

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра ихтиологии и рыбоводства

Т. В. Портная

БИОТЕХНОЛОГИЯ В РЫБОВОДСТВЕ МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ

*Методические указания к лабораторным занятиям
для студентов, обучающихся по специальности
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки
БГСХА
2019

УДК 639.446(072)

*Рекомендовано методической комиссией
факультета биотехнологии и аквакультуры.
Протокол № 3 от 26 ноября 2018 г.*

Автор:

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

Рецензент:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. А. Садовов*

Биотехнология в рыбоводстве. Морские водоросли : методические указания к лабораторным занятиям / Т. В. Портная. – Горки : БГСХА, 2019. – 30 с.

Содержатся методические указания и задания для лабораторных занятий по культивированию бурых, красных, зеленых водорослей, а также культивированию гидробионтов в зоне искусственного рифа. Для каждого лабораторного занятия определены цель, материалы и оборудование, приведены необходимый теоретический минимум, вопросы для самоконтроля.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура (от лат. *aqua* – вода и *cultura* – возделывание, разведение, выращивание) ставит своей целью разведение и культивирование водных организмов. Аквакультурой можно заниматься в пресной и морской воде, в искусственных и естественных водоемах.

Марикультура (лат. *marinus*), или морская культура, – направление аквакультуры, занимающееся разведением или выращиванием морских гидробионтов – водорослей, моллюсков, ракообразных, рыб и иглокожих в морях, лиманах или в искусственных условиях.

В морях и океанах произрастает несколько тысяч видов водорослей, из которых немногим более 100 видов используются человеком в пищу, в качестве удобрений, для технических и кормовых целей. Водоросли богаты микроэлементами, йодом, витаминами, углеводами, белками, содержат антибактериальные вещества, способны усиливать антикоагулирующие свойства крови. Жиров в них мало, но они обладают ценными свойствами. Водоросли содержат сахара, которые не накапливаются в крови и не способствуют развитию диабета. В нашей стране широко используется в пищу ламинария японская (морская капуста). Из морских водорослей вырабатывают кормовую крупку, которую добавляют в комбикорма в объеме 1–5 %. При использовании водорослей в качестве удобрения их вносят в почву вместе с микроэлементами, ростостимулирующими веществами и почва приобретает хорошую структуру.

Марикультура водорослей имеет существенные преимущества по сравнению с добычей их из естественных зарослей.

Данные методические указания включают темы по культивированию бурых, красных и зеленых водорослей, а также культивирование гидробионтов в зоне искусственного рифа. В каждой теме лабораторных занятий определены цель, задания и контрольные вопросы.

Тема 1. ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Цель занятия: изучить биологические особенности бурых водорослей и основные технологии их культивирования.

Материалы и оборудование: гербарные экземпляры бурых водорослей, рисунки, плакаты.

Задание: 1) изучите основные виды культивируемых бурых водорослей; 2) зарисуйте цикл развития ламинарии; 3) изучите технологию культивирования ламинарии; 4) ответьте на контрольные вопросы.

Бурые водоросли (лат. *Phaeophyta*) обитают преимущественно в бореальных и арктических водах (Японское, Белое, Баренцево и Охотское моря). Всего в марикультуре используют около десяти видов бурых водорослей: ламинария, ундария, макроцистис (рис. 1), костария, алария, нереоцистис, эклония, фукус, аскофиллум и эизения арборэа. Основным объектом, благодаря пищевым качествам, быстрому росту и высокой продуктивности, является ламинария.

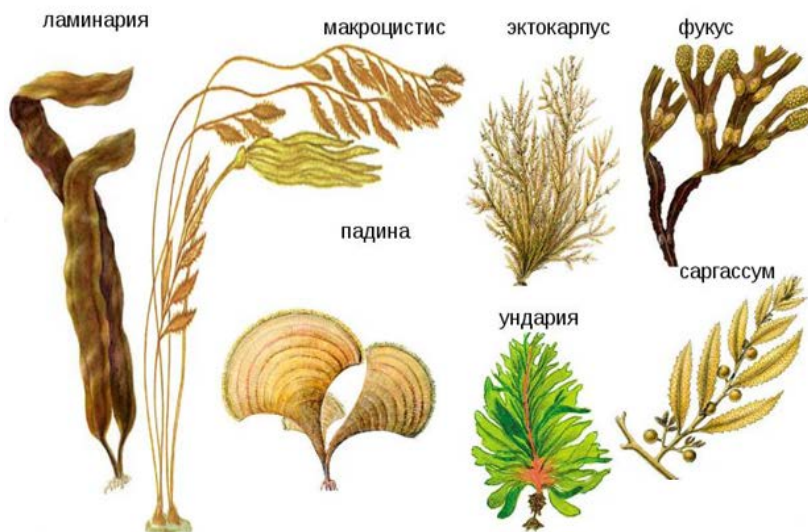


Рис. 1. Бурые водоросли

Ламинариевые водоросли имеют бесполое поколение (спорофит) и половое (гаметофит). Спорофит состоит из органа прикрепления – ризоидов, или подошвы, черешка-стволика, выполняющего механическую функцию, и листовой пластинки, выполняющей функцию ассимиляции и размножения (рис. 2).

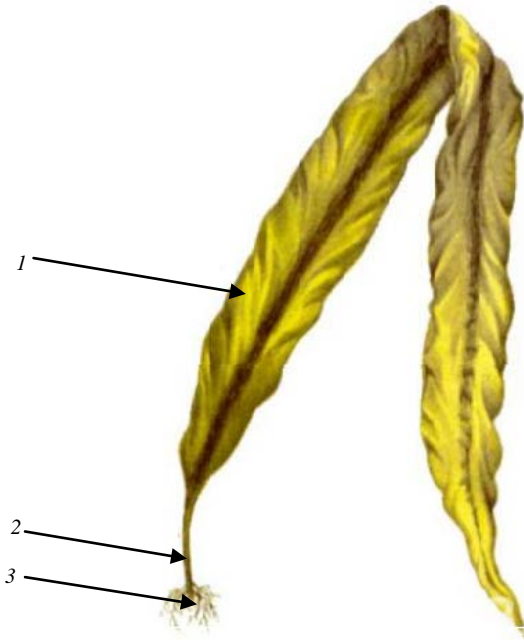


Рис. 2. Строение спорофита ламинарии:
1 – листовая пластина; 2 – ствол; 3 – ризоиды

Цикл развития ламинарии состоит из нескольких этапов (рис. 3). На спорофите развиваются сорусы (мешочки) спорангиев с зооспорами. Сорусы имеют более темную окраску, чем основная часть пластины. При наступлении благоприятных условий зооспоры из спорангиев выбрасываются в воду. Спустя некоторое время подвижные зооспоры превращаются в неподвижные эмбриоспоры, которые оседают на дно или субстрат. На грунте или субстрате эмбриоспоры прорастают и образуют гаметофиты мужского типа с антеридиями и женского типа с оогониями. Созревшая яйцеклетка выходит из оогония и закрепляется на его верхнем конце. В таком положении происходит оплодотворение. Из оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) развивается бесполое поколение (спорофит), причем вначале формируется ризоид, а затем и сама водоросль, достигающая через год длины 5 м. Половая стадия гаметофита при благоприятных условиях длится 10–20 суток, а при неблагоприятных может затянуться до года.

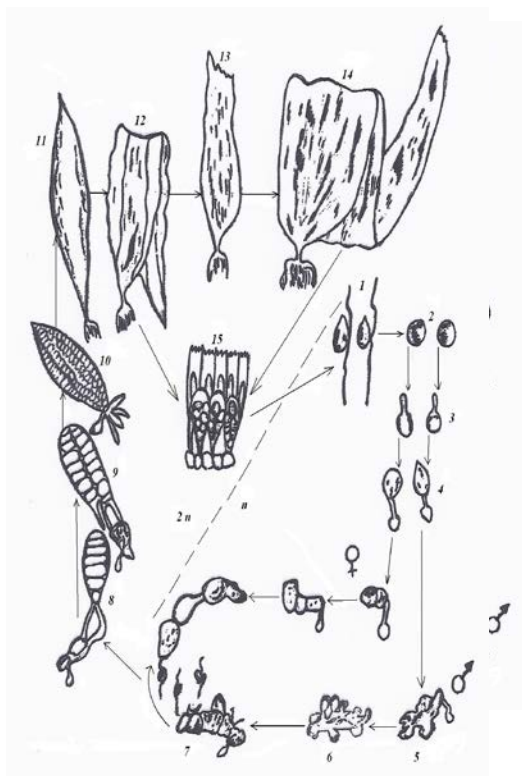


Рис. 3. Стадии развития ламинарии японской: 1 – зооспоры; 2 – эмбриоспоры; 3 – прорастание спор; 4 – одноклеточные гаметофиты; 5 – мужские и женские гаметофиты; 6 – образование гаметангиев; 7 – зрелые гаметофиты; 8 – спорофит нитчатый; 9 – однослойный спорофит; 10 – многослойный спорофит; 11–13 – одногодичные слоевища; 14 – двухгодичное слоевище; 15 – споронсная ткань

В марикультуре используют два вида ламинарии: ламинарию японскую (*Laminaria japonica*) и ламинарию сахаристую (*Laminaria saccharina*).

Существует два способа культивирования ламинарии: пелагическое (в толще воды) и бентическое (на грунте). При грунтовой выращивании в качестве субстрата для посева спор используют камни или корзины. Камни укладывают на дно на расстоянии 2–2,5 м, а корзины в количестве 500 шт. равномерно распределяют на площади 1 га. При выращивании в толще воды используются веревочные коллекторы или шесты.

Поскольку технологии культивирования обоих видов сходны, рассмотрим более подробно технологию культивирования на примере ламинарии японской.

Ламинария японская (лат. *Laminaria japonica*) – основной объект промысла и переработки бурых водорослей на Дальнем Востоке России.

Ламинария японская относится к роду Ламинария, порядку Ламиinarieвые (рис. 4).



Рис. 4. Ламинария японская

Слоевище оливкового цвета, пластинчатое, длиной до 2–3,5 м (реже 6–12 м), шириной до 20–35 см, толщиной 2–5 мм. Посередине пластины проходит широкая толстая полоса, ограниченная с краев глубокими бороздами; края пластины тонкие, волнистые. Ризоиды толстые, густоветвистые. Стволик короткий толстый, блестящий, внизу округлый, вверху сдавленный и переходящий в толстое клиновидно-заостренное основание пластины. Водоросль двухлетняя. В июне – июле второго года ламинария достигает своей максимальной массы. Имеются две формы ламинарии: мелководная (глубина 0,5–15 м) и глубоководная (10–25 м).

Первогодние слоевища ламинарии японской резко отличаются от вторгодных как по внешнему виду, так и по размерам. Первогодняя пластина имеет более светлую окраску, к осени слоевище становится

более темным. Репродуктивные органы на второгодней пластине появляются в конце июля – начале августа. Японская ламинария распространена в Желтом, Японском морях, у северо-восточного побережья Хоккайдо, южных Курильских островов, у юго-западного и южного Сахалина. Растет от литорали до глубины 25 м (обычно до 12 м) на каменистом и скалистом грунтах.

Для условий Приморья наиболее отработаны технологии подвешного выращивания в двухгодичном цикле и одногодичном с выращиванием рассады в цехах. Возможно комбинированное выращивание: двухгодичный цикл с получением рассады в цеховых условиях.

Плانتации для двухгодичного выращивания ламинарии лучше располагать в полузакрытых бухтах, обеспеченных хорошим водообменом с открытым морем. Водорослевая плантация состоит из последовательно установленных П-образных элементов параллельными рядами с интервалом 8 м. Длина горизонтальных канатов около 40–50 м (рис. 5).

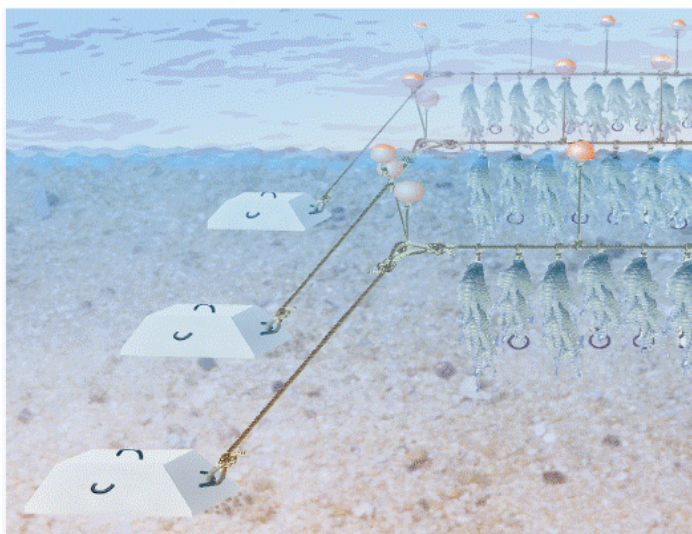


Рис. 5. Выращивание ламинарии японской на П-образных канатах

Биотехнологическая схема выращивания ламинарии японской в двухгодичном цикле состоит из пяти этапов: получение спор и оспоривание ими субстратов, выращивание рассады на посадочно-вырост-

ных субстратах в море, прореживание и пересадка спорофитов на новые выростные поводцы, контроль за выращиванием ламинарии до товарных размеров, сбор урожая.

Для получения спор в сентябре-октябре необходимо заготовить маточные слоевища (крупные, без повреждений, с 50–80%-ным покрытием спороносной тканью). Отобранные маточные слоевища, покрытые влажным материалом (брезентом, мешковиной), доставляют в помещение для стимуляции. Они не должны подвергаться действию прямых солнечных лучей и ветров, температура воздуха должна быть не выше 18 °С.

Лучше всего производить заготовку слоевищ рано утром, до восхода солнца, или же заготавливать их в прохладные пасмурные дни. Доставленные в помещение для стимуляции и вновь еще более тщательно отобранные полноценные маточные слоевища тщательно промывают чистой, хорошо профильтрованной морской водой, имеющей ту же температуру, что и в море – для того, чтобы в максимальной мере избежать внесения клеток фитопланктона в емкости для оспоривания субстратов.

Для одновременного выхода спор следует простимулировать маточные слоевища. Стимулирование слоевищ, а следовательно, и оспоривание можно проводить двумя способами: раздельным и смешанным.

Раздельный способ. Маточные слоевища, отобранные и подготовленные, подсушивают 0,5–1 ч на воздухе, заворачивают (каждое в отдельности) рулоном в виде слоеного пирога в газетную бумагу, складывают в картонные ящики, последние закрывают картонными крышками или другим гигроскопическим материалом и ставят в темное место до 0,5–1 суток. Количество рулонов в одном ящике должно быть таким, чтобы они сильно не давили друг на друга. Температура воздуха в помещении, в котором проводят операции по стимулированию выхода зооспор из спорангиев репродуктивной ткани слоевищ, должна быть не ниже 10 и не выше 18 °С, оптимальные интервалы – от 12 до 17 °С, влажность – около 85 %.

Смешанный способ. Маточные слоевища после промывки подсушивают на воздухе в тени под навесом или в помещении в течение 8–10 ч. Оптимальными условиями для подсушки являются температура воздуха 14–17 °С, влажность около 85 %. На слоевища не должны попадать прямые солнечные лучи. Для ускорения подсушки в помещении можно сделать сквозняк.

Определить готовность слоевищ к оспориванию можно капельным методом. Для этого из каждой партии отбирают десять слоевищ, на спороносную ткань которых в трех местах наносят каплю морской воды с температурой 12–16 °С. Каплю воды пипеткой переносят на предметное стекло и помещают под микроскоп и рассматривают при 120-кратном увеличении. Если в поле зрения микроскопа находится десять зооспор, то стимулирование (подсушку) слоевищ продолжают, если 20–30 – маточные слоевища готовы для оспоривания.

Для оспоривания пригодны емкости размером от 1–1,5 до 5–8 м³, изготовленные из нетоксичных материалов, деревянные лодки, брезентовые чаны, стеклопластиковые ванны и др. Емкости должны быть чистыми и не протекать, чтобы поводцы постоянно находились в воде и не осушались. Используют два способа оспоривания.

Смешанный способ. Готовые к оспориванию маточные слоевища укладывают в чистые емкости попеременно с подготовленным субстратом – веревками диаметром 5–6 мм и длиной 5–5,5 м (веревки предварительно вымачивают около недели в морской воде, а затем просушивают для удаления вредных веществ и ненужных спор животных и растений). Нижний и верхний слои делаются из слоевищ. Весь этот «пирог» заливают морской водой. Уровень воды в емкости над слоевищами устанавливается в 10–15 см.

Оспоривание происходит в течение 8–14 ч, но нужно стараться, чтобы весь процесс от начала стимулирования до опускания оспоренных субстратов в море не превышал 24 ч. Качество оседания определяют по подложенным между слоями контрольным предметным стеклам. Под микроскопом в поле зрения при 120-кратном увеличении должно быть 30–50 осевших спор.

Оспоренные субстраты (поводцы), прикрытые мокрым брезентом, вывозят в море и развешивают на горизонтальных канатах на глубину 2 м. С ноября по февраль не реже 1–2 раз в месяц необходимо встряхивать поводцы, чтобы очищать их от обрастания микроводорослями и осевших илистых частиц.

Раздельное оспоривание. Этот способ оспоривания считают более совершенным, поскольку при нем регулируется концентрация споровой суспензии, уменьшается расход маточных слоевищ, достигается получение наиболее жизнеспособной рассады.

Осуществляется он следующим образом: простимулированные слоевища помещают в заранее приготовленные емкости с чистой морской водой, с температурой 15–16 °С. Через 30–60 мин начинается массо-

вый выход зооспор. Через 1 ч после этого слоевища вынимают из емкостей, споровую суспензию процеживают через двойной слой марли.

Таким образом, получают маточную исходную концентрацию споровой суспензии, содержащую наиболее зрелые и активные, вышедшие за короткий промежуток времени зооспоры, при прорастании которых получается жизнеспособная здоровая рассада. Так как в поле зрения микроскопа при 120-кратном увеличении в маточной суспензии насчитывают до 100–120 зооспор, ее разбавляют морской водой (температура 15–16 °С) до концентрации 5–10 зооспор в поле зрения микроскопа при 120-кратном увеличении.

В разбавленную рабочую суспензию помещают поводцы на 8–10 ч, закладывают контрольные стекла. Оседание зооспор на стеклах через 8–10 ч должно быть 10–15 в поле зрения микроскопа при 120-кратном увеличении. По истечении 8–10 ч поводцы извлекают из емкостей, перевозят на плантацию и подвязывают к канатам.

В мае – мае растения достигают длины 50–80 см и их нужно прореживать, иначе замедляется их рост, могут возникнуть заболевания и произойдет саморазряжение. Выращенную на 1 га рассаду аккуратно вплетают в новые поводцы пучками по 4–5 см в каждом через 20 см таким образом, чтобы на каждом поводце было 140–150 растений, затем их размещают на 4 га выростных площадей и заглубляют на 4–5 м.

Чтобы ламинария имела высокие товарные качества, требуется улучшение светового режима. Для этого в октябре–ноябре горизонтальные канаты с годовальными растениями нужно приподнять на глубину 1–1,5 м, а в феврале–марте еще приподнять до 0,5 м.

В мае – июле двухлетние слоевища имеют длину 2–4,5 м, массу 700–1100 г, ширину 20–35 см и толщину 2,5–3,5 мм. При повышении температуры воды до 16 °С слоевища ламинарии начинают интенсивно разрушаться и обрастать различными эпифитами, поэтому весь урожай до августа должен быть убран (рис. 6).

Для того чтобы ежегодно получать урожай с 4 га (не менее 200 т), в обороте должно находиться 1 га площадей по выращиванию рассады, 4 га площадей по культивированию молодой ламинарии и 4 га площадей по выращиванию товарной ламинарии.

Одногодичная технология выращивания ламинарии японской основана на сокращении до 50–60 дней микроскопических стадий развития водорослей (3–4 мес) в полностью контролируемых цеховых условиях. Эта технология состоит из четырех этапов: выращивание рассады в

цеховых условиях, пересадка рассады на поводцы и перевод ее в условия плантации, товарное выращивание и сбор урожая.



Рис. 6. Сбор урожая ламинарии

Интересен опыт адаптации китайской технологии одногодичного выращивания ламинарии в Приморье. Цех для выращивания рассады включает в себя: охлаждающую систему подачи воды, резервуары для отстоя воды, фильтры, водозабор, проточную систему бассейнов в помещении со стеклянной крышей, морскую плантацию, вспомогательные службы (установка, дизель-генератор, административный и лабораторный корпус, склады).

К концу августа – началу сентября на маточных слоевищах происходит обильное образование спороносной ткани. К началу оспоривания субстраты (пальмовые или синтетические веревки диаметром около 5 мм, намотанные на рамки) должны быть замочены. Промытые бассейны на $\frac{1}{3}$ заполнены отстоянной и профильтрованной водой, охлажденной до 10–13 °С. Проводится раздельное оспоривание.

В течение 15 дней происходит образование спорофитов. Температура в проточных бассейнах поддерживается на уровне 8–10 °С с понижением к концу цикла до 6–7 °С. Освещение рассеянное от 300–500 люкс в начале и 800–1000 люкс в конце. Субстраты периодически встряхивают для очищения от обрастаний, а в бассейны добавляют удобрения.

От образования спорофита до готовности рассады к высадке в море проходит 40 дней. За это время происходит интенсивный рост спорофитов при температуре 5–6,5 °С, освещенности 1500–2000 люкс и подкормке удобрениями. Субстраты регулярно встряхивают и промывают струей воды. Перед высадкой температуру постепенно повышают до естественной, а освещенность доводят до 2500–3000 люкс. Весь процесс выращивания проходит в проточной воде.

Следующий этап – временное выращивание. Субстраты на рамках разрезают на отдельные веревки по 50–60 см длиной, прикрепляют груз и развешивают на канатах в море вертикально или горизонтально. Когда длина ламинарии достигнет 12–15 см, необходимо осуществить пересадку на выростные поводцы длиной 1,5–2 м для вертикального подвешивания и 2–2,5 м для горизонтального. В первом случае груз (около 200 г) крепится к концу поводца, а во втором случае – к его середине. Рассада вплетается в поводцы либо по одному на расстоянии 4–5 см друг от друга, либо пучками по три саженца через каждые 5–6 см (последнее предпочтительнее при вертикальном подвешивании поводцов). Далее происходит естественный рост ламинарии до товарных размеров.

Биотехнологическая схема культивирования ламинарии японской в одногодичном и двухгодичном циклах представлена в табл. 1.

Таблица 1. Биотехнологическая схема культивирования ламинарии японской

Этапы выращивания	Цикл	
	двухгодичный	одногодичный
Стимулирование роста и созревание маточных слоевищ и споронорной ткани	–	Февраль – июль
Стимулирование созревания спорангиев и оспоривание субстратов	Август – октябрь	Июль – август
Выращивание рассады в бассейнах	–	Июль – сентябрь
Выращивание рассады в море	Октябрь – март	–
Пересадка на выростные субстраты, прореживание и пересадка в море	Март – май	Сентябрь – октябрь
Обслуживание плантаций, выращивание товарной продукции	Май – июль	Октябрь – июль
Сбор урожая	Июль – август	Август – сентябрь

В отличие от двухгодичного культивирования, повторяющего естественный цикл развития ламинарии, одногодичное культивирование основано на применении интенсивного метода выращивания рассады.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды бурых водорослей, используемых в марикультуре.
2. Опишите цикл развития ламинарии.
3. Какие особенности биологии ламинарии положены в основу технологии ее культивирования?
4. Назовите способы культивирования ламинарии.
5. Назовите способы стимулирования слоевищ и оспоривания субстратов.
6. Охарактеризуйте биотехнологический процесс культивирования ламинарии при одногодичном цикле.
7. Охарактеризуйте биотехнологический процесс культивирования ламинарии при двухгодичном цикле.
8. Как определить готовность слоевищ к оспориванию?

Тема 2. ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ КРАСНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Цель занятия: изучить биологические особенности красных водорослей и ознакомиться с технологией их культивирования.

Материалы и оборудование: гербарные экземпляры красных водорослей, рисунки, плакаты.

Задание: 1) изучите основные виды культивируемых красных водорослей; 2) законспектируйте основные биологические особенности культивируемых красных водорослей; 3) изучите технологию культивирования порфиры; 4) ответьте на контрольные вопросы.

Отдел красных водорослей, или багрянки (лат. *Rhodophyta*), включает более 600 родов и около 4000 видов. Древнейшие красные водоросли, обнаруженные в кембрийских отложениях, имеют возраст около 550 млн. лет.

Всего в мире в настоящее время добывают более 800 тыс. т красных водорослей, из них более половины выращивают и доля культивируемых водорослей с каждым годом возрастает. Из 20–25 культивируемых видов водорослей только четыре выращиваются в значительных масштабах – это виды рода *Porphyra* (Япония, Китай) и *Eucheuma* (Филиппины, Китай). В меньших масштабах культивируют виды

Gracilaria (Тайвань, Китай, Гавайи), *Gloiopeltis* (Китай, Япония) и совсем мало – *Gelidium* (Япония), *Gelidiella* (Индия).

Красные водоросли – обитатели прежде всего морских водоемов, пресноводных представителей известно немного. Багрянки широко распространены во всех морях от зоны прилива и отлива до глубины 50–100, иногда 200 м. Красные водоросли относительно невелики – от нескольких сантиметров до 2 м. В их хроматофорах кроме хлорофиллов и каротиноидов содержится еще ряд водорастворимых пигментов – фикобилинов: фикоэритрины (красные), фикоцианины и аллофикоцианины (синие). В итоге окраска таллома варьируется от малиново-красной (если преобладает фикоэритрин) до голубовато-стальной (при избытке фикоцианина). Запасным полисахаридом красных водорослей является багрянковый крахмал, зерна которого откладываются в цитоплазме вне хлоропластов. По своей структуре этот полисахарид ближе к амилопектину и гликогену, чем к крахмалу. Биомасса красных водорослей в естественных зарослях составляет десятки или даже сотни граммов на 1 м².

Размножаются красные водоросли вегетативно, бесполом и половым способами. Вегетативное размножение осуществляется за счет образования дополнительных побегов, отрастания нового таллома от подошвы старого, отмершего, а также путем деления клеток. Оторванные участки талломов погибают.

Бесполое размножение багрянок происходит при помощи неподвижных спор, образующихся в спорангиях обычно по четыре (тетра-споры) или по одной (моноспоры).

Половое размножение красных водорослей осуществляется путем образования сложно устроенных половых органов. Женский половой орган, называемый карпогоном, возникает на концах боковых веточек. Нижняя часть его расширена, а верхняя сужена в так называемую трихогину. В нижней части карпогона находится яйцеклетка.

Мужские органы – антеридии – собраны группами на концах сильно ветвящихся нитей. В них развивается по одному неподвижному сперматозоиду, называемому спермацием. Спермаций током воды переносится к карпогону, здесь приклеивается к трихогине, растворяет оболочку и переливает содержимое через трихогину в брюшную часть карпогона, где и происходит оплодотворение. После этого трихогина увядает. Зигота делится многократно, образуя карпоспоры.

У более примитивных красных водорослей (*Porphyra*, *Bangia* и др.) в карпогоне образуется от 4 до 32 гаплоидных карпоспор, которые

прорастают в гаплоидные нити. У более сложных багрянок из оплодотворенной яйцеклетки после редукционного деления вырастают короткие, иногда ветвящиеся нити, вследствие чего брюшная часть карпогона сильно разрастается, образуя так называемый цистокарпий. В наружных клетках нитей цистокарпия образуется по одной карпоспоре. Карпоспоры прорастают также в гаплоидные растения.

Размножение *Porphyra tenera* представлено на рис. 7. В зимние месяцы порфира размножается половым путем, т. е. каждое новое растение вырастает из клетки, образовавшейся в результате слияния спермия и яйцеклетки.

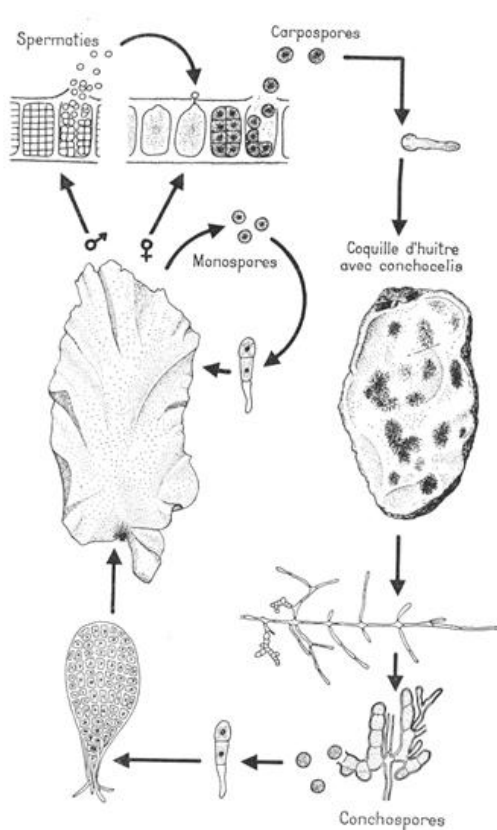


Рис. 7. Схема размножения *Porphyra tenera*

Зимой водоросли выбрасывают карпоспоры (конхоцелис), которые, осев на субстрат, вырастают в зрелые растения. Они, в свою очередь, образуют бесполое моноспоры (конхоспоры), из которых вырастают новые водоросли.

Став половозрелыми, растения, выросшие из моноспор, выделяют карпоспоры. Цикл повторяется.

Объектами культивирования для получения желирующих веществ и пищевых целей являются несколько видов порфиры, грацилярии и эухеумы, реже анфельция, хондрус, гелидиум, фуцеллярия, хипнея, глойопелтис, родимения и другие виды.

Наиболее известными являются порфира, родимения, ундария (рис. 8).

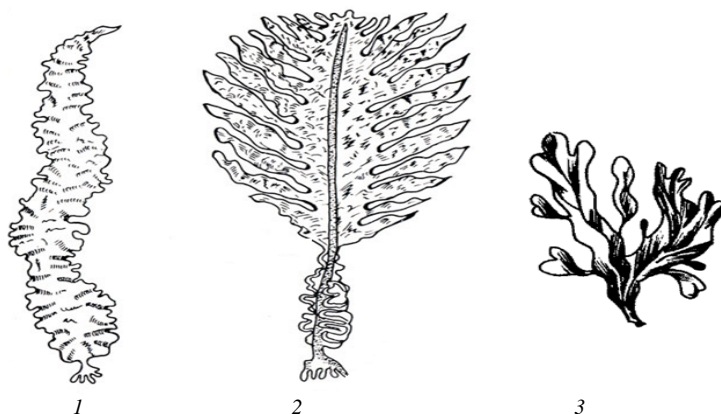


Рис. 8. Водоросли, выращиваемые на морских плантациях:
1 – порфира (*Porphyra tenera*); 2 – ундария (*Undaria pinnatifida*);
3 – родимения (*Rhodophyta*)

Из красных водорослей в наибольшем количестве выращивается порфира. Обычно культивируются четыре вида порфиры: *Porphyra tenera*, *P. kuniedae*, *P. yessoensis*, *P. angusta*.

Современное культивирование порфиры начинается со стадии конхоцелис. Для сбора спор в естественных зарослях водорослей устанавливают коллекторы в виде связок раковин морского гребешка и устриц. Порфира на стадии конхоцелис способна закрепляться на известковом материале. Створки раковин с прикрепившимися спорами переносят в специальные бассейны, снабжаемые профильтрованной, аэри-

рованной, обработанной бактерицидными лучами и обогащенной биогенными элементами водой. Проростки находятся в бассейнах с зимы до осени, вплоть до созревания спорангиев. Затем водоросли переносят в море на участки, где предварительно устанавливают сети, служащие субстратом для выбрасываемых моноспор.

Сети имеют длину от 18 до 45 м при ширине 1,2–1,5 м и размере ячеек 15×15 см. Полотнище сети натягивают на рамы, изготовленные из расщепленного бамбука или металлических труб. Такое устройство называется «хиби» (рис. 9).

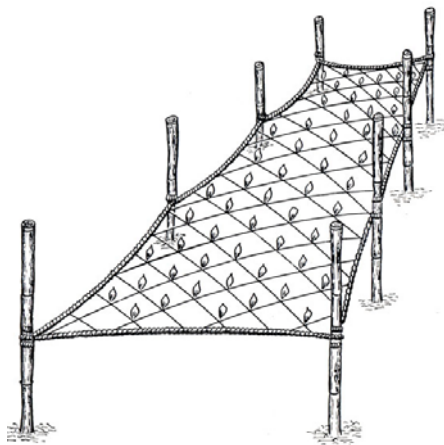


Рис. 9. Схема сетей-хиби

Часто водоросли со зрелыми спорангиями размещают в больших бассейнах, где уже находятся сети-хиби, на которые и оседают моноспоры. Сети с проростками распределяют на плантациях в море.

В местах выращивания порфиры в дно вбивают шесты, к которым вертикальным или горизонтальным способами крепят сети. При горизонтальном размещении рамы подвешивают одну под другой в несколько этажей. Через месяц после прорастания спор сети переносят в прибрежные районы, прилегающие к устьям рек. Там водоросли растут до товарных размеров (рис. 10).

Во время отлива сети полностью осушаются на 4–4,5 ч, а во время прилива – затопляются. Это делается для того, чтобы посторонние водоросли, которые в отличие от порфиры не переносят осушения, погибли.



Рис. 10. Выращивание порфиры на сетях-хиби

При выращивании порфиры в Японии практикуется метод плавучих сеток, считающийся наиболее эффективным. Сущность его заключается в том, что сети с рассадой порфиры крепятся не к шестам, а к поплавкам, стоящим на якорях (рис. 11).



Рис. 11. Выращивание порфиры на плавучих сетях

После того как молодые водоросли подрастут, производится их разреживание. На каждой сети средних размеров остается 1500–3000 пластин порфиры. Сбор урожая начинается, когда растения достигают длины 15–20 см. Рост порфиры продолжается и после срезания талломов. Благодаря этому с одних и тех же растений с конца ноября по март урожай собирают 3–4 раза. Если добыча порфиры снижается, сети заменяют другими с новым посадочным материалом. До товарных размеров водоросли растут 50–60 дней. При выращивании на сетях удается получать более крупные и более устойчивые к заболеваниям растения, чем при культивировании на грунте.

Порфиру, снятую с сетей, тщательно освобождают от песка и ила, промывают в пресной воде. В продажу поступают пучки сушеных листьев размером 19×17 см, весом 2,5 г.

В естественных условиях порфира на стадии конхоцелис обнаруживается только зимой, вот почему японские ученые разработали метод получения карпоспор в течение всего года. Для этого водоросли со зрелыми спорангиями высушивают на воздухе и в течение полугода сохраняют при температуре 12 °С. Поместив затем такие талломы в морскую воду, имеющую температуру 22 °С, через двое суток удастся получать споры.

На некоторых участках дна, лишенных субстрата для оседания спор, порфира отсутствует. Для заселения таких районов по дну разбрасывают шершавые камни и завозят водоросли с созревшими спорангиями. После высыпания спор на камнях появляются новые растения. Таким способом запасы порфиры в прибрежных районах, ранее не пригодных для ее развития и роста, могут быть увеличены.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды красных водорослей, используемых в марикультуре.
2. Как происходит размножение и развитие порфиры?
3. С какой стадии начинается культивирование порфиры?
4. Охарактеризуйте биотехнологический процесс культивирования порфиры.
5. Опишите метод получения карпоспор порфиры в течение всего года.
6. Как увеличить запасы порфиры в естественных водоемах?

Тема 3. ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Цель занятия: изучить биологические особенности зеленых морских водорослей и ознакомиться с технологией их культивирования.

Материалы и оборудование: гербарные экземпляры зеленых морских водорослей, рисунки, плакаты.

Задание: 1) изучите основные виды культивируемых зеленых водорослей; 2) законспектируйте основные биологические особенности культивируемых зеленых водорослей; 3) ответьте на контрольные вопросы.

Зеленые водоросли (лат. *Chlorophyta*) имеют меньшее промысловое значение по сравнению с бурыми и красными водорослями. В то же время это одна из наиболее распространенных групп водорослей. Зеленые водоросли содержат в хлоропластах только зеленый пигмент хлорофилл. Они широко распространены во всех морях и океанах в супралиторали, литорали и сублиторали до глубины 20–30 м.

Основными объектами культивирования среди зеленых водорослей являются монострома, ульва, энтероморфа, реже используют каулерпу, кладофору (рис. 12).



Рис. 12. Объекты культивирования зеленых водорослей:
а – монострома; б – ульва; в – энтероморфа; г – каулерпа; д – кладофора

Строение, форма и размеры зеленых водорослей сильно варьируются. Размеры зеленых водорослей колеблются от нескольких

сантиметров до 1 м и более. Окраска меняется от светло-зеленой до темно-зеленой. Размножение вегетативное, бесполое и половое.

Зеленые водоросли разводят в основном в странах Юго-Восточной Азии и используют в пищу, так как они содержат около 26 % белка. Их также используют в качестве удобрений и для очистки сточных вод, в том числе и от тяжелых металлов.

К съедобным зеленым водорослям относятся ульва, монострома и каулерпа.

В пищу употребляется в основном ульва (рис. 13), которая имеет второе название – «морской салат». Она действительно внешне похожа на салат латук. Ульва имеет крупные слоевища (от 30 см до 1,5 м), чаще всего она употребляется в сыром виде для приготовления салатов, иногда – как ингредиент для супов. Ульву часто сушат, промыв в подсоленной воде и разложив на камнях, – через пару часов уже можно есть хрустящие зеленые листики.



Рис. 13. Ульва (*Ulva fenestrata*)

Ульва растет не только в Японии, но также и у берегов Ирландии, Скандинавии. Ульва, как и все водоросли, содержит множество витаминов, минералов и белков, но особенно много в ней железа.

Уми будо (лат. *Caulerpa lentillifera*) добывается только в Японии, около острова Окинава (рис. 14). Жители Окинавы выращивают уми будо в исключительно чистой и теплой воде, она совершенно не переносит холода и в холодильнике портится, поэтому попробовать редкую водоросль можно только в некоторых ресторанах, в которые свежую уми будо доставляют на самолете.



Рис. 14. Уми будо (*Caulerpa lentillifera*)

Ее название переводится как «морской виноград» – внешне эта водоросль похожа на миниатюрные грозди винограда. Иногда ее называют морской икрой, потому что листики уми будо лопаются на зубах, как икринки.

Зеленые водоросли выращивают в монокультуре или совместно с порфирой. Выращивают водоросли на сетях размером 18×2 м, устанавливаемых в устьях рек и мелководных участках морей (рис. 15). С одной сети снимают три урожая в год, около 26 кг.



Рис. 15. Сети для культивирования зеленых водорослей

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные виды зеленых водорослей, используемых в марикультуре.
2. Дайте краткую общую характеристику зеленым водорослям.
3. Охарактеризуйте зеленые водоросли, употребляемые в пищу.

Тема 4. ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ В ЗОНЕ ИСКУССТВЕННОГО РИФА

Цель занятия: изучить особенности культивирования гидробионтов в зоне искусственного рифа.

Материалы и оборудование: макет искусственного рифа, географические карты, калькуляторы.

Задание: 1) ознакомьтесь с устройством искусственных рифов; 2) ответьте на контрольные вопросы; 3) выпишите биотехнические нормативы культивирования гидробионтов в зоне искусственного рифа (табл. 2).

Таблица 2. Биотехнические нормативы выращивания гидробионтов

Показатель	Единица измерения	Норма
Бурые водоросли		
Плотность посадки рассады	шт/м ²	
Продолжительность выращивания	сут	
Масса таллома	кг	
Ракообразные (омары)		
Плотность посадки в рифовый сектор	шт/га	
Возраст омаров при посадке	сут	
Продолжительность выращивания	сут	
Выход шестилетков от годовиков	%	
Масса товарных шестилетков	кг	
Моллюски (мидии)		
Плотность населения субстрата спатом	шт/м ²	
Продолжительность выращивания	сут	
Выход товарной продукции от спата	%	
Масса товарной продукции	кг	
Рыбы		
Плотность посадки мальков в открытый сектор	шт/га	
Выживаемость товарных двухлетков	%	
Продолжительность выращивания	сут	
Масса товарного двухлетка	кг	

Искусственные рифы – это построенные человеком подводные конструкции, созданные, как правило, с целью обеспечения морских существ надежным местом обитания. Кроме того, они входят в число уникальнейших достопримечательностей для аквалангистов. Искусственные рифы – это искусственно сооружаемые биотопы, которые являются местом постоянного или временного обитания и размножения гидробионтов. Искусственные рифы располагаются в широтном поясе от Кергелена до Гренландии.

Основными целями сооружения искусственных рифов являются:

- защита берегов от разрушительного действия волн;
- утилизация загрязнений поверхностного стока;
- рыбохозяйственная деятельность;
- защита акваторий от нелегального промысла.

Технические особенности культивирования гидробионтов.

При сооружении искусственных рифов используют крупные камни, строительный мусор, военную технику, автотранспорт и другие отработавшие срок эксплуатации конструкции. Главный критерий при выборе материалов – безопасность для экологии моря. Рифы устанавливают на глубине от 1 до 100 м, реже – до 150–200 м.

Существует две схемы сооружения искусственного рифа: свободное размещение и направленная укладка. При свободном размещении материалы укладывают хаотично. При направленной укладке сооружаются проходы для транспортных средств, учитываются особенности облова выращенных гидробионтов.

Направленная укладка – более прогрессивный, но и более затратный способ сооружения искусственных рифов. В Италии из строительного мусора и бетона производят кубики размером 2×2×2 м и устанавливают их на дне моря на глубине 10–20 м.

В настоящее время делают рифболы из эcobетона – полусферы с множеством отверстий, устанавливаемые на морском дне (рис. 16).

Шары специально спроектированы как для защиты природных рифов, так и для обеспечения убежищем новых коралловых образований. Кроме того, их дизайн создает защитные ниши для рыб, в точности как природные рифы, а в ходе производства не используются химические вещества.

Требования к конструкции искусственного рифа при выращивании разных гидробионтов различны. Поэтому риф делится на сектора, каждый из которых соответствует одному основному или нескольким дополнительным объектам.



Рис. 16. Рифбол на морском дне

При культивировании водорослей рифовый сектор должен обеспечить субстратом прикрепленные формы и служить ограждением неприкрепленным. Кроме этого в зависимости от вида культивируемых водорослей подбирается глубина установки рифа (при культивировании бурых – до 20 м, красных – до 50–100 м). При культивировании моллюсков предусматривают создание максимальной площади для оседания спата, защиту от хищников, удобство для съема товарной продукции и безопасность для работы аквалангистов. При культивировании ракообразных и рыб риф должен служить убежищем, в котором могли бы укрываться как взрослые особи, так и молодь. Поэтому сектор должен иметь множество щелей и ячеек разного размера. Предполагается заселение 50 % ячеек секций.

Биотехника культивирования гидробионтов. *Водоросли.* Главным объектом культивирования являются бурые водоросли. Однако в тропиках на больших глубинах (свыше 50 м) на первое место выходят красные водоросли. Основными биотехническими мероприятиями являются: заготовка маточных слоевищ; стимулирование созревания и массового выхода зоо- и карпоспор; опосредованное (посев спор на посадочно-выростные субстраты); размещение субстратов в зоне искусственного рифа; контроль развития водорослей; снятие урожая. Продолжительность культивирования бурых водорослей составляет 12–24 месяца, красных – 3–18 месяцев в зависимости от вида. Плотность посадки бурых водорослей – 0,1–5 шт/м², красных – от 10 до

50 шт/м². Продуктивность по бурым водорослям – от 1 до 100 т/га, по красным – 0,3–4 т/га в сырой массе. Средняя масса таллома бурых водорослей 0,8–1,5 кг.

Ракообразные. Основными объектами культивирования являются омары (род *Homarus*) и в меньшей степени лангусты (род *Palinurus*). Обусловлено это склонностью лангустов к миграциям, что делает процесс выращивания менее привлекательным. Наиболее известны канадский (*Homarus americanus*) и европейский (*Homarus gammarus*) омары, обитающие на скалистых и каменистых грунтах Атлантического океана у берегов Канады и Европы. Омары обитают при солености не ниже 30 ‰ в зонах с температурами 0–20 °С. Спаривание проходит летом. Яйца самки носят у себя под брюшком в течение 1,5–2 месяцев. Плодовитость у американского омара составляет 5–12 тыс. шт., у европейского – 8–32 тыс. шт. Основными биотехническими мероприятиями являются: поиск и отлов самок-икрянки; получение от самок планктонных личинок; подращивание и выпуск молоди в рифовый сектор; контроль развития с применением подкормки; отлов товарных особей. Возраст омаров при посадке в рифовый сектор обычно составляет 360 суток, продолжительность выращивания – 1800 суток. Плотность посадки молоди в рифовый сектор составляет 4000–4500 шт/га. Выход товарных омаров достигает 70 % от числа посаженных годовиков. Масса товарных шестилетков 600 г.

Моллюски. Основными биотехническими мероприятиями при культивировании моллюсков являются: обеспечение оседания спата; борьба с вредителями; разрежение плотности посадки моллюсков на субстрате; сбор товарной продукции. При расчете количества производителей принимают среднюю плодовитость моллюсков – от 20 до 50 млн. трохофор. Процент осевшего спата от количества трохофор – 0,1 %. Плотность заселения 1 м² площади неспециализированных конструкций составляет 200–500 экземпляров спата мидий и 50–100 экземпляров спата устриц. Средняя масса товарной мидии с длиной раковины от 4 до 8 см – 20 г, устриц с длиной раковины от 8 до 12 см – 70–120 г. При перечисленных показателях ожидаемая величина продукции для двух-трехлетних особей на неспециализированных конструкциях составит от 1 до 5 кг/м². При культивировании моллюсков на специализированных конструкциях плотность заселения спата 1000 экз/м² для мидий и 100–150 экз/м² для устриц. Ожидаемая величина продукции – до 15 кг/м² для мидий, до 10 кг/м² для устриц. Выход двух-трехлетков от спата составляет 80–90 %.

Рыбы. При выборе объекта культивирования учитывают выраженность стайного поведения, приверженность к биотопу, скорость роста и пищевые качества. В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют камбаловые, спаровые и горбылевые. Заселение проводят подращенной молодь (1,5–2 месяца с массой не менее 0,2–0,3 г). Плотность посадки подращенной молоди 20–30 тыс. шт/га. Масса товарных двухлетков 150–200 г. Продолжительность выращивания 520–570 суток. Выживаемость до товарной массы двухлетков составляет не более 1–5 %. Следует отметить, что из всех объектов культивирования в зоне искусственного рифа рыбы дают наименее предсказуемые результаты.

Контрольные вопросы

1. Назовите цели сооружения искусственного рифа.
2. Расскажите о технических особенностях искусственных рифов.
3. В чем заключаются особенности культивирования ракообразных, водорослей, моллюсков и рыб?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аквакультура / Дж. Бардач [и др.]. – Москва: Пищевая пром-сть, 1978. – 291 с.
2. Биотехнология / под ред. Е. С. Воронина. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2008. – 704 с.
3. Горбунова, Н. П. Альгология: учеб. пособие / Н. П. Горбунова. – Москва: Высш. шк., 1991. – 256 с.
4. Морская аквакультура / П. А. Моисеев [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 253 с.
5. Степанов, Д. Н. Морской аквариум дома / Д. Н. Степанов. – Москва: Экоцентр «ВНИРО», 1994. – 172 с.
6. Толоконников, Ю. А. Марикультура / Ю. А. Толоконников. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 235 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Тема 1. Технология культивирования бурых водорослей	3
Тема 2. Технология культивирования красных водорослей	14
Тема 3. Технология культивирования зеленых водорослей	21
Тема 4. Технология культивирования гидробионтов в зоне искусственного рифа...	24
Библиографический список	29

Учебное издание

Портная Талина Владимировна

БИОТЕХНОЛОГИЯ В РЫБОВОДСТВЕ

МОРСКИЕ ВОДОРОСЛИ

Методические указания к лабораторным занятиям

Редактор *Е. В. Ширалиева*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Корректор *А. С. Зайцева*

Подписано в печать 16.12.2019. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,33.

Тираж 40 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.