислорода.

Необходимым условием является поддержание температурного режима и величины pH питательной среды. В зависимости от температуры штаммы хлореллы делят на термофильные, мезофильные и криофильные. Для термофильных оптимальная температура выращивания составляет 35–37 °С, для мезофильных – 25–27 °С, для криофильных – 10–15 °С.

Величина рН в процессе культивирования должна поддерживаться в диапазоне 5,5–6,5. Коррекция производится фосфорной и азотной кислотой при повышении рН, раствором гидрата окиси калия – при понижении рН.

Так как углекислый газ является основным, а иногда и единственным поставщиком углерода, то интенсивно хлорелла может развиваться только при достаточном для этого процесса количестве углекислого газа, растворенного в питательной среде.

Мелкие промышленные установки и лабораторные культиваторы обычно используют баллонный углекислый газ, который подается в виде смеси с воздухом при содержании 2–5 % углекислоты или в чистом виде. Также одним из важнейших факторов процесса культивирования хлореллы является световой фактор. Только в условиях освещения в хлорелле из неорганических веществ, углекислоты, воды, минеральных компонентов синтезируются белки, жиры, витамины и углеводы.

Для выращивания хлореллы можно использовать прудовую воду, воду ручьев и колодцев. Наиболее пригодной является колодезная вода, так как в ней содержится достаточно растворимых микроэлементов и очень мало микроорганизмов. Водопроводную воду использовать нежелательно, так как в ней много хлора.

Хлореллу можно выращивать как на минеральных средах, так и на средах естественных органических удобрений, можно использовать отходы животноводческих и птицеводческих комплексов, а также бытовые и промышленные сточные воды.

Для культивирования водорослей существует много питательных сред, основными элементами которых являются N, P, S, Mg, Fe. Независимо от применяемой среды особое внимание при выращивании водорослей должно быть обращено на азотное и фосфорное питание.

Питательные среды, предназначенные для автотрофного культивирования микроводорослей, представляют собой комбинации растворов солей и содержат необходимые для нормального развития элементы.

Наряду с неорганическими солями, в качестве источника азота используются мочевины, а также добавки биологически активных веществ.

Оптимальной считают среду, химический состав которой наиболее полно удовлетворяет физиологические потребности культуры. Основное требование, предъявляемое к среде, заключается в том, чтобы кон-

центрация питательных элементов в результате не лимитировала скорость биосинтеза клеток.

Различные систематические группы микроводорослей имеют неодинаковый биохимический состав, что отражается и на потребности различных водорослей в макро- и микроэлементах. Достаточное обеспечение водорослей биогенами является обязательным условием успешного ведения процесса культивирования. От условий минерального питания зависит как интенсивность роста, так и направленность биосинтеза культуры.

Для обеспечения роста и нормального химического состава микроводорослей требуется наличие в среде в доступной форме 10–20 минеральных элементов (количество необходимых элементов варьирует в зависимости от вида водорослей). Питательные элементы делятся на макро- (они используются клеткой прямо или косвенно в качестве основного строительного материала) и микроэлементы (они входят в состав ферментов, пигментов и необходимы для осуществления некоторых процессов в клетке).

Элементы N, P, Mg, K, S, Fe, Cu, Ca, Mn и Mo являются необходимыми для всех водорослей. Для некоторых видов водорослей K и Ca могут быть заменены на Na и Mg.

Исследование потребности хлореллы в элементах питания на средах, сбалансированных по макро- и микроэлементам, показало, что на 1 кг сухой биомассы водорослей приходится 90–100 г N, 8–10 г K, 6–8 г P, 4–5 г Mg, 5–6 г S, 300–400 мг Fe, 30–50 мг Mn, 3–5 мг Cu, 15–30 мг Zn, 0,4–0,5 мг Mo. Эти данные можно использовать для расчета потребности хлореллы в элементах питания на сбалансированных питательных средах.

По соотношению катионов и анионов, пропорции элементов и близости к элементарному составу клеток культивируемых микроводорослей различают несбалансированные и сбалансированные среды.

Самыми распространенными являются следующие среды: Кнопа, Пратта, Тамия, Майерса, ЛГУ, Ягужинского, сбалансированная № 3 (табл. 2).

Примером несбалансированной среды служит среда Тамия, в которой в качестве источника азота используется нитрат калия. Поскольку для синтеза своей биомассы микроводорослей требуется азота намного больше, чем других элементов, то от источника азота зависит в большей степени изменение pH питательного раствора. Причина дисбаланса среды Тамия заключается в начальном избытке ионов калия, который усиливается в процессе культивирования. Поскольку нитрат ка-

лия – щелочная соль, выращивание микроводорослей на среде Тамия сопровождается повышением pH раствора, накоплением в нем карбонатных и бикарбонатных ионов. Повышение pH приводит к выпадению в осадок P и Mg, т. е. культивирование на среде Тамия приводит к значительному изменению начального соотношения ионов, дефициту одних элементов и избытку других. По мере снятия части урожая биомассы и добавления в фоновый раствор новых порций среды этот дисбаланс усиливается, что при длительном культивировании приводит к значительному угнетению роста водорослей.

Таблица 2. Рецепты питательных сред для водорослей, г/л

Вещество	Среды						
	Кнопка	Прага	Тамия	Майерса	№ 3	Ягужинского	ЛГУ
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,25	–	–	–	–	–	–
CaCl <sub>2</sub> ×2H <sub>2</sub> O	–	–	–	–	–	–	–
MgSO <sub>4</sub> ×7H <sub>2</sub> O	0,06	0,01	2,5	1,204	0,75	0,1	0,3
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	–	0,01	–	–	–	–	0,3
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,06	–	1,25	1,224	1,5	–	–
KCl	0,08	–	–	–	–	–	–
KNO <sub>3</sub>	–	0,1	5,0	1,213	–	0,5	2
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	–	–	–	–	–	–	–
NH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub>	–	–	–	–	0,3	–	–
FeSO <sub>4</sub> ×7H <sub>2</sub> O	–	–	0,003	–	–	0,002	–
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	–	–	–	0,0747	–	–	–
FeCl <sub>3</sub>	Следы	Следы	–	–	Следы	–	–

К сбалансированным средам относится сбалансированная среда № 3. Она обеспечивает интенсивный рост хлореллы без существенных изменений pH питательного раствора. Все макроэлементы используются более или менее одновременно.

## 2.5. Определение биомассы и урожайности хлореллы

Интенсивность биосинтеза количественно выражается продуктивностью микроводорослей в граммах на единицу объема или площади за единицу времени. Существует несколько способов оценки урожая микроводорослей:

- подсчет клеток в счетной камере под микроскопом;
- весовое определение биомассы;
- измерение оптической плотности суспензии.

Иногда используют два или более метода оценки урожая одновременно. Определение биомассы по оптической плотности производят с помощью датчиков оптической плотности непрерывного и дискретного действия. Часто в качестве датчика используют фотоэлектроколориметры с зеленым светофильтром, иногда с некоторыми конструктивными изменениями. Полученные в результате измерений величины экстинкции по калибровочной кривой переводят в число клеток в миллилитре суспензии (для каждой культуры существует своя калибровочная кривая соотношения оптической плотности и сухой массы клеток).

Чаще всего для определения биомассы и урожайности водорослей используют метод прямого подсчета водорослевых клеток в определенном объеме суспензии, хотя по причинам объективного и субъективного характера ошибка при подсчете составляет 10–15 %. Поскольку в зависимости от условий выращивания размер водорослевых клеток может сильно варьировать, целесообразно метод прямого подсчета подкреплять определением сухой биомассы клеток.

Микроскопирование культуры для подсчета клеток проводят при окуляре  $7\times$  и объективе  $20\times$ , используя специальные счетные камеры (Горяева, Тома, Фукса – Розенталя, Бюркера и др.).

При густом росте суспензию разбавляют в 10–15 раз дистиллированной водой. Среднее число клеток в одном квадрате умножают на разведение. Число клеток водорослей записывают по форме, представленной в табл. 3.

Таблица 3. Среднее число клеток в пробе

Номер пробы	Повторность	Число клеток в квадратах										Среднее число клеток в одном квадрате
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1											
	2											
	3											
Среднее число клеток в пробе из трех повторностей												

Число выросших клеток микроводорослей учитывают в 1 мл культуры. Для этого среднее число клеток в пробе делят на 2 и умножают на  $10^4$ . Подсчет проводят в трех повторностях и за конечный результат принимают среднее число клеток.

Сухое вещество клеток суспензии определяют весовым методом, для этого 20–40 см<sup>3</sup> суспензии центрифугируют в течение 10 мин при

скорости 3–4 тыс. об/мин. После слива жидкости в центрифужный стакан с осадком добавляют при тщательном перемешивании в два приема 20–40 см<sup>3</sup> воды и снова центрифугируют. Фугат сливают, а осадок с небольшими порциями дистиллята переносят в доведенные до постоянного веса бюксы, которые помещают в термостат и доводят при постоянной температуре (80–105 °С) до постоянного веса. Содержание сухого вещества выражают в миллиграммах на литр суспензии.

Величины урожайности, приводимые разными авторами, сильно варьируют (7,7–16 г/м<sup>2</sup>), что объясняется неидентичностью условий выращивания, использованием различных штаммов одного и того же вида водорослей, конструктивными различиями установок при культивировании, разными сроками выращивания, режимом культивирования и применявшимися питательными средами.

### **Контрольные вопросы**

1. В каких целях используется хлорелла?
2. Назовите основные виды культивируемых микроводорослей.
3. Дайте характеристику синезеленым водорослям.
4. Почему синезеленые водоросли не обладают физиологической доступностью для рыб?
5. Охарактеризуйте протококковые водоросли.
6. Каковы достоинства и недостатки открытых и закрытых культиваторов?
7. Назовите основные системы культиваторов микроводорослей и укажите для чего они предназначены.
8. Перечислите методы культивирования микроводорослей, их достоинства и недостатки.
9. Назовите основные способы непрерывного метода культивирования микроводорослей и охарактеризуйте принцип их действия.
10. Какие штаммы хлореллы используются для массового культивирования?
11. Каковы оптимальные температура и рН для выращивания хлореллы?
12. Чем производится коррекция рН среды?
13. Перечислите основные питательные среды для культивирования микроводорослей.
14. Какие существуют способы оценки урожая микроводорослей?

15. Как проводится определение биомассы по оптической плотности суспензии?

16. В чем сущность метода прямого подсчета водорослевых клеток?

17. Как осуществляется весовой метод определения биомассы микроводорослей?

### **3. ПОЛУЧЕНИЕ ЖИВЫХ КОРМОВ МЕТОДОМ ИНКУБАЦИИ ЯИЦ ВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

#### **3.1. *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:

- широким диапазоном 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 – 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 солёности – от солоноватых вод до перенасыщенных;
- возможностью находиться в виде инертного продукта – яиц, которые могут быть собраны в промышленных масштабах и способны сохраняться годами, а через 1–2 сут 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 Артемиевые (*Artemiidae*). Известно более 50 рас артемии, различающихся по морфологическим, физиологическим и биохимическим показателям. Эти различия определяются генетической неоднородностью популяций, а также условиями окружающей среды.

Тело артемии вытянутое, хорошо сегментированное. Взрослая артемия в природных условиях достигает длины 10–15 мм и веса 10–12 мг (рис. 5).

Тело разделено на три отдела: грудь, голову и брюшко. На голове имеются один непарный (науплиальный) глаз и два больших сидящих на стебельках сложных глаза; антеннулы и антенны и ротовые части. Грудной отдел состоит из одиннадцати сегментов, на каждом из которых находится по паре листовидных ножек. Наружные придатки грудных ножек выполняют дыхательную функцию, внутренние – служат для движения и отфильтровывания пищи. Брюшко состоит из 8 сегментов и не имеет конечностей. Первые два сегмента брюшка слиты в один половой сегмент, на котором у самок находится яйцевой мешок,

а у самцов – совокупительный орган. Брюшко заканчивается концевой пластинкой, от которой отходят две ветви – фурки, оперенные многочисленными щетинками.

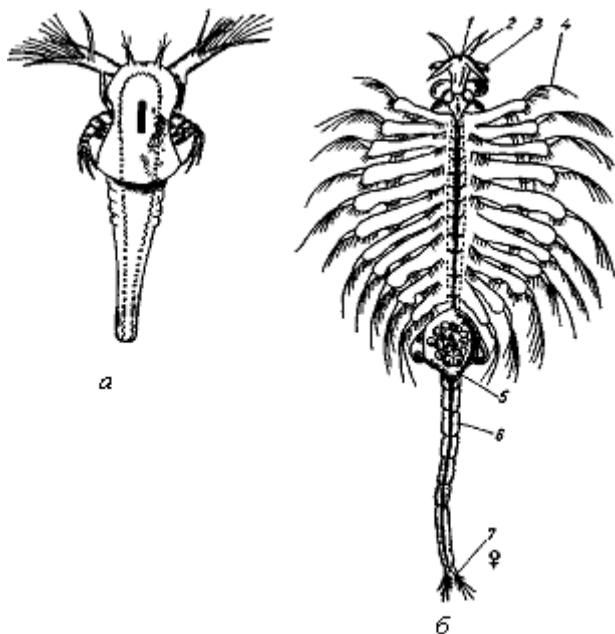


Рис. 5. *Artemia salina*:

*a* – метанауплиус; *б* – взрослый рачок:

- 1 – науплиальный глаз; 2 – антеннулы; 3 – сложный глаз; 4 – грудные ножки;  
5 – яйцевой мешок; 6 – сегменты брюшка; 7 – фурка

Окраска рачков определяется характером потребленной пищи, а также концентрацией растворенного в воде кислорода и варьирует от зеленоватой до красной.

### 3.2. 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 ста-

дии 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. 6.

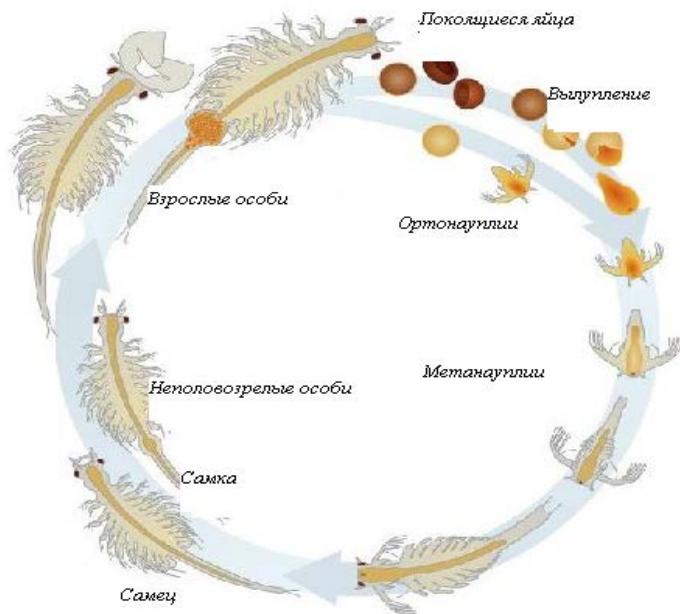


Рис. 6. Цикл развития артемии

Существуют партеногенетические и двуполые особи артемии соответственно с яйцеживородящим и яйцекладущим видами репродукции. Из цист вылупливается 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 они 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 расселяется из одного водоема в другой.

После периода диапаузы при благоприятной температуре, высоком содержании в воде кислорода и прочих оптимальных условиях в яйце продолжается развитие эмбриона, которое завершается в течение 24–48 ч, 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. 7).



Рис. 7. 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 локомотивную активность, и мембранные экзоподиты, функционирующие как жабры.

Самки имеют парные яичники, располагающиеся по обеим сторонам кишечного тракта позади грудных ножек (рис. 8).

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.



*a*

*б*

Рис. 8. Взрослая артемия:  
*a* – самец; *б* – самка

После копуляции оплодотворенное яйцо развивается в свободно-плавающий науплий (живорождение) или, когда достигает стадии гастрюлы, окружается толстой оболочкой и откладывается как циста, находящаяся в диапаузе (яйценошение). 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.

### **3.3. 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 ‰. Но некоторое время она может жить даже в пресной воде (не более 1 ч), 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 –20 до +30 °С, а в от-

дельных районах этот диапазон еще шире. В то же время артемия – летняя теплолюбивая форма: оптимальная температура для активной фазы ее жизни составляет 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 –200 °С и +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 составляет 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.

### **3.4. 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 (косы, 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 совочком, 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 Юта, 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. Небольшое 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 оседает на дно.

**Хранение** большого количества покоящихся яиц целесообразно проводить в сухом виде. Влажность высушенных яиц не должна превышать 2–5 %. Высушенные яйца хранят в темном прохладном сухом помещении в водо- и воздухопроницаемой 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  $-18^{\circ}\text{C}$  до  $+4^{\circ}\text{C}$  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 – до 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  $-18^{\circ}\text{C}$  до  $-25^{\circ}\text{C}$ ) 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%-ном растворе перекиси водорода с последующей промывкой;
- непосредственно внесение в инкубационную среду 1–3 мг/л 3%-ной перекиси водорода.

**Инкубация яиц.** Обычно яйца артемии инкубируют в 3–5%-ном растворе NaCl или Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Для приготовления инкубационной среды используют поваренную нейодированную соль или природную морскую воду. Желательно добавлять 2 г технически чистого NaHCO<sub>3</sub> 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 освещенность 1000–2000 люкс;
- соленость 30–35 ‰;
- кислород 2–4 мг/л;
- pH 8–9;
- сильная аэрация.

### **3.4.1. Оборудование для инкубации яиц *Artemia salina***

Для инкубации яиц артемии салина предложены различные способы и устройства. Главная трудность заключается в разработке приспособлений для отделения науплиусов от пустой скорлупы и невылупившихся яиц.

Инкубацию яиц желательно проводить в прозрачных конусовидных аппаратах, аэрируемых снизу (рис. 9).

Наиболее пригодны для массового инкубирования аппараты, в которых процесс инкубации и отделение выклюнувшихся науплиусов от скорлупы и яиц происходит в одной и той же емкости.



Рис. 9. Емкости для инкубации яиц артемии

В качестве примера можно привести инкубатор Хаслина (рис. 10, а, б), в котором отделение науплиусов от скорлупы и яиц происходит по разности удельных весов в одном и том же сосуде. Более легкая скорлупа всплывает на поверхность, неуплывшие яйца опускаются в нижние слои, а науплиусы плавают в толще воды в средней части инкубатора.

Инкубатор состоит из сосуда, имеющего форму перевернутого конуса. В нижнюю часть сосуда через горловину входит воздуховод, заканчивающийся диффузором, наружный конец воздуховода соединен с компрессором. Инкубационный сосуд в рабочем положении устанавливается на стойке и закрывается крышкой с отверстиями для выхода воздуха. Перед началом инкубации яиц сосуд заливают солевым раствором, близким по составу к морской воде.

После включения компрессора воздух по воздуховоду попадает в диффузор и переходит в воду в виде мелких пузырьков, которые помимо аэрации поддерживают яйца во взвешенном состоянии и не позволяют им опускаться на дно сосуда. После 48 ч инкубации и выключения компрессора скорлупа яиц всплывает на поверхность, неуплывшие яйца оседают на дно между диффузором и стенками сосуда. Выклюнувшиеся науплиусы находятся в толще воды.

При массовой инкубации яиц артемии салина целесообразно использовать стеклянные сосуды типа аппаратов Вейса (рис. 10, в) емкостью 6–8 и 40 л. В аппарат Вейса заливают 3–5%-ный раствор сульфата или хлорида натрия, вносят яйца и включают аэрацию.

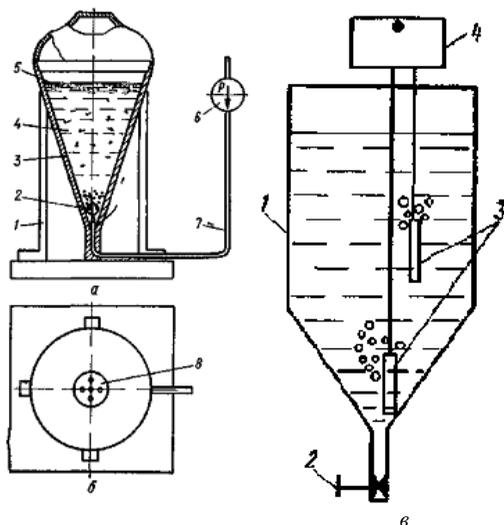


Рис. 10. Устройство для инкубации яиц артемии салина:  
*а* – общий вид аппарата Хаслина; *б* – вид сбоку: 1 – стойка; 2 – диффузор;  
 3 – инкубационный сосуд; 4 – слой воды с науплиусами; 5 – поверхностный слой  
 с оболочками яиц; 6 – компрессор; 7 – воздуховод; 8 – отверстия в верхней крышке  
 инкубационного сосуда; *в* – аппарат Вейса: 1 – инкубационный сосуд; 2 – сливной кран;  
 3 – диффузор; 4 – компрессоры

Аэрация идет с помощью компрессора, воздуховода и диффузора. Воздуховод с диффузором вводится в сосуд сверху, причем диффузор опускается в нижние слои раствора соли. Яйца сначала всплывают на поверхность, а затем по мере набухания опускаются в толщу воды и там постоянно перемешиваются с помощью барботажной воды сжатым воздухом. После окончания инкубации и выклева науплиусов (48 ч) диффузор извлекают из сосуда, а его содержимое сливают через сачок из мельничного газа № 60 и переносят в такой же аппарат с пресной водой, где происходит разделение науплиусов и яиц.

Средний суточный съем науплиусов составляет 9–10 г/л. В пересчете на общепринятую единицу продуктивности культуры живых кормов это составит 9–10 кг/м<sup>3</sup> в сутки.

При хорошем качестве яиц суточный съем достигает 25 г/л, а отношение массы яиц к массе науплиусов равно 1:2.

Успех инкубации зависит от комплекса методических приемов, составляющих единую биотехнику массового получения науплиусов этого рачка для кормления личинок рыб на ранних стадиях развития. Эффективность использования этого живого корма зависит от правильного сбора, очистки, хранения и активации яиц и на последнем этапе – от конструктивных особенностей инкубационных аппаратов и технологии инкубации.

### 3.4.2. Учет массы выклюнувшихся науплиусов

Размеры выклюнувшихся науплиусов находятся в прямой зависимости от размеров яиц. При использовании науплиусов в качестве стартового корма для личинок рыб и ракообразных важно учитывать эти размеры, а также и то, что науплиусы артемии очень быстро растут и могут выйти за пределы доступности. Если личинки рыб могут потреблять более крупные формы, то рекомендуется использовать науплиусов с большим индивидуальным весом.

Подсчет массы рачков проводят двумя способами:

1) по численности и весу одного рачка. Для этого подсчитывают количество науплиусов в единице объема и во всем аппарате. Затем полученное число умножают на массу одного рачка. Массу рачка определяют по следующей формуле:

$$V = \frac{\pi}{3} \cdot h \cdot (R^2 + r^2 + R + r),$$

где  $V$  – масса рачка, мг;

$h$  – длина науплиуса, мм;

$R$  –  $\frac{1}{2}$  максимальной ширины науплиуса, мм;

$r$  –  $\frac{1}{2}$  минимальной ширины науплиуса, мм;

$\pi$  – 3,14;

2) прямым взвешиванием, предварительно удалив лишнюю влагу.

### 3.4.3. Расчет потребности в яйцах артемии

Ориентировочный расчет потребности рыбоводных хозяйств в сухих яйцах производится по следующей формуле:

$$H = \frac{k \cdot N \cdot (W_1 - W_0) \cdot 10^{-4}}{2 \cdot P},$$

где  $H$  – необходимое количество сухих яиц, кг;

$k$  – кормовой коэффициент науплиусов;

$N$  – количество выращиваемых личинок рыб, экз.

$W_0$  – начальная масса личинок рыб, мг;

$W_1$  – конечная масса личинок рыб, мг;

$P$  – процент выклева яиц, %;

2 – отношение массы полученных науплиусов к массе заложенных на инкубацию яиц.

Если яйца влажные, то их количество надо увеличить в 1,5–2 раза при влажности 30–50 %.

Кормовой коэффициент науплиусов артемии при кормлении личинок карпа равен 2, сиговых – 4–5, осетровых – 3–4.

### 3.5. Декапсуляция яиц

Декапсуляция, т. е. снятие наружных оболочек, является путем повышения эффективности использования яиц. Оболочка покоящегося яйца артемии состоит 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, неразрушаемого 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.

#### 3.5.1. 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 ‰).

### **3.5.2. 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.

**Определение процентного содержания активного хлора в хлорсодержащем реагенте.** 1. Если в качестве хлорсодержащего реагента используется сухое вещество, то необходимо взвесить 0,5 г, перенести в коническую колбу и растворить в 10–15 мл дистиллированной воды. При использовании жидкого вещества необходимо отмерить 2 мл и так же перелить в коническую колбу.

2. Добавить в колбу 10 мл 10%-ного раствора йодистого калия (KI) и 10 мл 15%-ного раствора серной кислоты (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Образующиеся комочки разбить стеклянной палочкой.

3. Раствор хорошо взболтать и поставить в темное место на 10–15 мин.

4. Титровать 0,1-нормальным раствором гипосульфита натрия до появления светло-желтой окраски.

5. Добавить 1 мл 1%-ного раствора крахмала и титровать до полного обесцвечивания. Заметить количество раствора гипосульфита натрия, пошедшего на титрование.

6. Содержание активного хлора рассчитать по формуле

$$\begin{aligned} \text{для сухого вещества} &- C = 0,71 \cdot a; \\ \text{для жидкого вещества} &- C = 0,177 \cdot a, \end{aligned}$$

где  $C$  – содержание активного хлора, %;

$a$  – количество 0,1-нормального раствора гипосульфита натрия, пошедшего на титрование, мл.

Желательно для приготовления декапсулирующего раствора использовать хлорсодержащий реагент с содержанием активного хлора не ниже 18 %.

**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 кон-

центрируют 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 СаО. 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 СаО 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 Са(ОСl)<sub>2</sub> 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  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  на 100 г яиц) или тиосульфата натрия (0,5 мл 1%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  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 °С. 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 подсушенных яиц на 100 мл раствора ( $\text{NaCl}$  – 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 не-

скольких 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.

### **3.6. 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 сут. 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 –60 °С со временем выдерживания 10–15 мин. Затем температуру уже замороженных личинок повышают до –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 –40 до –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, неклеякий, белый (в виде кубика с внешним белым слоем и буровато-красным внутри). При намачивании он поглощает воду и восстанавливает свой первоначальный вид.

## Контрольные вопросы

1. Чем определяется ценность артемии как кормового объекта?
2. Биологическая характеристика *Artemia salina*.
3. Опишите цикл развития артемии.
4. Назовите способы размножения артемии.
5. Чем питается артемия?
6. Какая оптимальная температура для инкубации яиц *Artemia salina*?
7. Каково отношение артемии к рН и содержанию растворенного в воде кислорода?
8. Перечислите основные этапы биотехники массового получения науплиусов артемии салина.
9. Способы определения качества собранных яиц *Artemia salina*.
10. Кто является основным поставщиком яиц *Artemia salina*?
11. С какой целью проводят активацию яиц *Artemia salina*?
12. Назовите аппараты для инкубации яиц артемии салина.
13. Как устроен аппарат Хаслина?
14. Как происходит отделение науплиусов от яиц и скорлупы при инкубировании в аппарате Хаслина и в аппарате Вейса?
15. При какой солености происходит выклев науплиусов из яиц артемии?
16. Для чего проводят декапсуляцию яиц артемии?
17. Назовите этапы декапсуляции яиц.
18. Перечислите оптимальные условия инкубации яиц *Artemia salina*.
19. Какое вещество используют при обработке цист для дезактивации остатков хлора?

## 4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СТРЕПТОЦЕФАЛА

### 4.1. 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. 11). 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.

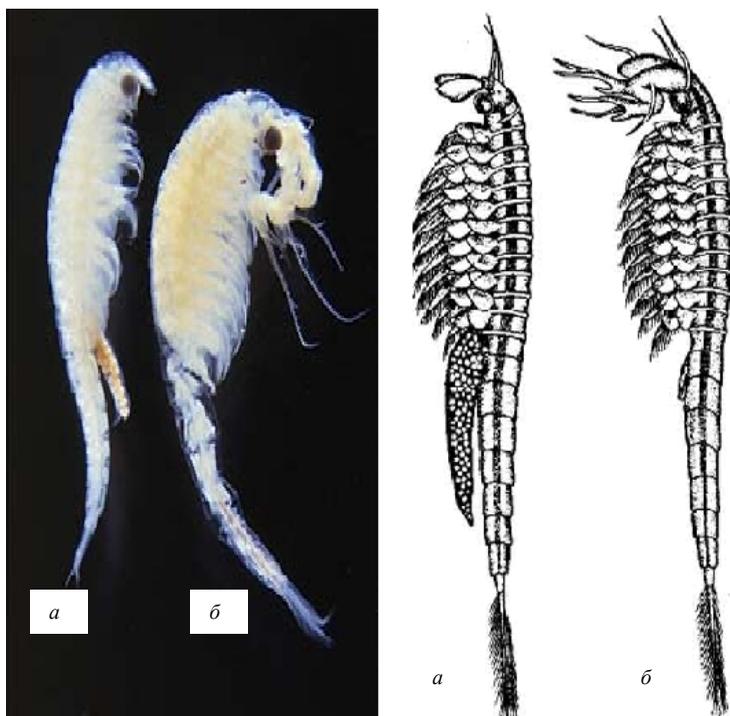


Рис. 11. *Streptocephalus torvicornis*:  
а – самка; б – самец

Оплодотворенные яйца порциями поступают в яйцевой мешок, в котором вынашиваются 3–5 дней. Выбрасывание их происходит порционно, поэтому полное освобождение мешка длится 5–7 ч. Яйцами следующей кладки мешок начинает заполняться через 2–14 ч. 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 сохраняют жизнеспособность при замерзании 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.

## **4.2. 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. Синезеленые 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 °С, pH 6,8–7,2; температура – 20 °С (15–25 °С).

Яйца помещают в культуру сценедесмуса и хлореллы, не содержащую удобрений и инкубируют при сильной продувке воздухом. Выклев растянут от 1,5 до 15 сут, с массовым выходом на 5–10-е сут. Науплии розового цвета, размером около 0,5 мм, 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 л 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 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*.

### Контрольные вопросы

1. В каких водоемах обитает *Streptocephalus torvicornis*?
2. Каким способом размножается стрептоцефал?
3. В каком возрасте и при какой длине *Streptocephalus torvicornis* достигает половой зрелости?
4. Чем питается стрептоцефал в природе и чем кормят при выращивании в лабораторных условиях?
5. Назовите оптимальные условия культивирования стрептоцефала.
6. Почему нежелательно совместно выращивать взрослых рачков и молодь?

## 5. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ИНФУЗОРИЙ

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

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 *Ciliata* типа *Ciliophora*, подцарство *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.

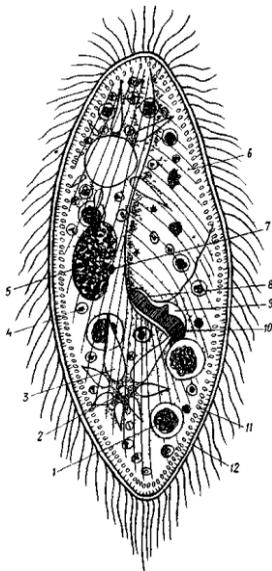


Рис. 12. Инфузория *Paramecium caudatum*: 1 – пищеварительная вакуоль; 2 – сократительная вакуоль; 3 – приводящий канал; 4 – экскреторные тельца; 5 – макронуклеус; 6 – перистом; 7 – микронуклеус; 8 – ротовое отверстие; 9 – глотка; 10 – ундулирующая мембрана; 11 – трихоисты; 12 – пелликула и реснички

Размножение инфузорий осуществляется вегетативным или половым способами (рис. 13).

При вегетативном способе размножение инфузорий происходит путем поперечного деления клеток, т. е. 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.

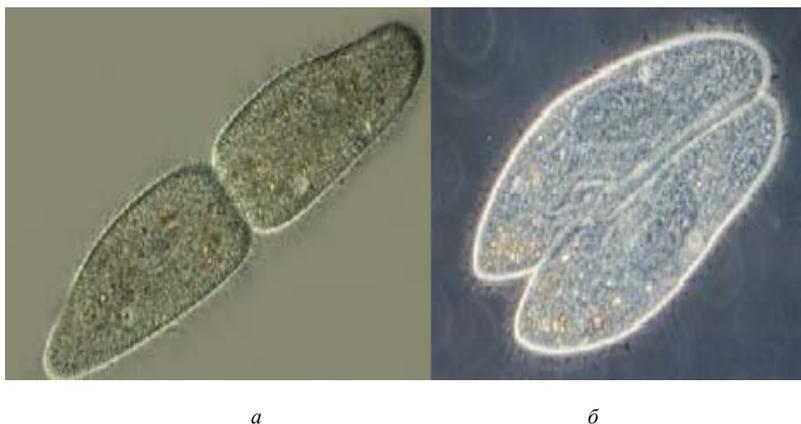


Рис. 13. Размножение инфузории-туфельки:  
а – бесполое; б – половое

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, т. е. 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.

## 5.2. 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 целостостеклянные 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 см<sup>2</sup>, 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 сут. 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.

### **Контрольные вопросы**

1. Краткая характеристика инфузорий.
2. Отношение инфузорий к факторам среды.
3. Какие устройства применяют для культивирования инфузорий?
4. Какие питательные среды используются для выращивания инфузорий?
5. Как готовится сенной настой в лабораторных и промышленных условиях?
6. Как правильно приготовить молочный и сенной настой?
7. Чем питается инфузория?

## 6. КОЛОВРАТКИ – СТАРТОВЫЙ КОРМ ДЛЯ РЫБ

### 6.1. Общие сведения о коловратках

Коловратки (*Rotatoria*) – многоклеточные животные, ранее относимые к группе первичнополостных 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 в основном 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 инфузориитуфельки. 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 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 однояичниковых 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.

## **6.2. 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. 14).

Они поедают фитопланктон, бактерий, дрожжи. Колонии 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.

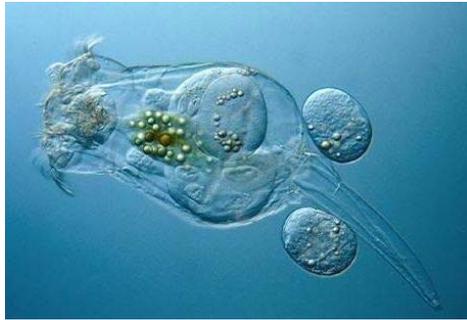


Рис. 14. Коловратка (*Brachionus plicatilis*)

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 сут. Половозрелыми становятся через 1–1,5 сут.

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.

### **6.2.1. 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 сут до начала эксплуатации производственных бассейнов, которые засевают коловратками за 7–10 сут 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 сут.

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 выклевывается 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 молодь можно засеивать бассейны емкостью 50–100 л.

Маточную культуру, предназначенную для получения больших количеств коловраток, содержат в 8–10 бассейнах объемом 0,1 м<sup>3</sup> 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, желателен 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 микрородо-

рослей, 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 150×150×50 см или 200×200×50 см с донным сливом, цилиндрические емкости с коническим дном (типа аппаратов ВНИИПРХа) объемом от 0,5–2 м<sup>3</sup>.

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 сут. Оптимальная продолжительность одного цикла культивирования – 8–10 сут.

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 сут) и заменяют свежей средой.

**Повышение пищевой ценности коловраток.** Для повышения пищевой ценности коловраток их отцеживают через газ № 76, выдерживают несколько часов (2–3 ч) в воде без корма (для освобождения кишечника), после чего их кормят в течение 1–2 ч кормами, богатыми витаминами и иными важными для роста личинок соединениями, а затем отфильтровывают через газ № 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  $\omega$  3 высоконасыщенные жирные кислоты ( $\omega$  3 ВНЖК), благодаря чему выживаемость личинок увеличивается в 2 раза. Коловраток можно в течение 1 сут кормить суспензией гомогенизированного жира катрана, богатого  $\omega$  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.

### 6.3. 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. 15).

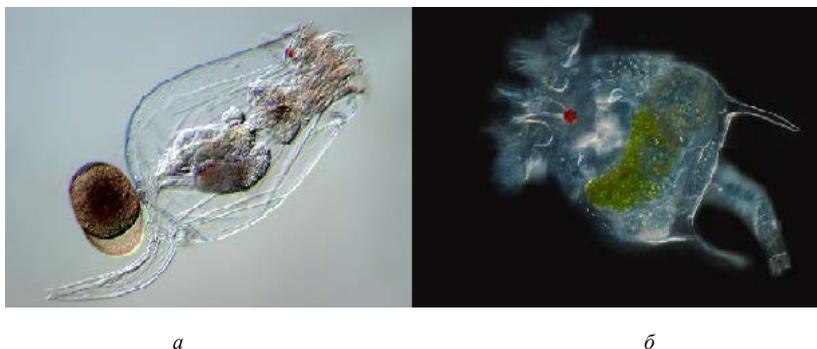


Рис. 15. Пресноводные коловратки:  
а – *Br. calyciflorus*; б – *Br. rubens*

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 возможность 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 ч. 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/м<sup>3</sup> 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 *P. brachionus* в темноте. Их выращивают последовательно в 3 емкостях объемом – 0,5; 8; 1500 л. В качестве корма используют или выращенную хлореллу, или производимую промышленным методом хлорельную 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 ч 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 также переносят в емкость № 3 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 сут выращивания составляет 4–5 кг/м<sup>3</sup>. 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 внесения 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 осадения). 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 они поднимают-

ся 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/см<sup>3</sup>. 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.

#### **6.4. Коловратки рода *Philodina***

Из коловраток, относящихся к роду *Philodina*, наиболее часто культивируют *Ph. acuticornis* (рис. 16). По размерам она крупнее, чем представитель рода *Brachionus*.

Филодины обычно обитают среди иловых частиц на дне аквариумов или пресноводных водоемов. Их легко обнаружить под микроскопом или бинокляром, 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 колорвращательный 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 сут. Культивируют их обычно при температуре 24–27 °С.



Рис. 16. *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 л 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 желательно добавлять 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 с помощью 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 с помощью эрлифта. Оптимальная скорость потока 6–10 объемов в сутки. Продуктивность при таком выращивании очень высока – до 20 г/л (по влажной биомассе).

## 6.5. Коловратки *Asplanchna*

*Asplanchna priodonta* – одна из наиболее крупных (0,28–1,50 мм) пресноводных коловраток (рис. 17).

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.

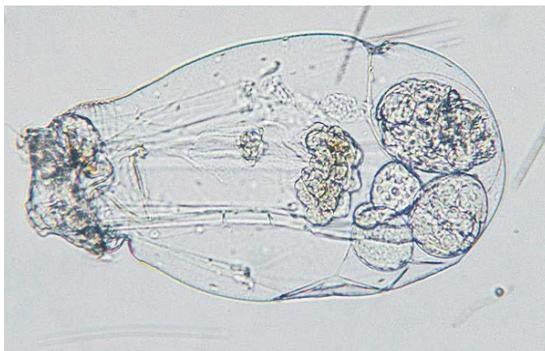


Рис. 17. *Asplanchna priodonta*

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 аспланхну и на солоноводных коловратках. Для этого культуру солоноводных коловраток медленно распресняют до солености в 3 ‰, куда затем и вносят аспланхну.

Аспланхну обычно используют при выкармливании молоди рыб в качестве добавки к основному корму при переходе с более мелких кормов к более крупным. Питательность аспланхны сравнительно низкая, поэтому перед скормливанием аспланхны молоди рыб их самих желательно покормить.

Оптимальным способом выращивания полноценных в пищевом отношении аспланхн является следующий. На 1 л культуры водоросли сценидесмуса или хлореллы вносится 10 мл насыщенного раствора NaCl и немного пекарских дрожжей. Далее, туда же вносятся распресненные до 3 ‰ и отцеженные через газ № 76 солоноводные коловратки и культура аспланхны. Полученную культуру выдерживают при боковом освещении люминесцентной лампы. Молодь аспланхны 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.

### Контрольные вопросы

1. Назовите виды солоноводных и пресноводных коловраток.
2. Какими способами размножаются коловратки?
3. Дайте общую характеристику солоноводной коловратки *Brachionus plicatilis*.
4. Каковы оптимальные условия культивирования коловратки *Brachionus plicatilis*?
5. Какой корм вызывает гибель коловратки *Brachionus plicatilis*?
6. Что является кормом для пресноводных коловраток *Br. rubens*, *Br. calyciflorus*?
7. Назовите основной способ культивирования пресноводных коловраток *Br. rubens*, *Br. calyciflorus*.
8. Дайте характеристику коловратки *Philodina acuticornis odiosa*.
9. Чем питается филодина?

## 7. ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ

### 7.1. Особенности биологии ветвистоусых рачков

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*, моины – *Moina macrocopa*, *M. rectirostris*. В последние годы объектом массового культивирования стали цериодафнии (*Ceriodaphnia reticulata*) и хидорусы (*Chydorus sphericus*).

Хидорусы, цериодафнии и моины, по своим размерам не превышающие нескольких миллиметров, могут служить стартовым кормом для рыб. Ветвистоусые рачки размножаются половым путем и партеногенетически. В оптимальных условиях партеногенетическое размноже-

ние 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, с помощью 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 молодежь покидает ее при линьке самки. Период от появления яиц в выводковой камере до выхода молодежи в окружающую среду у *D. magna* составляет 2–3 дня. Новая партия яиц поступает в выводковую камеру через 1–3 часа после вылупления молодежи. Дафнии и мойны характеризуются высокой плодовитостью. Единоновременно в выводковой камере *D. magna* может находиться до 110 шт., *Moina macrocopa* – до 44 яиц. Первые яйца в выводковой камере появляются при достижении самками *D. magna* длины 2–3 мм, *M. macrocopa* – 0,95–1,00 мм. Молодь *D. magna* выходит из выводковой камеры на 6–8-й день, *M. macrocopa* – на 4–5-й день после рождения самки.

Оплодотворенные зимующие яйца заключены в специальное образование – седлышко или эфиппиум, хорошо изолирующее их от влияния окружающей среды и позволяющее переносить высыхание, промораживание и другие неблагоприятные условия. Из зимующих яиц *D. magna* молодежь появляется через 4–6 дней после попадания яиц в благоприятные условия. Рачки созревают на 10–11-й 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. macrocopa* – 25 дней. В течение своей жизни одна самка *D. magna* может дать до 1172 шт. молодежи, *M. Macrocopa* – 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 взвешенный в воде, но и природный детрит.

Мирные *Cladocera* не потребляют мелких животных в водоемах, но охотно потребляют отмерший зоопланктон. *Cladocera* не только питаются 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 уменьшается 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.

## 7.2. 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.

## 7.3. Культивирование дафний в садках и бассейнах

При культивировании дафний в небольших масштабах удобны открытые садки цилиндрической формы (рис. 18).

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.

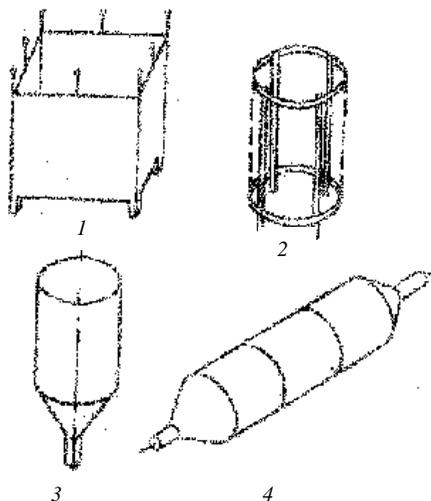


Рис. 18. Садки для культивирования ветвистоусых ракообразных:  
 1 – прямоугольный открытый садок из капронового сита; 2 – цилиндрический полиэтиленовый садок открытого типа; 3 – открытый конусообразный садок из капронового сита; 4 – закрытый садок из капронового сита

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 (рис. 18), которые закрепляют-

ся 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/м<sup>3</sup>. 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/м<sup>3</sup>. 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.

#### 7.4. 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/м<sup>3</sup> и добавляют каждые 8–10 дней по 0,75 кг/м<sup>3</sup>. Птичий помет как более концентрированное удобрение вносят по 0,5 кг/м<sup>3</sup> при зарядке и по 0,25 кг/м<sup>3</sup> каждые 8–10 дней. Хорошим кормом для дафний и мойн в условиях массового культивирования являются протокковые 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/м<sup>3</sup> при зарядке культуры и 10 г/м<sup>3</sup> при подкормке каждые пять дней. В культуру *Moina macroscopa* вносят 100 г/м<sup>3</sup> в начале культивирования и затем каждые два дня по 50 г/м<sup>3</sup>. 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 настою 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/м<sup>3</sup>. Созревание культуры продолжается 10–15 дней.

Культивируют культуру на кормовых дрожжах. Дрожжи вносят в воду из расчета 15–20 г сухой массы на 1 м<sup>3</sup> 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/м<sup>3</sup>.

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/м<sup>3</sup> 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 (рис. 19).

В одноканальной системе вода и корма поступают в емкость с культивируемыми животными, а оттуда вместе с водой уходят продукты метаболизма и образовавшаяся в культуре конечная продукция культивируемых животных.

В двухканальной системе вода или вода с кормом поступают в культиватор, а затем вместе с метаболитами и полезной продукцией выходят из культиватора. По второму каналу в культиватор подаются корма (тип А) или происходит съем продукции животных (тип В).

В трехканальной системе поступление воды и выход ее с метаболитами идут по одному каналу, а подача корма и съем продукции животных – по двум другим каналам.

В многоканальной системе вода и корма подаются в агрегат с культивируемыми животными через многочисленные каналы, и через такое

же количество каналов вода вместе с метаболитами выходит наружу. Один канал служит для съема продукции.

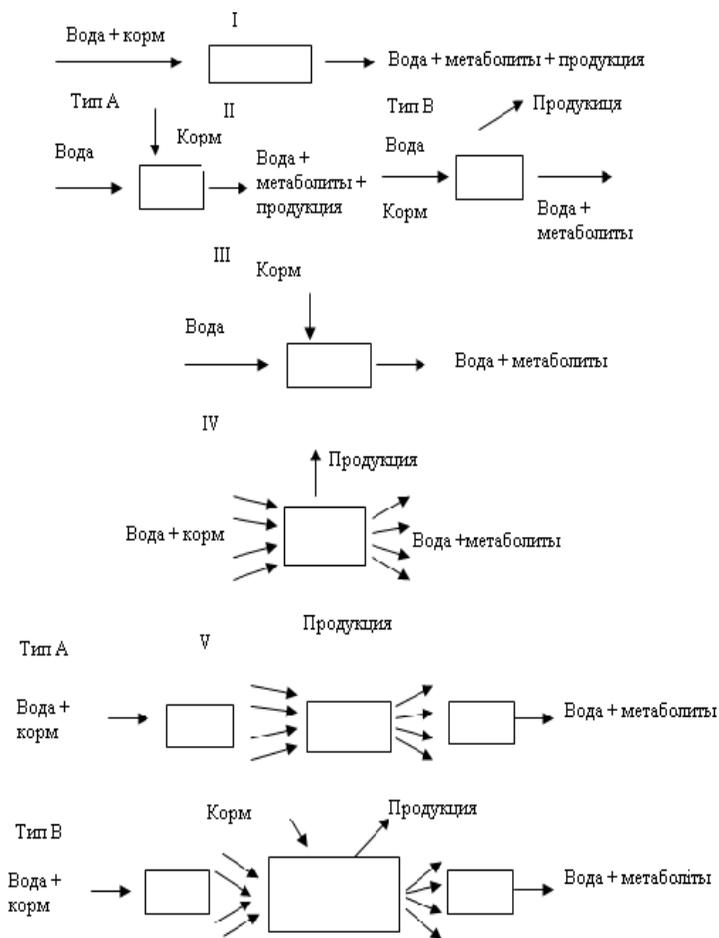


Рис. 19. Схема основных систем культивирования планктонных животных

В комбинированной системе вода или вода с кормами подается сначала по одному каналу в большой резервуар, а оттуда по многим каналам поступает в емкость с культивируемыми животными. Вода с

продуктами обмена уходит из агрегата по многим каналам и затем падает в один общий канал. По особым каналам происходит съём продукции (тип А) или внесение корма и съём продукции (тип В).

Первые три системы применимы для замкнутых емкостей из плотного материала, не пропускающего воду. Четвертая и пятая системы культивирования рассчитаны на использование в качестве агрегатов для культивирования садков (из сита), свободно пропускающих воду, метаболиты, микроводоросли, бактерии, мелкие частицы детрита, но полностью задерживающих культивируемых животных. Системы 1 и 2В применимы только в проточных культурах, а системы 2А и 3 как в проточных, так и в непроточных.

### 7.5. 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 потомю 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 ба-  
лиза;
- в качестве корма добавляют пивные дрожжи в количестве 25 г/м<sup>3</sup>  
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/м<sup>3</sup>, изымая раз в 2–3 дня часть культуры, пропорциональную приросту за это время.

Под дафниевые пруды-питомники в рыбоводных хозяйствах используют спускные пруды площадью 0,1–0,5 га. Пруды частично заполняют водой через капроновое сито № 23–25 за день до внесения в них культуры дафний. Начинать зарядку культуры можно при температуре воды 9–10 °С. В залитую часть пруда-питомника вносят 100 г/га чистой культуры дафнии и 1,5 кг/га кормовых дрожжей. Перед внесением в пруды дрожжи замачивают в воде и затем равномерно разбрызгивают по поверхности водного зеркала. Через трое суток вносят дрожжи в количестве 0,75 кг/га.

Помимо дрожжей в пруды-питомники вдоль береговой линии по урезу воды вносят конский навоз из расчета 1–2 т/га. Пруды полностью заливают водой в течение 4–5 сут. Этот этап длится с апреля по июнь. Маточную культуру *D. magna* вносят в частично залитые производственные пруды из расчета 100 г/га за 5–7 дней до зарыбления личинками европейского сома или других рыб. Для транспортировки *D. magna* на близкие расстояния можно использовать молочные бидоны, полиэтиленовые пакеты. Норма загрузки составляет 25 г на 1 л воды. Транспортировку культуры дафнии в полиэтиленовом пакете можно проводить при температуре воды 20 °С в течение 2–3 сут.

## 7.6. 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. 4).

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

Таблица 4. 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	–	–

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

Таблица 5. 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		7,8
Изолейцин	5,6–6,3	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.

### 7.7. Культивирование моины

Моина как кормовой объект имеет ряд преимуществ перед дафнидами. Размеры взрослых моин 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 мес 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 слабо-зеленого 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 м<sup>2</sup>, 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/м<sup>2</sup>. 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 сут 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 сут. 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-й 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.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова оптимальная температура культивирования дафний?
2. Что является кормом для дафний?
3. Как правильно культивировать дафний и моин на конском, коровьем навозе и птичьем помете?
4. Как готовят сенной настой для культивирования дафний?
5. Как выращивают дафний на водорослевом корме?
6. По какому принципу и на какие типы делят системы культивирования дафний?
7. Какие садки используют для культивирования дафний?
8. Перечислите основные этапы получения маточной культуры *D. magna*.
9. Назовите преимущества моины как кормового объекта перед дафниями.
10. Какая оптимальная температура для культивирования моины?
11. Дайте краткую характеристику пруду-теплице.
12. Как правильно заполнять водой пруд-теплицу?
13. Какие методы применяют для повышения продуктивности культивируемых дафний при выращивании маточной культуры?

## 8. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КРАСНОГО КАЛИФОРНИЙСКОГО ЧЕРВЯ

### 8.1. 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 Поясковые (Subphyllum Clitellata), классу Малощетинковые черви (Classis Oligochaeta), отряду Люмбрикоморфы, или Высшие Малощетинковые (Ordo Lumbricomorpha), семейству Люмбрициды, или Настоящие дождевые черви (Familia Lumbricidae).

Центральным семейством отряда Lumbricomorpha является семейство Люмбрициды, 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 уплощен 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 распространенный 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 водоемов. Это средних размеров (длиной до 15–16 см) сероватый червь, лишенный 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, отно-

сящиеся 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 покидать 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 г. 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, т. е. отходов кухни, сада, огорода, а также опавшей листвы и тому подобных органикосодержащих отходов, и использования их в качестве корма дождевым червям. Червей он выращивал в деревянных ящиках, заполненных землей, навозом и отходами. В 1959 г. 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. С помощью 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 в. К этому делу внимание привлек 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 ее главной составной части. Практически до середины 80-х гг. 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 Игоным 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 стали 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 составляет +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 исклю-

чать из состава корма все вещества, неподдающиеся биологическому разложению (органику синтетического происхождения).

Калифорнийский червь очень плодovit, 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 определенных требований к условиям среды их обитания:

- оптимальная температура для размножения и развития червя – от +19 °С 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.

## **8.2. 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, 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 перекрестное. 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

семяприемников другого. Из мужских отверстий обеих червей выделяется сперма, которая сокращением брюшной мускулатуры проводится по его поверхности к пояску, где и попадает в упомянутую ранее слизистую муфту. Семяприемники партнера производят при этом как бы глотательные движения и воспринимают поступающее в муфту семя. Таким образом, семяприемники 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 семяприемники 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-му дню жизни. Продолжительность жизни – 16 лет.

### **8.3. Основные этапы биотехнологического процесса**

Для разведения красного калифорнийского червя и получения биогумуса необходимо достаточно серьезно 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 шт. особей.

Биотехнологический процесс разведения красного калифорнийского червя состоит из следующих основных этапов: подготовка субстра-

та, подготовка вермикультиваторов, закладка червей, уход и подкормка, выборка червей, зимовка.

**Подготовка компоста** (питательного субстрата). Хорошим сырьем для подготовки питательного субстрата может быть навоз сельскохозяйственных животных, выдержанный в течение от 3 до 6 мес. Меньше времени уходит на компостирование кроличьего и козьего навоза, больше свиного и куриного. Качество навозного субстрата можно улучшить, добавив в него измельченную скорлупу яиц, измельченные пищевые отходы, листья плодовых и овощных культур, сорняки, а также внеся 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 перемешанном виде закладываются скошенная трава, пищевые отходы, лиственный 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 варенные 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 измельченную скорлупу яиц, смесь извести и торфа.

**Подготовка вермикультиватора.** В качестве вермикультиватора можно использовать пластиковые или самодельные деревянные ящики высотой 30–40 см и площадью от 0,5 до 1,0 м<sup>2</sup>, 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 затемненным, хорошо сохранять влагу и вместе с тем предотвращать перегрев и заливание водой во время ливней. Для защиты от грызунов на твердый грунт укладывается материал, изолирующий компост, населенный 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 шт. 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 ее 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 2–3 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, которая 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, 3–4 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 слоев 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 тыс. на 1 м<sup>2</sup>). 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 также дают поголодать несколько дней, а затем на 1/3 площади раскладывают порцию нового корма слоем 5–7 см, в которую голодные черви перемещаются. Через 2–3 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 темного 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 –20 °С до +30 °С.

**Сохранение червей в холодное время года.** В зимний период популяцию червя можно сохранить в помещении, где температура воздуха не опускается ниже +5 °С. Компост загружают в ящик или грядку размером 100×150×25 см. Червя, собранного с летней гряды, переносят в зимнюю грядку. Грядку накрывают влажной тканью (лучше натуральной мешковиной) и следят за влажностью гряды, время от времени поливая ткань. Если температура в помещении +10 °С...+15 °С, то червей время от времени подкармливают. Но в любом случае в ящике или грядке 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 твердым материалом, а можно ограничиться слоем полиэтиленовой пленки 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 м. Закрывают сооружение пленкой. По краям полезно укрыть еловым лапником, а после первого снегопада снег по краям желательно 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 пленкой. 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.

### Контрольные вопросы

1. Какие виды люмбрицид чаще всего используют для массового разведения?
2. Какой должна быть оптимальная температура для разведения красного калифорнийского червя?
3. При какой температуре червь перестает питаться, размножаться?
4. Какая оптимальная влажность субстрата для разведения красного калифорнийского червя?
5. Что является кормом для *Eisenia foetida andrei*?
6. Как проводят кормление?

7. Назовите основные этапы биотехнологического процесса разведения красного калифорнийского червя.

8. Каким способом размножается красный калифорнийский червь?

9. В каком возрасте наступает половая зрелость?

10. Каким способом проводят выборку червей?

## 9. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ОЛИГОХЕТ

### 9.1. Общие сведения и особенности биологии белого энхитрея

Энхитреиды – одно из семейств малощетинковых червей (Oligochaeta), 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 – убикиvist.

*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 (рис. 20).

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 энхитреи 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.



Рис. 20. Белый энхитрей

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 энхитреи 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-й 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 пояса 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/м<sup>3</sup> в слое грунта 12–15 см в первые 30 дней культивирования. Максимальная биомасса червей при высокой плотности составляет 2000 г/м<sup>2</sup>.

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 энхитрея 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 происходят 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 мес, теряя до 80 % массы тела.

## 9.2. 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/м<sup>2</sup>, 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 мин.

**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.

### **9.3. Культивирование белого энхитрея**

Культивирование олигохет происходит, как правило, в почве, хотя имеются способы разведения и на других субстратах: битом кирпиче, шлаке и гальке, между листами фильтровальной бумаги, между полотнищами ткани.

Современные способы массового культивирования белого энхитрея основываются на содержании культуры в почве. Почвы берут обычно в садах, огородах, парниках, на пашнях. Почву просеивают через сетку 3–4 мм, очищая от посторонних примесей, смешивают с перегноем и увлажняют, поливая навозной жижей (коровяком).

Для разведения олигохет используют ящики из простых некрашенных досок несмолистых пород деревьев (рис. 21).

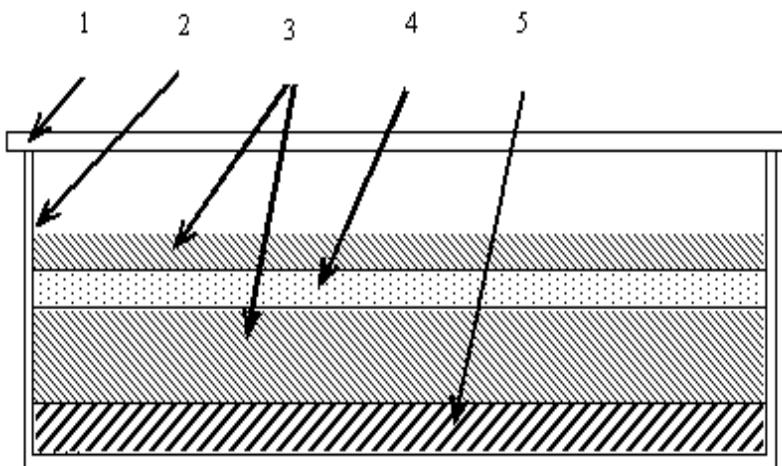


Рис. 21. Схема ящика для выращивания олигохет:  
1 – крышка; 2 – корпус; 3 – грунт; 4 – корм и культура; 5 – торф

Высота ящика – 10–15 см, площадь – 0,2–0,3 м<sup>2</sup>. На дно насыпают торф, затем садовую землю на 2–4 см ниже верхнего края. Червей вносят в грунт на глубину 3–4 см. Культуру вносят из расчета 40–50 г на ящик размером 50×40×12 см (200–250 г/м<sup>2</sup>). Сюда же закладывают корм. Поверхность грунта выравнивают и ящик накрывают крышкой, которая помогает поддерживать благоприятную для культивирования температуру (17–18 °С) и оптимальную влажность (23–25 %), а также защищает от попадания насекомых.

В качестве корма используют белый хлеб без корки, смоченный в молоке, вареные отходы картофеля, кабачков, тыквы, арбузов, дынь, моркови, фруктов, манную кашу. Без молока развитие червей идет значительно медленнее.

Корм закапывают в грунт с периодичностью 1–2 раза в неделю. Для этого в ящике делают на всю его ширину 3–4 глубокие бороздки шириной 5 см, в которые на глубину 2–4 см укладывают корм и присыпают землей или накрывают стеклом для лучшего контроля за поедаемостью. По отношению к предлагаемым кормам черви проявляют определенную избирательность (табл. 6).

Таблица 6. Избирательность различных кормов белым энхитреем

Корм	Количество червей, концентрирующихся у корма (в % от величины скопления у дробины)
Дробина	100
Овсяная крупа	87,6
Хлеб	87,6
Отруби	82,1
Мука	74,1
Картофель	58,0
Тесто	51,0
Морковь	24,7

Наиболее интенсивно рост и размножение энхитреев происходят при питании мукой. При кормлении отрубями темп роста червей высокий, однако активность размножения самая низкая (табл. 7).

Животные, питающиеся хлебом и картофелем, имеют наиболее низкий темп роста, но продуцируют значительное количество яиц.

Таблица 7. Продукция яиц белого энхитрея при питании различными кормами при температуре 20 °С

Корм	Интервалы в сбрасывании коконов, сут	Среднее количество яиц в коконе, шт.	Среднесуточная продукция яиц одного червя, шт.
Мука	2,6	11,9	4,6
Отруби	10,0	6,1	0,6
Картофель	3,1	10,0	3,2
Дробина	6,7	7,6	1,1

Энхитрей обладает способностью длительное время жить без пищи. При обычной комнатной температуре он может выдерживать голод в течение 2,5 мес, теряя при этом до 80 % массы тела. К концу срока голодания выживает от 20 до 70 % животных. В условиях низкой температуры (0–5 °С) продолжительность периода голодания увеличивается до 3–4 мес.

Пользование культурой червей следует начинать в период максимального прироста массы, т. е. через 45–50 дней с момента начала их разведения.

Отделять червей от земли можно несколькими способами: на поверхность земли кладут сыр, и черви собираются под ним; собирают в местах закапывания каши, далее помещают на стекло в виде горки и подогревают снизу лампой накаливания, черви, спасаясь от тепла и

света, собираются на вершине горки кучкой. Их собирают пинцетом, промывают в воде и скармливают рыбам. Энхитреи – это очень калорийный корм, и кормить ими рыб необходимо не чаще чем через день.

Выращенных энхитрей хранят в помещениях при температуре 0 °С в ящиках с почвой при плотности посадки до 4–5 кг/м<sup>3</sup>. В таких условиях энхитреи могут храниться до 100 дней, давая незначительный отход и незначительно теряя в массе.

Производственное культивирование белого энхитрея осуществляется в специальных помещениях – олигохетниках. Подготовленные ящики устанавливают в стеллажи. Обычно стеллажи содержат 8–10 ярусов. Проходы между стеллажами – 1–1,5 м.

При олигохетниках строят кухню для приготовления корма, кладовую для хранения продуктов, а также отборочную комнату для выгонки червей из грунта.

#### 9.4. Биологические особенности развития и культивирования гриндальского червя

Гриндальский червь (*Enchytraeus buchhoizi*) – это мелкий, длиной 0,5–12 мм и диаметром 0,4 мм червячок (рис. 22). Он обладает огромной репродуктивной способностью – при оптимальных условиях содержания он удваивает свою биомассу за трое суток.

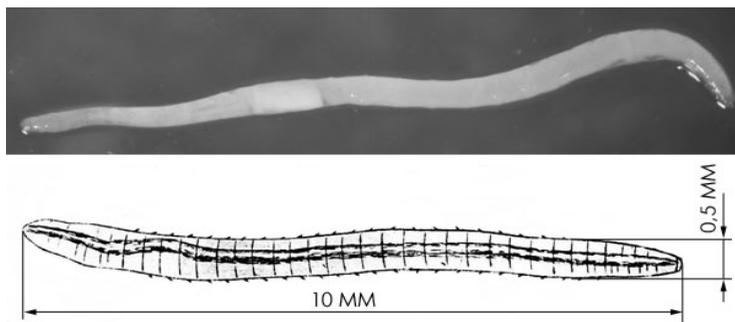


Рис. 22. Внешний вид и размеры гриндальского червя (*Enchytraeus buchhoizi*)

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, для того 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 см<sup>3</sup>, или кубики рыхлого вываренного торфа.

Можно применять перегной из лиственного леса, наполовину смешанный с торфом. Также можно применять ошпаренный торфяной длинноволокнистый 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 капроновом 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 м<sup>2</sup>.

## 9.5. 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 Naidotaxida, семейству Naididae, роду *Tubifex*. Им кормят как мальков, так и взрослых рыб. О питательной ценности трубочника можно судить по данным, приведенным в табл. 8.

Трубочник – обитатель мелководных участков медленно текущих ручьев и речек, канав 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 илстом, но и в песчаном грунте.

Таблица 8. 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 мес. Трубочники – гермафродиты. Размножается трубочник только половым путем, в основном в летние месяцы. В коконах содержится несколько яиц (1–8), из которых уже через месяц появляются маленькие трубочники (рис. 23).



Рис. 23. Ювенильный *Tubifex tubifex*, выползающий из яйцевого кокона (внутри кокона еще 2 или 3 червячка)

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.

Для снижения расхода воды при выращивании трубочника применяется установка с замкнутым циклом водоснабжения, которая размещается на полках или стеллажах (рис. 24). Установка состоит из 270-литрового танка-накопителя размером 75×60×60 см, устанавливаемого на высоту 3 м. Вода поступает в верхнюю часть танка и выливается из нижней в лотки.

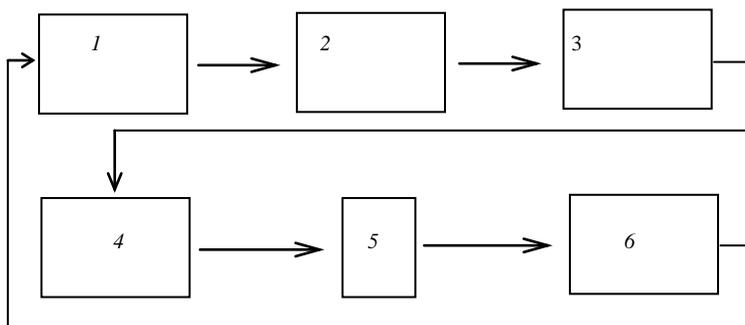


Рис. 24. Схема установки замкнутого типа для культивирования трубочника:  
1 – танк-накопитель; 2 – лотки; 3 – отстойник; 4 – фильтр (гравий и песок);  
5 – аэратор; 6 – узел аэрации и денитрификации

Лотки объемом 18 л каждый размещают по 12 шт. в три ряда на рамах из уголка. Размер лотка – 45×30×15 см. Между собой они соединены полихлорвиниловыми трубками диаметром 19 см, регулирующими уровень воды до 12 см.

Вода из лотков со скоростью 86 л/сут поступает в отстойник, в котором осаждаются частицы размером от 1000 мкм, и далее в блок фильтрации – емкость с установленными в нее двумя фильтрами. Фильтр представляет собой две перфорированные цементные пластины, пространство между которыми заполнено песком. Один фильтр заполнен крупным песком (размер частиц – менее 5000 мкм), другой – мелким (размер частиц – более 100 мкм).

Блок аэрации и денитрификации состоит из полихлорвиниловых трубок диаметром 0,5 см, заполненных чередующимися кусочками гравия, древесного угля, известковых раковин и песком. Воздух продувается через трубки. Блок устанавливают в танк, оборудованный электродатчиком уровня воды, который при достижении критического значения включает насос.

Лотки заполняют на 2/3 глубины субстратом, состоящим из навоза (75 %) и мелкого песка (25 %). Затем вносят культуру червей в количестве 400 экз/м<sup>2</sup>. Оптимальная скорость тока воды через лотки составляет 100 мл/мин.

Вытекающая из лотков вода содержит: органических веществ – 175, кислорода – 2,5, углекислоты – 7 мг/л, аммония – 95 мкг/л, pH – 4,4. После прохождения узла водоподготовки качество воды улучшается: концентрация кислорода достигает уже 4 мг/л, углекислоты – 2,2 мг/л, аммония – 16 мкг/л, pH – 5,6.

В связи с тем, что летальными для трубочника являются концентрации кислорода менее 2 мг/л, аммония – 100 мкг/л, а к четвертой циркуляции эти показатели составляют соответственно 3 мг/л и 85 мкг/л и к тому же оставшиеся после фильтрации частицы размером около 100 мкм образуют постоянную взвесь в циркулирующей воде, весь объем воды после четвертой циркуляции, т. е. через каждые четверо суток, меняют.

Производительность установки – 5,6 кг в месяц трубочника при расходе навоза 25 кг/кг червя и 193 л воды в месяц. Одним из существенных недостатков данного метода выращивания трубочника является вымывание током воды навоза и молодых червей из лотков. В отличие от проточного метода выращивания эта система требует и большего расхода навоза на 1 кг трубочника – 25 против 18 кг.

Преимущество рециркуляционной установки состоит в значительной экономии воды.

## 9.6. Культивирование аулофоруса (*Aulophorus furcatus*)

Новым кормовым объектом, который мог бы заинтересовать рыбодные хозяйства и уже получившим признание у аквариумистов, является червь *Aulophorus furcatus* (рис. 25).

*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 сильнозагрязненных природных водоемах (пробы тщательно отбирают под микроскопом).

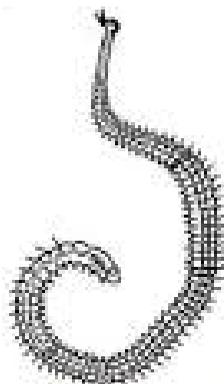


Рис. 25. Внешний вид  
*Aulophorus furcatus*

Культивирование аулофоруса помогает разрешить 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 см<sup>3</sup>, клевер луговой – 300 см<sup>3</sup>, морковь – 100 см<sup>3</sup>, дрожжи пивные – 100 см<sup>3</sup>, дафния – 5 см<sup>3</sup>, 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.

### Контрольные вопросы

1. Где обитает белый энхитрей?
2. Способ размножения белого энхитрея.
3. В каком возрасте белый энхитрей достигает половой зрелости?
4. Продолжительность жизни белого энхитрея.
5. Что является субстратом для культивирования белого энхитрея?
6. Что используется в качестве корма для белого энхитрея?
7. Способы отделения червей от земли.
8. Как правильно хранить выращенных червей?
9. Какой субстрат применяется для культивирования гриндальского червя?
10. Оптимальная и летальная температуры культивирования гриндаля.
11. Почему нельзя культивировать червя при температуре 26 °C?
12. Как отделить червей от субстрата?
13. Какие размеры гриндальского червя?
14. Пищевая ценность *Tubifex tubifex*.
15. Чем питаются трубочники?
16. Как размножается трубочник?
17. Охарактеризовать установку для культивирования трубочника.
18. Чем питается *Aulophorus furcatus*?
19. Как правильно скормить аулофоруса рыбам?

## 10. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ СВОБОДНОЖИВУЩИХ НЕМАТОД

### 10.1. 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 кишки. 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 Nematelminthes, 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.

### 10.2. 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%-ный 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/см<sup>2</sup> 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-й 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/м<sup>2</sup> 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/м<sup>2</sup> 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 мин и затем перемешивают. Для постоянного увлажнения ставят культуру на блюде 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.

### 10.3. Культивирование нематод в лабораторных условиях

Укусные нематоды (*Turbatrix aceti*, *Turbatrix silusae*) обычно заводятся в непастеризованном уксусе (рис. 26).

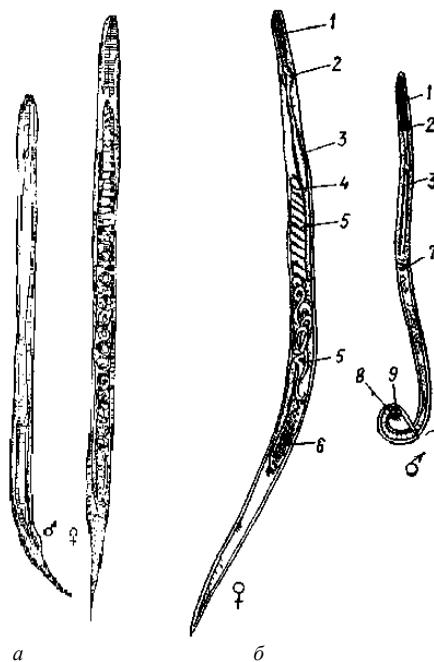


Рис. 26. Нематоды: а – *Turbatrix aceti*; б – *Panagrellus redivivus*:  
 1 – глотка; 2 – глоточное вздутие; 3 – кишечник; 4 – матка;  
 5 – эмбрионы на разных стадиях развития; 6 – яичник; 7 – семенник;  
 8 – спикулы; 9 – клоака

Размер микрочервя, или уксусной угрицы, 1–2 мм. Уксусные нематоды раздельнополюе, 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 поролона, 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 мес (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 его.

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 (см. рис. 26).

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 сут. 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 мин (фуражный овес – 40–50 мин), затем остужают. Можно использовать вареные овощи с микродобавкой молока, витаминов, печеночного экстракта. Методика культивирования, как у микрочервя. Пересев культуры проводят через 20–40 дней.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите особенности биологии нематод.
2. Как происходит размножение нематод?
3. Какие среды применяются для культивирования укусной угрицы?
4. Как часто производится перезарядка культуры микрочервя?
5. Какова оптимальная температура культивирования нематод?
6. Существует ли половой деморфизм у нематод и в чем он выражается?
7. Что свидетельствует об угасании культуры панагрелла?

## 11. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ЛИЧИНОК НАСЕКОМЫХ

### 11.1. Особенности биологии, развития и размножения хируномид

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.

Хируномиды относятся к насекомым с полным циклом превращения (рис. 27). На стадии личинки и куколки обитают в воде, а на стадии взрослого насекомого (имаго) ведут наземный образ.

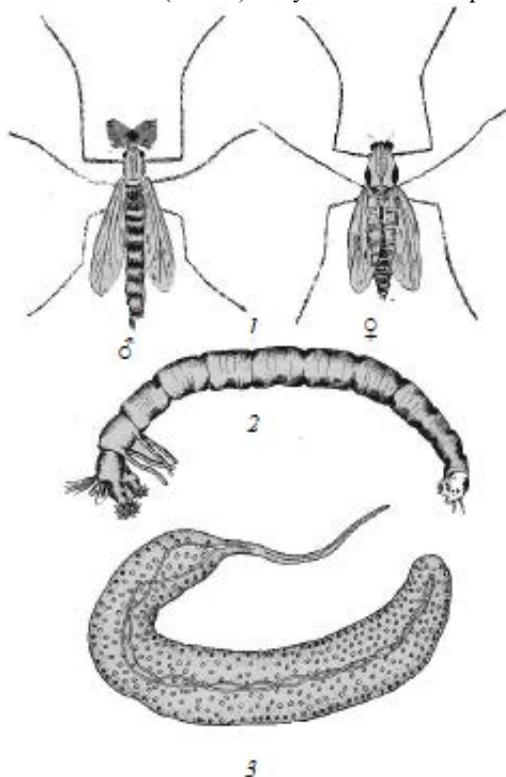


Рис. 27. Хируномиды:  
1 – взрослые насекомые; 2 – личинка; 3 – кладка яиц

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 с. 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, фиксации личинок в домике.

Личинки имеют развитую кровеносную систему, сердце, центральную и периферическую нервные системы 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 – через 30–40 дней при низких температурах – через 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 бес-

кислородной 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.

## 11.2. 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. 9). В зольном остатке содержится значительное количество фосфора и железа.

Таблица 9. Химический состав тела личинок хирономид

Содержание, %		Содержание в сухом веществе, %					
воды	сухого вещества	сырого протеина	жира	зола	углеводов	кальция	фосфора
87–88	11–13	56–62	2,8–4,3	5–12	26–30	0,17	7,1

Белки имеют полноценный состав аминокислот (табл. 10).

Таблица 10. 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 высокое содержание 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 до 20–30 дней повышается до 2,9 и 3,7 соответственно, т. е. он сходен с кормовым коэффициентом энхитриид и в 2,5 раза выше, чем у ракообразных.

### **11.3. 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 изолированных 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 м<sup>2</sup>, 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, так как 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 см<sup>2</sup> дна, и ставят на инкубацию. Инкубация длится при оптимальной температуре (20 °С) около 3 сут. При температуре 30 °С – 50–51 сут. 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. 28).

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

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.

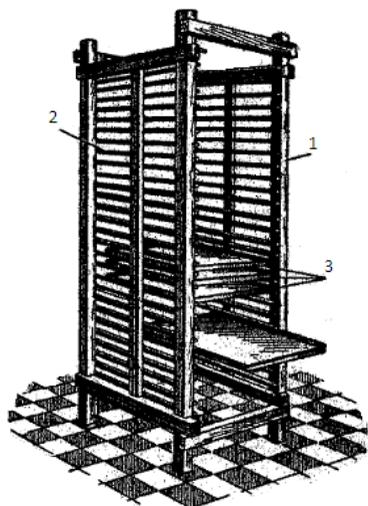


Рис. 28. Схема установки для выращивания хирономид:  
1 – стойка каркаса; 2 – опора для кюветов; 3 – кюветы

В маточном помещении находится подобная установка. Разница заключается лишь 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 однородной массы. В производстве иногда используют иломешалку. Когда грунтовая масса, налитая в кюветы, немного отстоится (2–3 часа), производится внесение на нее накладок при плотности 100–150 на 1 м<sup>2</sup>.

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. 11).

Таблица 11. 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 <sup>2</sup>	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. 12).

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

Таблица 12. 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 <sup>2</sup>	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 2–3 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 с помощью сетчатых устройств: барабанов, сачка и других приспособлений. Данный способ позволяет получать до 34 г личинок хирономид в сутки с 1 см<sup>2</sup>.

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

#### 11.4. Заготовка и использование личинок хирономид

Личинки хирономид (мотыль) являются 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, так как 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 м. Эти глубины не промерзают, поэтому личинки в массе скапливаются в этих местах. В таких биотопах биомасса личинок хирономид может достигать несколько килограммов на 1 м<sup>2</sup>.

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. С помощью вращательных движений избавляются от мелких частиц ила, после чего в решете остаются личинки и крупные частицы (грунт, растения, моллюски и др.). Сито 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 влажного мотыля 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.

### **11.5. 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 (камыша, 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.

Лет 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 м<sup>2</sup> может прилететь более 3 тыс. поденок, 150 ручейников, 22 тыс. комаров разных видов, 240 бабочек и других насекомых, составляющих за одну ночь около 100 г/м<sup>2</sup>.

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 т.

### 11.6. Культивирование дрозофилы

Мелкая плодовая мушка – дрозофила (*Drosophila melanogaster*) – хороший корм для живородящих рыб и мальков (рис. 29). Она относится к типу Членистоногие, подтипу Трахейнодышащие (Tracheata), семейству Дрозофилы (Drosophilidae).

Они часто появляются в массе на порченных фруктах и овощах. Это весьма мелкие (длина тела 1,5–4 мм), очень нежные насекомые. В качестве корма могут быть использованы как взрослые насекомые, так и их личинки. Личинка белого цвета, размер ее не превышает 3,5 мм.

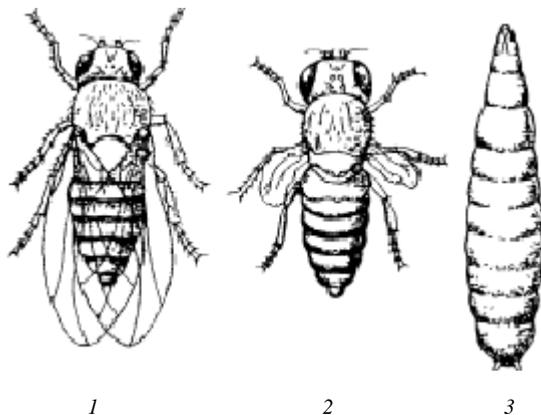


Рис. 29. Плодовая мушка – дрозофила:  
1 – крылатая; 2 – бескрылая; 3 – куколка

Содержать дрозофил лучше в 3–5-литровых банках, закрытых полиэтиленовой крышкой с двумя отверстиями. Одно отверстие следует закрыть марлей, в другое вставить стеклянную трубочку, противоположный конец которой закрепить в отверстии в стекле, которым прикрыт аквариум.

При температуре 20–24 °С первое поколение мушек из отложенных яиц появляется через 7–10 дней. Яйца мух можно собрать и хранить в холодильнике. Помещенные в банку, установленную в теплое место, они дадут новое поколение мух. В качестве кормового субстрата для выращивания дрозофилы можно использовать порченные фрукты, особенно яблоки, груши, кусочки банана, гниющие листья капусты, сладкие каши, сваренные на воде.

Для усиления окраски мальков и взрослых рыб желательно добавлять в рацион личинок мушек, выращенных на мелко натертой моркови.

Существуют и более сложные кормовые смеси для мушек. Использование их позволяет стабильно получать более полноценных в пищевом отношении дрозофил.

Рецепт питательной среды: желатин или агар – 6 г, манная крупа – 40 г, сахар – 30 г, дрожжи – 30 г, вода – 1 л. Вначале необходимо вскипятить воду и всыпать манную крупу, сахар и варить 1 ч. Желатин замочить предварительно в холодной кипяченой воде на 3 ч. После разбухания желатин необходимо добавить в горячую смесь и затем остудить среду до температуры 30 °С. После этого добавить дрожжи.

Остывшая плотная среда со временем разжижается, поэтому в сосуд помещают полоски бумаги, чтобы мушки не утонули. Перед скармливанием сосуд с мухами или пакет помещают в холодильник на 15 мин, чтобы мухи «уснули». «Уснувших» мух стряхивают в аквариум. Смесь такого состава позволяет вырастить 2–3 поколения мушек.

### **Контрольные вопросы**

1. Стадии развития *Chironomus*.
2. Какова продолжительность личиночной стадии хириноmid?
3. Чем питаются взрослое насекомое и личинка хириноmid?
4. Какая плодовитость *Chironomus*?
5. Назовите отличия устройств для выращивания личинок хириноmid в маточном и выростном помещениях.
6. Что является средой для выращивания личинок хириноmid?
7. В какое время года лучше проводить заготовку личинок хириноmid?
8. При какой температуре необходимо хранить живых личинок хириноmid?
9. Как провести очистку заготовленных в водоеме личинок от примесей?
10. Какова оптимальная температура культивирования дрозофилы?
11. Что используется в качестве субстрата для выращивания мушки дрозофилы?
12. Как правильно использовать мушек в качестве корма?

## **12. ПУТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПРЕСНОВОДНЫХ БИОЦЕНОЗОВ И ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЭКОСИСТЕМ**

### **12.1. 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 режим 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 растительными беспозвоночными и быстрее минерализуется.

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

Характер продукционно-деструкционных процессов, происходящих в водоеме, можно проиллюстрировать схемой (рис. 30).

Проходя по звеньям пищевой цепи  $P-K_1-K_2-K_3$ , 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.

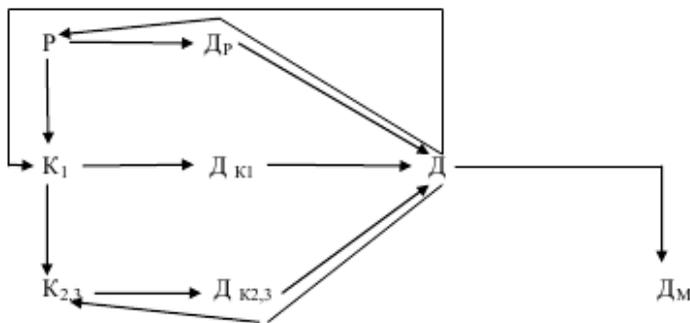


Рис. 30. Схема продукционно-деструкционных процессов, происходящих в водоеме

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

$DR, DK_1, DK_2, DK_3$  – 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<sub>м</sub>.

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.

## **12.2. 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 Са. Для известкования водоемов в основном используют известняк ( $\text{CaCO}_3$ ), негашеную известь ( $\text{CaO}$ ) и гашеную известь ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). 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 про-

дуктивность 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.

### **12.3. 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 водой водоемов первого типа биоценоз начинает формироваться за счет двух источников: поступления 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 растительных беспозвоночных, т. е. изменить структуру биоценоза.

#### **12.4. 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 ры-

бой. Метод раздельно-совместного выращивания не нашел 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 (стрептоцефал) 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.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аманов, Ч. А. Температурный и радиационный режимы промышленных фото-реакторов по производству хлореллы / Ч. А. Аманов. – Ашхабад, 1989. – 307 с.
2. Богатова, И. Б. Рыбоводная гидробиология / И. Б. Богатова. – Москва: Пищевая пром-сть, 1980. – 160 с.
3. Богданов, Н. И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н. И. Богданов. – Пенза, 2007. – 48 с.
4. Васильева, Л. М. Методические рекомендации по культивированию красного калифорнийского червя *Eisenia foetida angrei* / Л. М. Васильева, Н. А. Абросимова, Е. А. Петрова. – Астрахань, 2003. – 20 с.
5. Иванов, А. П. Рыбоводство в естественных водоемах / А. П. Иванов. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 367 с.
6. Ивлева, И. В. Биологические основы и методы массового культивирования кормовых беспозвоночных / И. В. Ивлева. – Москва: Наука, 1969. – 170 с.
7. Козлов, В. И. Аквакультура / В. И. Козлов, А. Л. Никифоров-Никишин, А. Л. Бородин. – Москва: Колос, 2006. – 445 с.
8. Кокова, В. Е. Непрерывное культивирование беспозвоночных / В. Е. Кокова. – Новосибирск: Наука, 1982. – 168 с.
9. Константинов, А. С. Инструкция по разведению хирономид – корма для молодых рыб / А. С. Константинов. – Москва: Пищепромиздат, 1965. – 45 с.
10. Малай, С. А. Прибыльное разведение дождевых червей / С. А. Малай. – Москва: РИПОЛ классик, 2011. – 191 с.
11. Микулин, А. Е. Живые корма / А. Е. Микулин. – Москва: Дельфин, 1994. – 104 с.
12. Моисеев, Н. Н. Живые корма (культивирование и использование): учеб. пособие / Н. Н. Моисеев, С. В. Севастеев. – Новосибирск, 2016. – 115 с.
13. Привезенцев, Ю. А. Интенсивное прудовое рыбоводство: учебник для вузов / Ю. А. Привезенцев. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 368 с.
14. Привезенцев, Ю. А. Рыбоводство / Ю. А. Привезенцев, В. А. Власов. – Москва: Мир, 2004. – 456 с.
15. Садчиков, А. П. Культивирование водных и наземных беспозвоночных (принципы и методы) / А. П. Садчиков. – Москва: Изд-во «МАКС Пресс», 2009. – 272 с.
16. Спектрова, Л. В. Живые корма для рыб и беспозвоночных / Л. В. Спектрова. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 175 с.
17. Терещенко, П. В. Вермикультура и биогукус: учеб. пособие / П. В. Терещенко. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000. – 52 с.
18. Хотько, Э. И. Разведение местной популяции навозного червя *Eisenia foetida Sav.* в условиях Беларуси: метод. рекомендации / Э. И. Хотько, Т. М. Шаванова. – Минск: Право и экономика, 2005. – 27 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Естественная кормовая база – основа выбора объектов культивирования .....	5
2. Культивирование микроводорослей .....	10
3. Получение живых кормов методом инкубации яиц водных беспозвоночных .....	25
4. Биологические основы культивирования стрептоцефала .....	45
5. Биологические основы культивирования инфузорий .....	49
6. Коловратки – стартовый корм для рыб .....	54
7. Технология культивирования ветвистоусых ракообразных .....	68
8. Биологические основы и методы культивирования красного калифорнийского червя .....	81
9. Культивирование олигохет .....	91
10. Культивирование свободноживущих нематод .....	107
11. Культивирование личинок насекомых .....	112
12. Пути изменения структуры пресноводных биоценозов и повышение продуктивности экосистем.....	122
Библиографический список .....	128

Учебное издание

**Портная** Галина Владимировна

**БИОТЕХНОЛОГИЯ В РЫБОВОДСТВЕ**

**ВЫРАЩИВАНИЕ ЖИВЫХ КОРМОВ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *С. Н. Кириленко*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Корректор *А. С. Зайцева*

Подписано в печать 31.03.2021. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 7,67. Уч.-изд. л. 6,44.

Тираж 70 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.