

ВЫРАЩИВАНИЕ МИДИЙ И УСТРИЦ В ЧЁРНОМ МОРЕ

В.И. ХОЛОДОВ, А.В. ПИРКОВА, Л.В. ЛАДЫГИНА

В.И. ХОЛОДОВ, А.В. ПИРКОВА, Л.В. ЛАДЫГИНА

ВЫРАЩИВАНИЕ МИДИЙ И УСТРИЦ В ЧЁРНОМ МОРЕ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ МОРСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
им. А.О. КОВАЛЕВСКОГО

Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В.

ВЫРАЩИВАНИЕ МИДИЙ И УСТРИЦ В ЧЁРНОМ МОРЕ

2-е издание, дополненное

ВОРОНЕЖ

ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ»

2017

УДК 639.4 (262.5)
ББК 47.2 (2Рос-6Крм)
Х 73

Рецензенты: д-р. биол. наук А.П. Золотницкий,
д-р. биол. наук А.А. Солдатов

Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В.

Х 73 **Выращивание мидий и устриц в Чёрном море.** – Воронеж: ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. – 508 с.; 139 ил., 71 табл., библиогр.: 34 нав.

ISBN 978–5–9500546–0–0

Практическое руководство по организации и эксплуатации на Чёрном море мидийных и устричных хозяйств, включающих морскую ферму, береговую базу, специализированные плавсредства, а также питомник для производства личинок и спата устриц. Излагается биология выращиваемых и культивируемых объектов: мидий, устриц и кормовых одноклеточных водорослей. Подробно описана технология и технические средства выращивания; приведена информация о переработке и потреблении моллюсков. Обсуждается возможность применения французского опыта в организацию и развитие мидиеводства и устрицеводства на крымском побережье. Для широкого круга читателей, заинтересованных в создании мидийных и устричных хозяйств, а также для студентов, аспирантов и специалистов, занимающихся вопросами воспроизводства и потребления морских ресурсов.

УДК 639.4.(262.5)
ББК 47.2 (2Рос-6Крм)
Х 73

Kholodov V.I., Pirkova A.V., Ladygina L.V.

Cultivation of Mussels and Oysters in the Black Sea. – Voronezh: ООО “IZDAT-PRINT”, 2017. - 508 p.; 139 il., 71 tabl., bibliogr.: 34 items.

ISBN 978–5–9500546–0–0

This book is a practical guidance on organization and operation of the Black Sea mussel and oyster farms including sea farm, land-based processing, specialized afloat means, and hatchery for producing oyster larvae and spat. The present guidance contains data on biology of objects to be grown and cultivated (mussels, oysters, and feed unicellular algae); detailed description of technology, and technique for growing; information on processing and consumption of molluscs. The experience having been acquired in France about organizing large-scale shellfish farming is considered for its adaptation to the Crimean coastal background. The book will be interesting to a wide readership involved in launching and working for mussel and oyster farms; as well as to students, post-graduate students, and professionals concerned with the problems of sea resources reproduction and consumption.

Утверждено к печати Учёным советом
ФГБУН «Институт морских биологических исследований
имени А.О. Ковалевского РАН» (протокол № 1 от 17 февраля 2017 г)

Ответственный редактор д-р. биол. наук В.И. Рябушко

© В.И. Холодов, 2017
© А.В.Пиркова, 2017
© Л.В. Ладыгина, 2017

ISBN 978–5–9500546–0–0

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
Глава 1 Биологические основы аквакультуры мидий и устриц (конхиокультуры). <i>А.В. Пиркова, Л.В. Ладыгина, В.И.Холодов</i>	13
1.1. Систематика моллюсков.....	13
1.2. Биология мидий.....	14
1.2.1. Анатомия мидий.....	16
1.2.2. Физиология мидий.....	34
1.2.3. Экология мидий.....	77
1.3. Биология устриц.....	79
1.3.1. Систематика устриц.....	80
1.3.2. Анатомия и морфология устриц.....	84
1.3.3. Физиология устриц.....	91
1.4. Биология одноклеточных водорослей.....	113
1.4.1. Морфология и анатомия одноклеточных водорослей..	113
1.4.2. Роль микроводорослей в аквакультуре.....	131
1.4.3. Биохимический состав микроводорослей.....	133
Глава 2 Мидиеводство. В.И.Холодов, Л.В. Ладыгина, <i>А.В. Пиркова</i>	140
2.1. Технические средства выращивания.....	141
2.1.1. Морская ферма.....	142
2.1.2. Выбор и разметка участков для морской фермы.....	167
2.1.3. Монтаж морской фермы.....	173
2.1.4. Технология выращивания мидий.....	201
2.1.5. Плавсредства для обслуживания морской фермы.....	220
2.1.6. Влияние мидийной фермы на водную среду и расчёт оптимального размещения ферм.....	230
Глава 3 Устрицеводство. А.В. Пиркова, В.И. Холодов	256
3.1. Технология выращивания устриц в полноциклических хозяйствах.....	256
3.1.1. Получение устричного спата в питомнике.....	260
3.1.2. Получение мидийного спата в условиях питомника.....	286

3.1.3.	Телекаптаж.....	294
3.2.	Подращивание устричного спата на ферме.....	302
3.3.	Генетическое улучшение гигантской устрицы.....	311
3.4.	Воспроизводство черноморской устрицы <i>O. edulis</i>	322
Глава 4	Культивирование микроводорослей.	330
	<i>Л.В.Ладыгина</i>	
4.1.	Подготовка питательных сред.....	331
4.2.	Хранение коллекционных культур.....	336
4.3.	Подготовка стартовых культур.....	337
4.4.	Массовое культивирование микроводорослей.....	339
4.5.	Пищевые рационы для личинок устриц и мидий.....	354
Глава 5	Береговая база. В.И. Холодов	364
5.1.	Технология и оборудование для обработки моллюсков.....	368
Глава 6	Санитарный контроль мест выращивания и реализации моллюсков. В.И. Холодов	385
Глава 7	Потребление и переработка моллюсков.	
	<i>В.И.Холодов</i>	404
7.1.	Расфасовка моллюсков.....	404
7.2.	Переработка мидий.....	406
7.3.	Приготовление устриц.....	413
7.4.	Фармакология и конхиокультура.....	418
Глава 8	Экономика морского хозяйства и юридические аспекты организации морских хозяйств.	
	<i>В.И. Холодов</i>	424
8.1.	Экономические аспекты марикультуры.....	424
8.2.	Как организовать морское хозяйство.....	429
Глава 9	К внедрению французского опыта организации крупномасштабного выращивания моллюсков в прибрежной зоне Крыма. В.И. Холодов	435
9.1.	Структура конхиокультуры открытого моря.....	441

9.2.	Береговая база.....	445
9.3.	Суда для работы на фильерах.....	446
9.4.	Реализация мидий, выращенных в открытом море.....	446
9.5.	Пример возможного внедрения французского опыта в организацию и развитие мидиеводства и устрицеводства в Крыму.....	447
9.5.1.	Подготовка специалистов во Франции.....	449
9.5.2.	Перечень профессиональных качеств квалифицированного рабочего-специалиста по выращиванию гидробионтов.....	453
9.5.3.	Внедрение французского опыта.....	459
	Заключение	469
	Список литературы к главе 9.....	472
	Список рекомендованной литературы.....	473
	Список дополнительной литературы.....	475
	Цветной вкладыш.....	477

CONTENTS

Introduction	9
Chapter 1 Biological principles underlying mussel and oyster farming (conchio-shellfish culture). <i>A.V. Pirkova, L.V. Ladygina, V.I. Kholodov</i>	13
1.1. Systematics of molluscs.....	13
1.2. Biology of mussels	14
1.2.1. Anatomy of mussels.....	16
1.2.2. Physiology of mussels.....	34
1.2.3. The ecology of mussels.....	77
1.3. Biology of oysters.....	79
1.3.1. Systematics of oysters.....	80
1.3.2. The anatomy and morphology of oysters.....	84
1.3.3. Physiology of oysters.....	91
1.4. Biology of unicellular algae	113
1.4.1. The morphology and anatomy of unicellular algae	113
1.4.2. Significance of microalgae in aquaculture.....	131
1.4.3. Biochemical composition of microalgae.....	133
Chapter 2 Mussel culture. V.I. Kholodov, L.V. Ladygina, <i>A.V. Pirkova</i>	140
2.1. Essential facilities and equipment.....	141
2.1.1. Marine farm	142
2.1.2. How to find sites suitable for mariculture farm and make the layout	167
2.1.3. Marine farm assembling.....	173
2.1.4. Mussel culturing technology	203
2.1.5. Boats servicing the mariculture farm	220
2.1.6. Effect of mussel-breeding farm on the marine environment. Figuring out optimal position for the farm	230
Chapter 3 Oyster culture. A.V. Pirkova, V.I. Kholodov	256
3.1. Oyster breeding technology for full-cycle marine farms	256
3.1.1. Breeding oyster spat in the mariculture nursery	260

3.1.2	Breeding mussel spat in the mariculture nursery	286
3.1.3.	Telecaptage.....	294
3.2.	Growing oyster spat on the marine farm	302
3.3.	Genetic improvement of the Pacific (giant) oyster	311
3.4.	Reproduction of the Black Sea oyster <i>O. edulis</i>	322
Chapter 4 Cultivation of microalgae. L.V. Ladygina		330
4.1.	Preparation of nutritive media.....	331
4.2.	Storage of the culture collection	336
4.3.	Preparation of start-up cultures	337
4.4	Large-scale cultivation of algae	339
4.5.	Food rations for the oyster and mussel larvae.....	354
Chapter 5 The onshore base. V.I. Kholodov.....		364
5.1.	Mollusc processing technology and equipment	368
Chapter 6 Sanitary control over the breeding grounds and sales of the molluscs. V.I. Kholodov.....		385
Chapter 7 Consumption and processing of the shellfish.		
	<i>V.I. Kholodov</i>	<i>404</i>
7.1.	Packing the molluscs	404
7.2.	Mussel processing	406
7.3.	Oyster-treatment procedure.....	413
7.4.	Pharmacology and conchioculture	418
Chapter 8 Mariculture economy and some legal aspects related to mariculture farm organization.		
	<i>V.I. Kholodov.....</i>	<i>424</i>
8.1.	Economic aspects of mariculture.....	424
8.2.	How to organize a mariculture farm	429
Chapter 9 On application of the French experience to the coastal large-scale shellfish farming in the Crimea.		
	<i>V.I. Kholodov</i>	<i>435</i>
9.1.	The scheme of open-sea conchioculture	441
9.2.	The onshore base	445

9.3.	Boats servicing the long lines	446
9.4.	Market for the open-sea mussel culture	446
9.5.	Potential use of the French experience in organization and development of shellfish farming in the Crimea: an example	447
9.5.1.	Training course in France for the qualified personnel	449
9.5.2.	The requirements to qualified aquaculture technicians	453
9.5.3.	Application of the French experience.....	459
	Conclusion	469
	References to Chapter 9	472
	Pertinent literature	473
	Supplementary literature	475
	Colored insert.....	477

ВВЕДЕНИЕ

Охота и собирательство на суше уже давно вытеснены культурными хозяйствами – более продуктивными, надёжными и экономичными. Иное дело на море, которое хоть и занимает свыше $\frac{3}{4}$ поверхности нашей планеты, всё ещё остаётся местом, где доминирует рыболовство и добыча (охота, собирательство). Причины сложившейся ситуации разнообразны. Например, в СССР традиционно было развито индустриальное океаническое рыболовство; для этой цели готовили квалифицированных специалистов, которые свои знания и силы отдавали дальнейшему развитию промышленного рыболовства. С другой стороны, если ещё не подорванные морские биоресурсы позволяют вести лов с небольшими промысловыми усилиями, вопрос о развитии марикультуры может не возникать вовсе. Но при увеличении количества рыбодобывающих судов, сокращении запасов добываемых ресурсов и, следовательно, возрастании промыслового усилия – развитие марикультуры становится важнейшей задачей. И задачей, к сожалению, трудно выполнимой: нет опыта, нет специалистов, нет законодательной базы, инфраструктур, нет оборудования, нет даже учебников и т.д.

Однако во многих странах марикультуре повезло больше. Это, например, страны Юго-Восточной Азии и, прежде всего Китай, Япония, Южная Корея, где марикультура имеет многовековые традиции; страны Западной Европы и Северной Америки, в которых технология и технические средства марикультуры непрерывно и быстро совершенствуются. Марикультура развита в Новой Зеландии, Австралии, Чили, ряде развивающихся стран, а, например, в Эквадоре доход от марикультуры занимает второе место в экспорте, сразу же после экспорта нефти.

В странах с развитой марикультурой рыба и другие морепродукты не исчезают с прилавков магазинов, а, напротив, с каждым годом их становится всё больше, а цены на них снижаются. Марикультура, поставляя вкусную и полезную пищу, обладающую нередко лечебно-профилактическими свойствами, приносит доход производителю и при этом не вредит, а укрепляет здоровье потребителей. Кроме этого, морские фермеры заинтересованы в

чистоте морской воды и защите моря от негативных воздействий, поэтому морских фермеров можно считать защитниками морской среды.

В отношении современного рыболовства можно констатировать, что на протяжении последних 10 лет мировое рыболовство остаётся на постоянном уровне вылова: 90 млн. т в год, в то время как объём мировой аквакультуры неуклонно растёт и достиг в 2012 году 66,6 млн. т (<http://www.fao.org/3/a-i3720r.pdf>). С 1992 г. весь мировой улов не покрывает затрат на рыбодобывающую отрасль, поэтому рыболовство во многих странах стало дотационным.

По данным FAO в 1992 г. в мире было затрачено на вылов морских рыб 124 млрд. \$, а стоимость выловленной рыбы составила всего 70 млрд. \$. В 2004 г. эти цифры составили соответственно: 120 млрд. и 80 млрд. \$. Убыточным было морское рыболовство и в СССР.

Одновременно с увеличением затратности и нерентабельности рыболовства, в мире наблюдается неуклонный рост потребности в морепродуктах, что вызвало бурное развитие аквакультуры и марикультуры во многих странах. Аквакультура является самым быстрорастущим продовольственным сектором. Годовой прирост мировой аквакультуры составляет 10%, (в странах средиземноморского бассейна – 25%), в то время как прирост продукции мирового сельского хозяйства равен 2,8% в год. В настоящее время мировая аквакультура является быстроразвивающейся отраслью, что, хотя и является отрядным фактом, но в то же время истораживающим, так как слишком быстрый рост хозяйственной отрасли чреват и негативными последствиями. В последние годы на Западе значительно возрос интерес к долгосрочной марикультуре, не наносящей ущерба морской среде, что позволяет вести морское хозяйство неограниченно долгое время.

Что же такое марикультура и чем она занимается? Прежде всего, основная задача марикультуры – получение в течение длительного времени высоких и устойчивых урожаев морских растений и животных при сохранении качества окружающей среды. Эта задача выполняется не только путём товарного выращивания водных беспозвоночных, рыб, водорослей, но и путём осуществления воспроизводства промысловых биоресурсов и охраняемых видов;

акклиматизации новых видов, более ценных по пищевым и техническим показателям, более продуктивных и устойчивых в условиях данного биотопа, а также улучшающих показатели использования водоёма. К аквакультуре специалисты относят также деятельность, связанную с перестройкой водоёмов и направленную на мелиорацию, т.е. улучшение условий существования выращиваемых объектов: строительство каналов, устройство нерестилищ, уплотнение дна, регулирование проточности водоёма и солёности воды в нём и т.д.

Очевидно, что начинать развивать марикультуру нужно с наиболее простой и доступной её ветви: **конхиокультуры** (conchyliculture, фр., или shellfish culture, англ.), занимающейся выращиванием моллюсков, например, мидий и устриц. Так, мидии и устрицы питаются природной пищей, отфильтровывая её из морской воды, поэтому забота о кормах отпадает. Посадочный материал (или молодь) для дальнейшего подращивания, сам поступает на плантацию вместе с течением. Взрослые мидии не перемещаются, что позволяет упростить технические средства выращивания и снизить капитальные затраты. И, наконец, сама мидия содержит микроэлементы, витамины, все незаменимые аминокислоты и вещества, укрепляющие иммунную систему (имуномодуляторы). Отрасль конхиокультуры, занимающаяся выращиванием мидий, называется мидиеводство, либо митиликультура (mytiliculture, фр.).

Более сложной отраслью марикультуры является полноцикличное устрицеводство (остреокультура, ostreiculture), основанное на собственном производстве посадочного материала – устричной молоди (спата). Однако если спат закупать в специальных питомниках, то дальнейшая технология подращивания молоди устриц до товарного размера (полуцикличное устрицеводство) принципиально не будет отличаться от мидиеводства. Более того, одни и те же: морская ферма, судно, береговая база – могут быть использованы, как для выращивания и обработки мидий, так и устриц.

Современная марикультура занимается, главным образом выращиванием морских рыб, беспозвоночных (моллюски, ракообразные, иглокожие и т.д.) и водорослей. Наиболее распространённой в мире является марикультура моллюсков, прежде

всего устриц и мидий, а также морских гребешков и клемов. Всего выращивается свыше 15 000 000 т моллюсков в год. Крупнейшими производителями являются Китай (6 822 000 т), Япония (835 000 т), США (598 800 т), а также Испания, Южная Корея, Италия, Франция, выращивающие по 250 000 - 300 000 т/г. (данные FAO за 2006 г). Среди выращиваемых моллюсков преобладают устрицы и мидии, мясо которых отличается высокой пищевой и лечебно-профилактической ценностью, а биотехника их разведения обеспечивает высокую урожайность. Мидии содержат все незаменимые аминокислоты, микроэлементы необходимые для организма человека, витамины группы В, F, С, а также радиопротекторы, иммуностимуляторы и биоантиоксиданты. Створки мидий, а также некондиционные моллюски используются для приготовления белково-минеральной муки и крупки для птицеводства и животноводства. Устриц относят к диетическим продуктам, обладающим лечебными свойствами. Они содержат витамины А, В, РР и С, а также различные микроэлементы. Устриц используют при лечении анемических заболеваний, нарушений ионного состава плазмы крови, для укрепления иммунной системы и восстановления сил. Продукты из моллюсков предназначены, прежде всего, для лиц, работающих в тяжёлых условиях, либо на территории с повышенной радиацией, а также пожилым и тучным людям. Целесообразно использовать моллюсков в сети туристических, рекреационных и лечебных учреждений. Мидии поступают в реализацию в живом виде, либо в виде брикетов варёно-мороженого мяса, а также консервов, пресервов, гидролизатов, лечебных и косметических препаратов, кормовых и пищевых добавок и т.д.

Черноморская марикультура моллюсков в России в течение последних 10 лет ограничивалась выращиванием практически только мидий, годовое производство которых не превышало 100-200 т. Таким образом, мощный морской потенциал, способный производить десятки тысяч тонн деликатесной продукции и ценного сырья продолжает оставаться незадействованным. Авторы надеются, что данная книга будет содействовать изменению сложившейся ситуации в лучшую сторону.

Глава 1

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКВАКУЛЬТУРЫ МИДИЙ И УСТРИЦ (КОНХИОКУЛЬТУРЫ).

Для успешного разведения животных, необходимо предварительно изучить их биологию, а именно: их физиологические потребности и анатомию – для понимания состояния выращиваемых животных; экологию, знание которой необходимо для выбора места размещения морского хозяйства и разработки его структуры.

Обычно, биологические исследования начинаются с систематики, дающей общие представления о положении изучаемого объекта в царстве живых организмов, его исторических и сложившихся близких и отдалённых связях с многообразием биологических видов.

1.1. Систематика моллюсков

Тип «Моллюски», включающий по разным источникам от 120 000 до 140 000 видов, является одним из наиболее многочисленных типов среди животного мира. Моллюсков можно встретить всюду: от глубоководных впадин до высоких гор; в холодных и тропических зонах, где они обитают как в воде, так и на воздухе.

Данный тип подразделяют на семь классов:

1. Беспанцирные (Aplousophora) – около 150 видов – мелкие малозаметные моллюски, напоминающие червей.
2. Моноплакофоры (Monoplachophora) – несколько видов.
3. Панцирные (Loricata) – порядка 1000 видов, напоминают мелких черепашек, которые могут крепко присасываться к скалам и камням, часто в зоне прибоя, например, хитоны.
4. Двустворчатые (Bivalvia) – примерно 15000 видов, в том числе мидии и устрицы.
5. Головоногие (Cephalopoda) – 600 видов, например осьминоги, кальмары.
6. Лопатоногие (Scaphopoda) – около 300 видов; исключительно морские животные, внешне напоминающие одновременно и брюхоногих и двустворчатых.

7. Брюхоногие (Gastropoda) – 85 000 видов – самый богатый видами класс, нередко с красивыми раковинами, которые часто используют в качестве морских сувениров. Наиболее знакомые представители: рапана и виноградная улитка.

Для нас представляет интерес класс двустворчатых, к которому относятся мидии и устрицы. Следует отметить, что этот класс называют также Пластинчатожаберные. Существует несколько классификаций двустворчатых (пластинчатожаберных), основанных на форме раковины, замка, строении жабр. Вообще – это довольно обширный класс, объединяющий примерно 15 000 видов моллюсков, тело которых отделено от окружающей среды двумя створками раковины. Двустворчатые населяют моря всех климатических зон и континентальные водоёмы: реки, озёра, водохранилища, пруды. Большая часть видов двустворчатых моллюсков (80%) обитает в морях, особенно в прибрежной зоне. На суше представители этого класса не встречаются.

Двустворчатые моллюски сильно различаются по строению раковин, их окраске и размерам. Например, размеры глубоководных моллюсков не превышают 2-3 мм, а вес тридакны, обитающей в тропических морях, достигает 200 кг.

Из культивируемых моллюсков в этот класс входят: мидии, устрицы, гребешки, клеммы, тапесы, венериды, сердцевидки, тридакны и т.д.

1.2. Биология мидий

Перечисленные группы моллюсков относятся к различным семействам. Например, мидии входят в семейство митилид (Mytilidae). В Азово-Черноморском бассейне обитает всего 90 видов двустворчатых моллюсков, среди которых только 6 видов относятся к митилидам. Несмотря на относительно малое число видов, с экологической точки зрения черноморские митилиды играют значительную роль в функционировании экосистемы. Это объясняется их массовостью и широкими ареалами, простирающимися от уреза воды до сероводородной зоны. Известно, что мидии и другие митилиды добывают корм из воды путём фильтрации её через жабры. Огромные поселения мидий, запасы

которых только в северо-западной части Чёрного моря измеряются миллионами тонн, выполняют грандиозную работу по фильтрации морской воды, её кондиционированию. При этом мидии формируют биоотложения – слои ила на морском дне, которые содержат органическое вещество, следовательно, корм для животных-грунтоедов. Мидии, особенно молодые, сами служат кормом для донных рыб и беспозвоночных. Плодовитость самок мидии достигает сотни тысяч яиц, из которых после оплодотворения образуются планктонные личинки – массовый корм для хищного зоопланктона.

Мидия не только важный компонент морской экосистемы, но и один из самых распространённых объектов марикультуры (продукция мирового мидиеводства достигла 1,9 млн. т). В основном выращивают мидий, относящихся к роду митилиус (*Mytilus*). Обыкновенная или голубая мидия (blue mussel) *Mytilus edulis* – наиболее распространена в мидиеводстве (39% продукции мидиеводства). Второе место по выращиваемым объёмам занимает зелёная мидия (green mussel) *Mytilus viridis*, синоним *Perna viridis*. На третьем месте находится средиземноморская или чёрная мидия (black mussel) *Mytilus galloprovincialis*. Первый вид распространён в основном в морях Атлантического океана и выращивается, главным образом, в странах Европы и Северной Америки. Зелёную мидию выращивают в странах Юго-Восточной Азии (Филиппины, Вьетнам, Таиланд и т.д.). Средиземноморская мидия обитает и выращивается в Средиземном море, а также в Чёрном и Азовском морях. Она встречается и на атлантическом побережье Европы, где образует гибриды с голубой мидией, в том числе и на мидийных хозяйствах.

Итак, единственным объектом черноморского мидиеводства является вид – Мидия средиземноморская из рода Митилиус, который входит в семейство Митилиды, относящееся к классу Двустворчатых моллюсков из типа Моллюски.

Раковина представителей данного вида четырехугольно-клиновидной формы, с узкими, загнутыми вперед макушками. Поверхность раковины гладкая с тонкими линиями нарастания. Брюшной край прямой или слабовыпуклый. На брюшном крае – биссусная щель. Задняя часть верхнего края почти параллельна нижнему краю. На створках от макушки кзади близ нижнего края или почти параллельно ему идет широкий радиальный перегиб,

благодаря чему нижняя часть раковины несколько уплощена. Края раковины изнутри гладкие. Окраска раковин чёрно-фиолетовая, коричневая; перламутровый слой синий, коричневый или белый. Длина раковины до 140 мм; высота – до 75 мм, ширина – до 52 мм.

В Чёрном море мидии заселяют скальный и иловый биотопы: от уреза воды до глубины 80 м. На скалах и камнях мидии образуют щётки. На мягком грунте прикрепляются группами к мелким камешкам и раковинам, образуя друзы. Мидии – это один из основных компонентов в обрастании портовых сооружений и судов. В биоценозе мидиевого ила является доминирующей формой. Распространение вида: Атлантическое побережье Южной Европы (на север до Бискайского залива), Средиземное, Эгейское, Мраморное, Чёрное и Азовское моря.

Однако даже при беглом осмотре нескольких мидий одного вида легко заметить, что они различаются окраской. Исследователи, работавшие на Чёрном море ещё в 19-ом веке, обратили внимание на то, что мидии, образующие поселения на прибрежных скалах имеют более тёмный цвет (тёмно-коричневый, тёмно-фиолетовый), чем мидии, обитающие на илистых грунтах больших глубин, где преобладают светло-коричневые моллюски. Было показано, что окраска раковины – это генетически наследуемый признак и разноокрашенные мидии относятся к одному виду. Коричневые мидии лучше приспособлены к жизни на иловых грунтах, в то время как чёрно-фиолетовые лучше выживают в зоне воздействия волн, то есть на скалах, а также на мидийных фермах.

1.2.1. Анатомия мидий

Тело моллюсков покрыто известковой раковиной, поэтому изучение морфологии проще всего начать с изучения раковины (рис. 1). На каждой створке можно различить спинной край, там, где створки соединены вместе; брюшной край – противоположный спинному; передний – (заострённый) и задний (округлый). На поверхности раковины отчетливо видны линии нарастания. По ним можно определить, что самая начальная точка роста раковины помещается на той части макушки, которая обращена внутрь раковины.

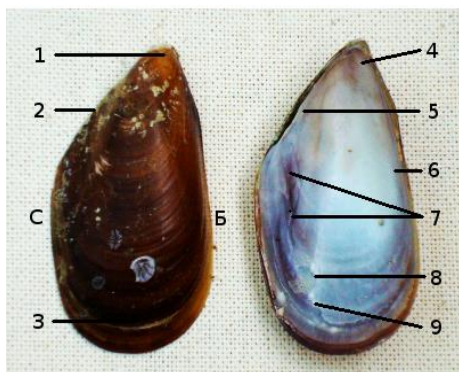


Рис. 1. Раковины мидии *Mytilus galloprovincialis*: Б – брюшной край; С – спинной край. Внешний вид: 1 – макушка, 2 – лигамент, 3 – полосы нарастания. Внутренний вид: 4 – передний мускул-аддуктор, 5 – передний мускул-ретрактор, 6 – следы прикрепления края мантии, 7 – задний мускул-ретрактор, 8 – задний мускул-аддуктор, 9 – мускул для анального сифона.

Под макушкой имеется неширокая площадка, на которой обычно присутствует серия выступов. Эта площадка называется замочной, а выступы на ней – зубами замка. Замком называют соединение створок при помощи зубовидных отростков (зубов) одной створки, входящей в углубления другой. На спинной стороне тела створки связаны между собой лигаментом. Основная функция лигамента – раздвижение створок, чему противодействуют мускулы-аддукторы. Лигамент состоит из трех слоев: наружного тонкого – периостракума, переходящего со створки на створку (этот слой очень рано утрачивается), расположенного глубже – ламеллярного (или пластинчатого). В передней и задней частях лигамента двух последних слоев нет, а вместо них – слой слияния. Основную функцию упругого элемента выполняют пластинчатый и волокнистый слои. Первый работает как пружина, сопротивляющаяся изгибу (соответственно его распрямление раздвигает створки), второй – как пружина, сопротивляющаяся сжатию. Замочная площадка и края створки ограничивают внутреннюю полость раковины.

Строение раковины.

Раковина мидий состоит из нескольких основных слоев, которые откладываются в результате секреторной деятельности эпителия (покровного слоя) наружной поверхности мантии моллюска и складками края мантии. Химический состав раковины довольно однороден: раковина на 95% состоит из карбоната кальция (углекислого кальция или мела).

Тонкий наружный органический слой раковины, или periostrакум, состоит из белкового вещества, конхиолина, и предохраняет раковину от растворения (рис. 2).

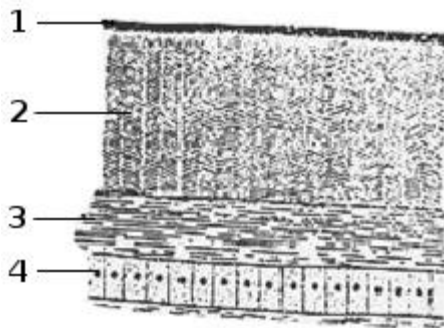


Рис. 2. Структура раковины мидий. 1 – конхиолин; 2 – призматический слой; 3 – перламутровый слой; 4 – клетки эпителия мантии.

Его легко снять при помощи ножа или подержав раковину в слабом растворе соляной кислоты. Перистракум формируется эпителием края мантии, в борозде между наружной и средней ее складками (рис. 3). Под перистракумом залегает так называемый призматический слой, состоящий из прилегающих друг к другу призмочек углекислого кальция (кальцита), расположенных перпендикулярно поверхности раковины. Это – наиболее толстый слой.

Признак окраски раковины наследуется по однолокусной двухаллельной схеме с доминированием коричневого цвета над синим (рис. 4 цветной вкладыш, стр. 477). Однолокусная двухаллельная схема наследования – это два варианта гена, расположенные в одном определенном участке гомологичных хромосом. Ген – элементарная единица наследственности, часть молекулы ДНК. Гомологичные хромосомы – хромосомы, сходные по плану строения.

Эти признаки тесно связаны с физиологическими потребностями мидий. Скорость роста мидий в определенной степени связана с полиморфизмом раковины. Отмечено, что скорость роста мидий с голубой окраской раковины выше, чем коричневой.

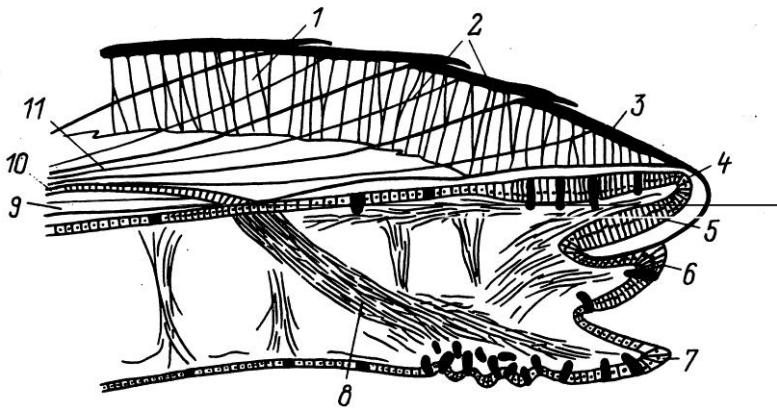


Рис. 3. Схема радиального сечения края раковины двустворчатого моллюска: 1 – наружный слой раковины; 2 – линии роста; 3 – periostracum; 4 – эпителий внешней складки мантии; 5 – periostracal groove; 6 – средняя складка мантии; 7 – внутренняя складка мантии; 8 – мантийный мускул; 9 – внутренний слой раковины; 10 – pallial muscle; 11 – средний слой раковины (по Попову, 1990).

Среди быстрорастущих мидий одной возрастной группы преобладают мидии с радиальными полосами. Однако, в наших исследованиях выживаемость личинок, полученных при скрещивании полосатых мидий с белым краем мантии, оказалась самой низкой по сравнению с выживаемостью потомков от других скрещиваний.

Внутренний слой раковины – перламутровый, образуется тончайшими, лежащими в несколько слоев известковыми листочками (арагонита), между которыми залегают столь же тонкие прослойки конхиолина. Кальцит и арагонит – это разные формы кристаллизации карбоната кальция, из которого построена раковина. Отметим, что раковины тропических видов мидий полностью состоят из арагонита. В карбонатном веществе раковины в виде незначительных примесей (доли процента) присутствуют ионы многих элементов (Mg, Sr, Ba, Mn и др.), содержание которых

зависит от их концентрации в водной среде и условий формирования раковины. Кристаллизация карбоната кальция происходит из ненасыщенного раствора, заполняющего пространство между мантией и раковиной. Ход кристаллизации, образуемая минеральная фаза и характер микроструктуры определяются органическим веществом матрицы. В сформированной раковине матрица представляет собой тонкую органическую сеть, охватывающую известковые элементы раковинной структуры в виде чехлов. Эти органические чехлы, наряду с периостракумом, предохраняют раковину от растворения.

Под местом прикрепления мускулов к раковине откладывается своеобразная неправильная тонкопризматическая структура – это миоостракум.

Перламутровый слой подстилается эпителием мантии, который и синтезирует раковину. Этим же слоем эпителия формируются жемчужины у мидий. У культивируемых мидий они встречаются редко. Однако, встречаясь, они снижают коммерческую ценность мяса моллюсков. Если какие-либо очень мелкие частицы, например омертвевшие клетки или зернистые продукты выделения, или тельца постороннего происхождения, например песчинки, а нередко и паразиты, попадают в промежуток между раковиной и эпителием мантии, то они все больше и больше обволакиваются концентрическими слоями перламутра и превращаются в жемчужину. Жемчужина состоит из чередующихся слоев перламутра и конхиолина, т.е. из тех же слоев, что и раковина. Наличие конхиолиновых слоев придает ей тусклый голубовато-серый или бежевый цвет. Жемчуг мидий не представляет коммерческой ценности.

Мышцы.

Важную функцию – захлопывание раковины осуществляют замыкательные мышцы. Они имеют вид толстых мускульных пучков, идущих поперек тела моллюска от одной створки к другой (рис. 5).

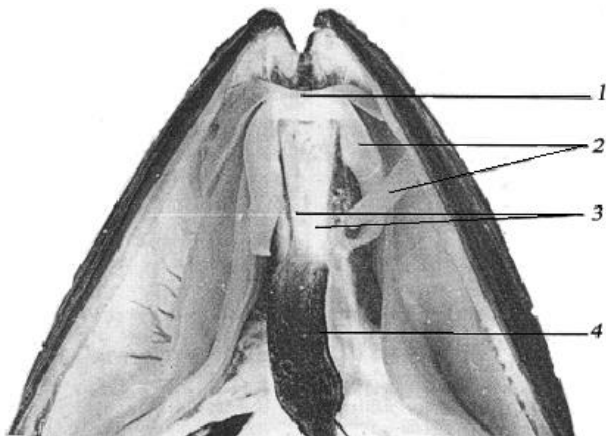


Рис. 5. Внутренние органы мидии *Mytilus galloprovincialis*: 1 – рот, 2 – лабиальные пальпы, 3 – передние сократительные мускулы ноги, 4 – нога.

Как в местах прикрепления к створкам мышц, так и по краю мантийных складок, на внутренней поверхности раковины при рассмотрении створки изнутри видны округлые площадки спереди и сзади – мускульные отпечатки, т.е. места прикрепления мускулов-замыкателей (аддукторов) (см. рис.1). К ним примыкают более мелкие мускульные отпечатки: под макушкой крепятся несколько мелких мышц. У мидии задний отпечаток аддуктора крупный и располагается ближе к спинной стороне в задней части створки, тогда как передний едва заметен и находится вблизи макушки. Отпечатки ретракторов ноги неравные. У мидий задний ретрактор очень сильно развит, состоит из нескольких тяжей, и его отпечаток продолжает отпечаток заднего аддуктора. Между аддукторами, параллельно брюшному краю створки, тянется мантийная линия – линия прикрепления мышц мантийного края. Толщина ее постоянная.

В мантии, сердце, крупных кровеносных сосудах и стенке желудка также имеются мышечные волокна. Нога тоже является мышечным органом.

Мантия и нога.

Тело мидий покрыто мантией, состоящей из двух листов, которые тесно прилегают к телу в спинной части и частично

смыкаются в передней части, образуя цефалический капюшон (рис. 6). Правый и левый листки мантии срастаются только в заднеспинной части, ограничивая небольшой выводной сифон.

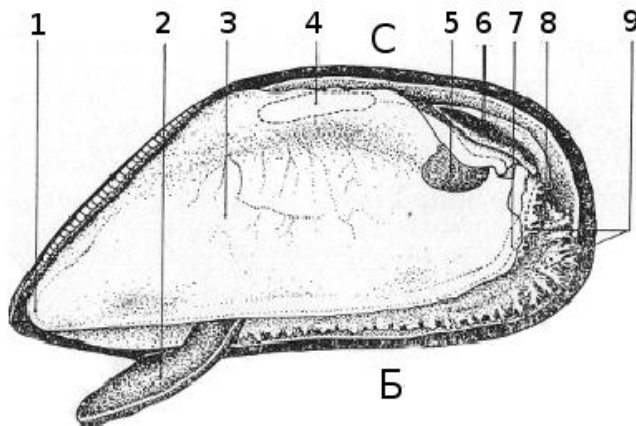


Рис. 6. Мидия *Mytilus galloprovincialis*: удалена левая раковина: Б – брюшной край; С – спинной край. 1 – цефалический капюшон; 2 – нога; 3 – левая доля мантии; 4 – сердце; 5 – мускул-аддуктор; 6 – выделительный сифон; 7 – зона прикрепления мантии; 8 – край мантии; 9 – свободные доли края мантии.

Чуть ниже места срастания каждый листок образует по одному бахромчатому выросту. Через нижнее отверстие, которое называется вводным сифоном, поступает в мантийную полость вода, содержащая пищевые частицы и кислород. Верхнее отверстие служит для выведения из мантийной полости воды и экскрементов – это выводной сифон. Между складками мантии и телом остается полость (мантийная полость), в которой помещаются нога и жабры. Большое переднее – брюшное отверстие позволяет ноге высовываться из мантийной полости наружу.

Мантия состоит из соединительной ткани и мускулатуры и способна растягиваться или втягиваться. Наружным эпителием мантийных складок синтезируются створки раковины. Эпителиальные покровы мантии выполняют ряд важных функций: защитную, сенсорную (чувствительную), секреторную и мукоцитарную (выделение слизи). Слизистые клетки (мукоциты)

мантии принимают участие в детоксикации. Они обнаружены у мидий на разных стадиях развития (онтогенеза) среди мышечных и соединительнотканых элементов мантии.

Наравне с жабрами мантия играет важную роль в циркуляции воды, а также принимает участие в дыхании, благодаря непосредственному потреблению кислорода из поступающей воды. Мантия является запасующим органом, где аккумулируются резервные вещества.

Цвет края мантии, как и цвет ноги, может быть коричневым с разными оттенками или белым (рис.7 цветной вкладыш, стр. 478).

Этот признак, генетически детерминирован и наследуется по однолокусной двухаллельной схеме с доминированием белого края мантии и ноги над коричневым. Несмотря на то, что «белый край мантии» является доминантным признаком, встречаемость его в популяции (т.е. в природных поселениях) весьма низкая: в разных поселениях от 3 до 10%. По нашим наблюдениям признак «белый край мантии» сцеплен с признаком «радиальные полосы» на раковине.

Нога мидии – это мускульный орган, покрытый реснитчатым эпителием с вкраплениями сенсорных клеток; расположен он в нижней части массы органов. Нога у мидий подвижная благодаря двум системам мускульных пучков, одним концом, прикрепленным к раковинам, а другим – к ноге. При их сокращении все тело моллюска подтягивается и прижимается к субстрату (скале, грунту), к которому подвешено нитями биссуса. Это очень важно, особенно при сильном течении в зоне прибоя, так как свободно болтающиеся на нитях биссуса мидии легко могут быть сорваны волнами. Биссус продуцируется биссусной железой, которая находится в особом вдавлении у основания ноги на ее нижней поверхности. Жидкий коллаген стекает по желобку, расположенному с внутренней стороны ноги и застывает в виде прочных нитей – биссуса. Каждая нить заканчивается диском, при помощи которого и происходит прикрепление моллюска к субстрату. Прочность биссуса значительна, но всё таки молодые мидии могут обрывать его, после чего вновь синтезировать другие нити, и таким образом перемещаться с помощью ноги по твёрдой поверхности (субстрату) и перекрепляться в новом месте. Педивелигеры (стадия личинки мидии

перед оседанием) при помощи ноги определяют пригодность субстрата к оседанию. Даже после прикрепления, если субстрат оказался непригодным, мидия открепляется и использует ногу как парус для плавания в поисках следующего субстрата.

Органы дыхания.

Мидии обладают парой жабр (или ктенидий); каждая жабра состоит из двух рядов жаберных нитей (или филламентов) (рис. 8, 9).

Филламенты, направляясь к спинной стороне моллюска, поднимаются в направлении брюшной стороны (восходящая ветка). Края восходящей ветки смыкаются с мантией и висцеральной массой. Каждая нисходящая и восходящая ветки соединены тремя гибкими мостиками из соединительной ткани. В результате каждая половина жабры превращается в решетчатую двухслойную пластинку. Кроме этого, пучки ресничек объединяют соседние филламенты и отделяют внутри них промежуток, который называется остии.

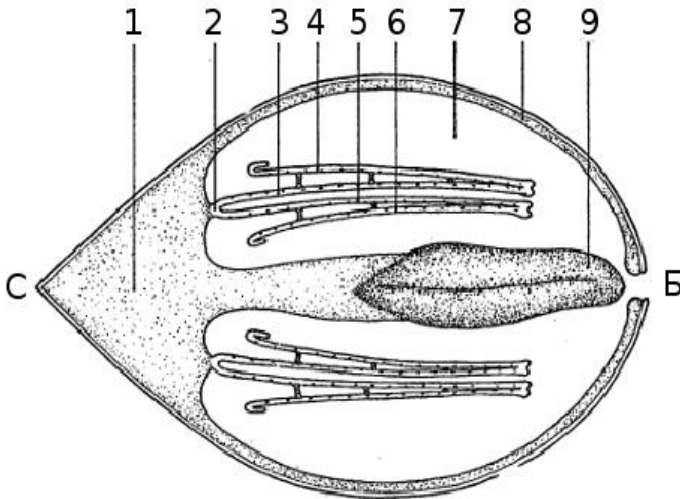


Рис. 8. Схема поперечного разреза через жабры мидии: 1 – висцеральная масса; 2 – жаберная ось; 3 – нисходящая и 4 – восходящая ветки внешних филламентов; 5 – нисходящая и 6 – восходящая ветки внутренних филламентов; 7 – жаберная полость; 8 – мантия; 9 – нога; С – спинной край; Б – брюшной край.

По всей длине филаменты в передней части, переднебоковой и боковой покрыты ресничками, которые своим движением создают циркуляцию воды в палеальной полости, расположенной между лепестками мантии. Вода проникает между лепестками мантии, пересекает жабры в местах расположения остий и направляется к выделительному сифону. Различные движения филаментов, в том числе их повороты, осуществляются благодаря мышцам, которые расположены в жаберной оси и в самих филаментах.

Жабры являются, прежде всего, органами дыхания, в которых происходит насыщение крови кислородом, растворённым в морской воде. Они также играют важную роль в переносе питательных веществ и в задержке взвешенных частиц. И, наконец, они создают ток воды, жизненно необходимый для существования моллюсков (рис. 10).

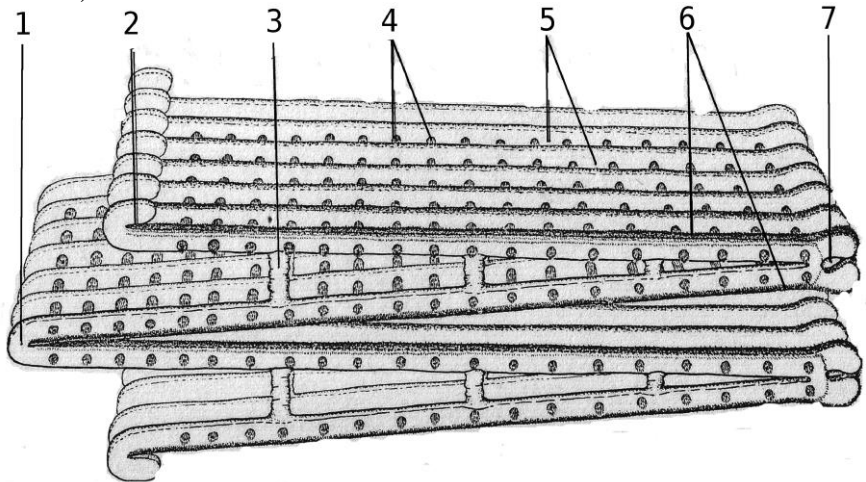


Рис. 9. Мидия *Mytilus galloprovincialis*: схематическое изображение жабры. 1 – жаберная ось; 2 – спинная борозда; 3 – соединение двух филаментов; 4 – пучки ресничек; 5 – остии; 6 – зоны расположения ресничек; 7 – брюшная борозда.

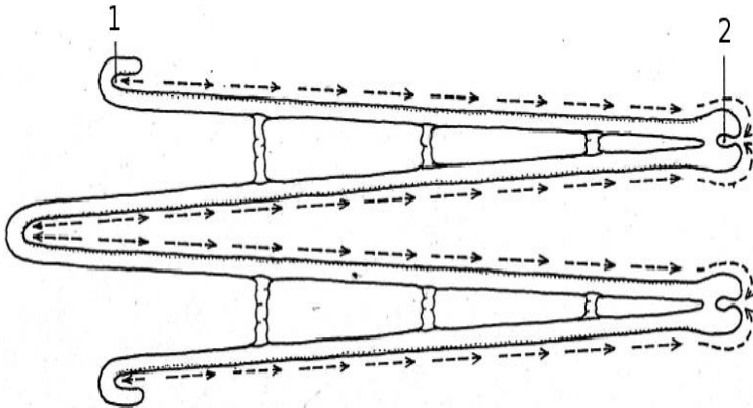


Рис. 10. Схема строения жабр мидии показывает движение воды с планктоном (по Grasset, 1960): 1 – спинная борозда; 2 – брюшная борозда.

Пищеварительная система.

Голова у мидий, так же, как и у других двусторчатых моллюсков, отсутствует. Рот расположен на переднем конце тела над основанием ноги. По бокам рта имеются две пары длинных треугольных ротовых лопастей (лабиальные пальпы). Они покрыты ресничками, направляющими пищевые частицы к ротовому отверстию (рис. 11).

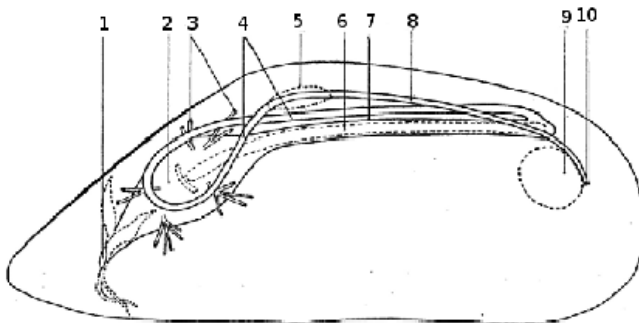


Рис. 11. Схема пищеварительной системы мидии: 1 – рот; 2 – желудок; 3 – каналы гепатопанкреаса; 4 – кишечник; 5 – сердце; 6 – кристаллический стебельёк; 7 – слепой карман для стебелька; 8 – задняя кишка; 9 – мускул-аддуктор; 10 – анус.

Изо рта пища попадает в короткий пищевод, который открывается в мешковидный желудок. Желудок вытянут вдоль спинной стороны тела и окружен дивертикулами (долями) печени. В задней стенке желудка образуется длинный слепой вырост, эпителий которого формирует прозрачный студенистый кристаллический стебелек. Кристаллический стебелек своим концом вдаётся в полость желудка и постепенно растворяется желудочным соком, при этом освобождаются пищеварительные ферменты. По бокам желудка расположена парная, хорошо развитая печень (гепатопанкреас), состоящая из множества мелких долек и открывающаяся своими протоками в желудок. В результате работы сортирующих механизмов желудка, производится отбор частиц для транспортировки их в пищеварительные дивертикулы гепатопанкреаса (печени). Масса пищеварительной железы меняется в течение репродуктивного цикла мидии и достигает максимальной величины в преднерестовый период.

Недалеко от места соединения пищевода с желудком, но ближе к брюшному краю, от желудка отходит средняя кишка. Средняя кишка опускается от желудка к основанию ноги, делает несколько изгибов и затем направляется по спинной стороне туловища к его заднему концу. Она переходит в заднюю кишку, которая пронизывает желудочек сердца и заканчивается анусом, расположенным над задним мускулом замыкателем.

При изучении питания мидий, их вскрывают при помощи скальпеля, определяют точное расположение желудка и микропипеткой со стороны лабиальных пальцев отбирают и анализируют под микроскопом содержимое желудка. Однако данное исследование не даёт точного представления о спектре питания мидий. Так, например голые жгутиконосцы, имеющие пищевую ценность, быстро перевариваются в гепатопанкреасе и могут быть обнаружены в желудке мидий только сразу после изъятия их из воды. В то же время в желудке могут быть обнаружены частицы, не представляющие пищевой ценности. При высокой концентрации пищевого фитопланктона в воде, трофически ценные клетки проходят через желудок не переваренными, так что присутствие их в фекалиях не является свидетельством их пищевой неполноценности.

Наиболее полное представление о питании мидий может дать параллельное сезонное исследование качественного состава фитопланктона (морских одноклеточных водорослей) и содержимого желудков моллюсков, непосредственно выловленных из воды.

Если разрезать гепатопанкреас точно по линии спинной стороны, то можно увидеть особенности строения стенок желудка: слепые карманы, сортировочные поля и кристаллический стебелек. Для детального обзора внутреннего строения желудка конец кристаллического стебелька приходится удалять. Более сложно увидеть отверстия дивертикулов печени. Если их не удастся полностью рассмотреть при вскрытии желудка, то приходится полностью выделять желудок и рассматривать его стенку снаружи при помощи бинокля и, вводя в отверстия щетинки, затем проследить места их выхода изнутри.

Мидии относятся к моллюскам – фильтраторам. Они пропускают через мантийную полость большое количество воды, постоянный приток которой обеспечивается работой ресничного эпителия мантии, жабр и ротовых лопастей (рис. 12). Из воды извлекаются все мелкие взвешенные частицы – в том числе детрит (неживое органическое вещество), фитопланктон и бактерии, составляющие пищу моллюсков. Доля детрита в питании мидий может составлять до 80%, а в период «цветения» основу пищи составляют микроводоросли. По данным севастопольского исследователя Г.Н. Миронова (1948), состав пищи мидий близок к составу планктона, взятому на месте их обитания.

В питании коллекторных мидий бухты Ласпи (в 30 км от Севастополя) большую роль играют перидиниевые и кокколитофориды, значительно меньшую – диатомовые и зеленые водоросли. Температура воды влияет на величину рациона: в диапазоне 4-20°C он изменяется в 4 раза. Осевшая молодь мидий не только фильтрует, но и собирает с помощью ноги перифитоновые водоросли, сидящие на поверхности субстрата.

В местах больших скоплений мидии, образующие природные щетки, а также их поселения на фермах, работают как мощные естественные очистители воды (биофильтраторы). Подсчитано, что мидии, заселяющие 1 м² дна, за сутки могут профильтровать до 280 м³ воды. Таким образом, большие поселения мидий

представляют собой мощный биофильтр, очищающий и осветляющий воду.

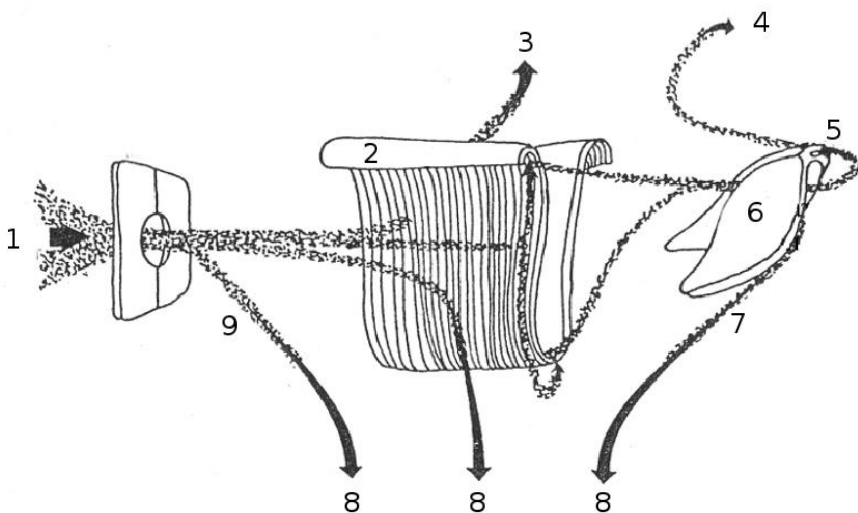


Рис. 12. Схема процесса фильтрации мидией и образование псевдофекалий. 1 – вход воды; 2 – жабры; 3 – выход воды; 4 – фекалии; 5 – рот; 6 – лабиальные пальпы; 7 – секрция слизи; 8 – продукция псевдофекалий; 9 – осаждение псевдофекалий.

Нервная система.

Нервная система мидий слабо развита, но она участвует в регуляции обмена веществ и роста моллюсков, в адаптации к изменениям солёности, в процессах размножения и нереста. Двустворчатые моллюски не имеют желез внутренней секреции, поэтому нейросекреторные клетки выполняют все эндокринные функции.

Примитивная нервная система мидий (рис. 13) состоит из трех пар ганглиев (узлов): цереброплевральные (переднежаберные), pedalные (ножные) и висцеропариетальные (внутренних органов).

Переднежаберные ганглии образованы слиянием двух пар, которые соединяются над глоткой. Они иннервируют ротовые лопасти, рот и глотку. От них отходят тонкие нервы к переднему мускулу-замыкателю и к мантии.

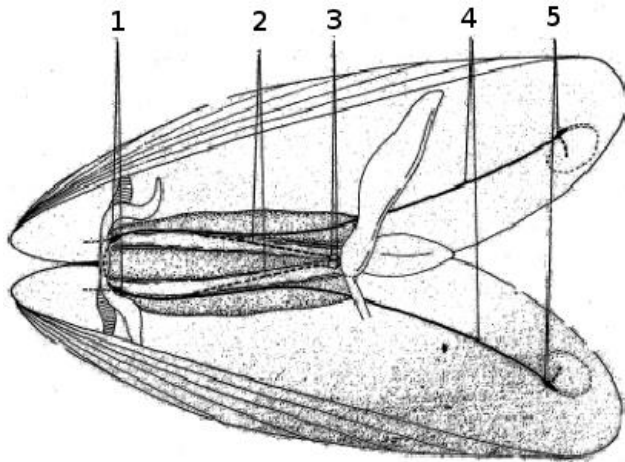


Рис. 13. Нервная система мидии: 1 – церебро-плевральные ганглии; 2 – церебро-педальные коннективы; 3 – педальные ганглии; 4 – церебро-висцеральные коннективы; 5 – висцеральные ганглии.

Нервы, отходящие от переднежаберных ганглиев, соединяются с круговыми мантийными нервами, проходящими в мантийных складках вдоль их края и сзади в области чувствительных мантийных щупальцевых выростов. Здесь круговые мантийные нервы соединяются с задними мантийными нервами. Они играют важную роль в регуляции гаметогенеза, отвечая за формирование половых клеток, мобилизацию питательных материалов из вспомогательных клеток, а также они тормозят нерест. У основания ноги залегает пара педальных ганглиев, которые соединяются с переднежаберными посредством двух длинных пучков (коннективов). От ножных узлов нервы отходят в ногу и к мускулам – втягивающим ногу. Еще более длинные пучки идут от переднежаберных узлов к паре ганглиев, лежащих под задним мускулом-замыкателем (висцеропариетальные). Эти ганглии, кроме всех остальных органов, иннервируют жабры и осфрадии, реагирующие на химизм среды.

Органы чувств.

Осфрадии – это органы так называемого химического чувства. Они расположены у основания жабр в виде валика чувствительного эпителия. Эти органы способны оценивать изменение температуры,

солёности и рН воды, концентрацию растворённого кислорода, наличие поллютантов в воде и т.д. В случае опасности раковина закрывается, и моллюск переживает некоторое время до изменения ситуации, периодически приоткрываясь для оценки обстановки. При продолжительном снижении концентрации кислорода в воде, как в случае заморных явлений, мидии погибают.

Органами осязания мидий являются также околоротовые лопасти и щупальца, расположенные по всему краю мантии. На краю мантии имеются слаборазвитые «обонятельные органы», лежащие возле нервных внутренностных узлов. Там же распределены сенсорные (чувствительные) клетки, реагирующие на изменения направления и скорости течения воды, что может сигнализировать о приближении хищника, например рапаны. Органы равновесия представлены чувствительными пузырьками и помещаются в теле, несколько позади ножных узлов, хотя иннервируются головными.

Система кровообращения (циркуляция гемолимфы).

Сердце мидий трёхкамерное; оно состоит из двух боковых предсердий и желудочка и помещается на спинной стороне тела (рис. 14). Сердце окружено тонкостенной околосердечной сумкой, называемой перикардием. У мидий правое и левое предсердия охватывают заднюю кишку и сливаются под и над ней, вследствие чего и происходит наблюдаемое пронизывание желудочка сердца задней кишкой. От желудочка берут начало два мощных артериальных сосуда – передняя и задняя аорты. Передняя аорта идет над кишкой вперёд. От нее отходят аорты ко всем внутренним органам, ноге и передней части мантии. Задняя аорта, направленная назад под кишечником, распадается на две задние мантийные артерии. Кровеносная система у двустворчатых моллюсков не замкнутая, поэтому кровь (или гемолимфа) течёт не только по артериям и венам, но и попадает в различные пространства (лакуны, синусы) между органами и в соединительной ткани. Из артерий кровь или, точнее гемолимфа, попадает в систему лакун в соединительной ткани и, наконец, собирается в большую продольную венозную лакуну, лежащую под перикардием. Артериальная кровь течёт в основном по сосудам, а венозная – по лакунам.

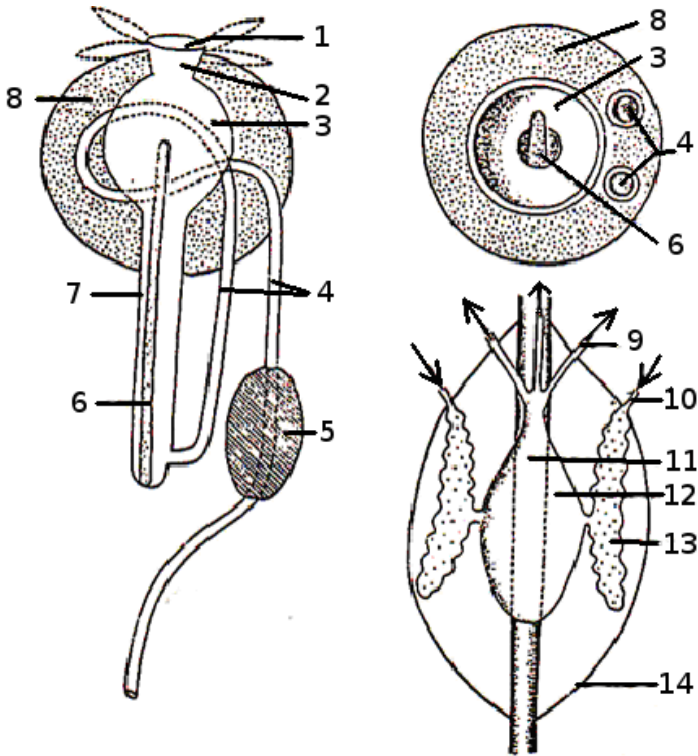


Рис. 14. Схема расположения органов пищеварения и кровеносной системы мидий: 1 – рот, 2 – пищевод, 3 – желудок, 4 – кишка, 5 – сердце, 6 – кристаллический стебелёк, 7 – слепой карман желудка, 8 – гепатопанкреас (печень), 9 – артерия, 10 – вена, 11 – предсердия, 12 – желудочек, 13 – жабровые органы, 14 – перикардий.

Из лакуны гемолимфа направляется в проходящий вдоль основания каждой жабры приносящий жаберный сосуд; затем проникает в жаберные нити, окисляется и возвращается в выносящий жаберный сосуд. Выносящие жаберные сосуды сообщаются с предсердиями, из которых кровь проходит в желудочек. Кровь почти бесцветная; присутствие гемоцианина (дыхательный пигмент) придает крови слегка синеватый оттенок. Концентрация минеральных элементов в крови сравнима с таковой в морской воде. В крови находятся клетки различной формы – это амебоциты. Они способны мигрировать через ткани и циркулировать во всех частях

тела. Амебоциты обладают большой фагоцитарной возможностью, что позволяет им захватывать большое количество разных частиц. Эти клетки играют значительную роль как в транспорте пищевых продуктов к различным тканям, так и в выносе разных продуктов распада. В случае ранения тканей клетки, входящие в состав крови, коагулируются в ране, что позволяет остановить кровотечение. Коагулянт затем рассасывается амебоцитами.

Выделительная система.

Продукты жизнедеятельности, особенно токсичные продукты азотистого обмена, удаляются из организма выделительной системой. У мидий выделительная система состоит из пары почек, которые лежат в задней половине тела по бокам и несколько ниже кишки. Они имеют вид двух обширных трубчатых мешков с железистыми стенками. Каждый мешок сложен по длине вдвое так, что принимает V - образную форму с углом, обращенным назад. Обе передние ветви заканчиваются отверстиями; одним из них почка сообщается с перикардием, а другим – с мантийной полостью.

Стенки перикардия также принимают участие в выделении. Клетки передней половины перикардия имеют железистый характер и образуют перикардальные железы. Последние иногда обособляются от остального перикардия в виде двух сообщающихся с ним отверстий мешков – кеберовых органов (см. рис. 14). Продукты выделения этих желез попадают в перикардий, а оттуда выводятся через почки наружу. Часть продуктов жизнедеятельности попадают в кровь, проходя через стенки сердца. Амебоциты, которые принимают участие в элиминации продуктов распада, также находятся в выделительной системе.

Репродуктивная система.

Мидии, как большинство двустворчатых моллюсков, являются раздельнополыми. Внешние половые различия у них отсутствуют, и отличить самца от самки можно только после вскрытия раковины в период формирования гонад – желез, производящих половые клетки.

Половая железа (гонада) мидий парная; расположена в двух мантийных «лепестках» и в брюшном отделе туловища (рис. 15 цветной вкладыш, стр. 478).

Строение гонады у самцов и самок одинаково. Гонада состоит из многочисленных разветвленных трубочек и ацинусов. Ацинусы

представляют собой выпячивания стенок каналов разной формы и размеров, растающих в соединительную ткань мантии и висцерального комплекса. Особенно интенсивно гонада разрастается перед нерестом, и соединительная ткань мантии оказывается заполненной половыми продуктами, которые просвечиваются через стенки. Цвет гонад самок может быть розовым, бежевым, оранжевым или белым; у самцов – жёлтым или белым.

Зрелые половые продукты выводятся из ацинусов гонады по половым протокам, которые сливаются и впадают в парные гонодукты, открывающиеся в мантийную полость. Гонада выстлана зачаточным эпителием, из клеток которого формируются половые клетки. Она имеет хорошо развитый сосудистый аппарат, терминальная часть которого представлена системой открытых лакун.

1.2.2. Физиология мидий

Размножение и развитие.

При разведении животных по полноциклической технологии, когда фермер сам производит посадочный материал для дальнейшего выращивания на морской ферме, он вынужден проводить искусственный нерест производителей и оплодотворение яйцеклеток, а также выращивать личинок. Но и при сборе молоди (спата) непосредственно в море необходимо иметь достаточно глубокое представление о различных аспектах размножения и развития выращиваемых объектов. Ниже приводятся сведения об основных процессах размножения мидий.

Гаметогенез – процесс формирования половых клеток. Из клеток эпителия ацинуса развиваются первичные половые клетки – гоноциты. Гоноциты дифференцируются (специализируются) на женские или мужские клетки – оогонии и сперматогонии. Оогонии отличаются от сперматогоний наличием одного ядрышка и остаются прикрепленными к стенке ацинуса. Весь период гаметогенеза у мидий условно подразделяется на 4 стадии в зависимости от степени развития половых клеток (стадии зрелости гонад: 1 – относительного покоя, 2 – начала гаметогенеза, 3 – активного гаметогенеза и 4 – преднерестовая стадия). Гаметогенез занимает значительную часть

репродуктивного цикла моллюсков. Продолжительность нерестового периода у мидий зависит от температуры воды и размера моллюсков и составляет 1-1,5 месяца. Стадия посленерестовой перестройки продолжается до 0,5 месяца и более. Иногда на стадии начала гаметогенеза могут встречаться фагоциты, участвующие в резорбции (рассасывании) половых клеток.

Оогенез – процесс формирования женских половых клеток. Развитие яйцеклеток у мидий протекает по так называемому солитарному типу, это означает, что растущие ооциты получают питание от тканей самки без участия дополнительных питающих клеток. В процессе оогенеза различают стадии: размножения, роста и созревания. Дифференцировка женских половых клеток складывается из нескольких этапов. Из клеток герминативного эпителия ацинусов дифференцируются оогонии – мелкие (размером 5-6 мкм) клетки. Количество оогоний увеличивается в результате митотических делений (митоз – это деление соматических клеток). Когда деление прекращается, оогонии превращаются в ооциты первого порядка, отличительная черта которых – большое пузыревидное ядро. Ооциты вступают в фазу медленного роста, затем в фазу быстрого роста, при этом размеры их увеличиваются до 70 мкм. В период большого роста ооцитов активизируется деятельность пищеварительной системы, увеличивается потребление кислорода, усиливается тканевое дыхание; при этом в гемолимфе мидий возрастает содержание липидов, низкомолекулярных белков и углеводов. Эти вещества поступают в ооцит через мембрану. Развитие ооцитов сопровождается изменением его связи со стенкой ацинуса. По мере роста ооциты выдаются в просвет ацинуса, но остаются связанными с его стенками при помощи цитоплазматических мостиков, которые постепенно становятся все тоньше. На преднерестовой стадии развития большинство ооцитов уже отделены от стенки ацинуса, свободно находятся в его просвете. На этой стадии, при исследовании на мазке гонад под микроскопом, у ооцитов просматривается ядро. Запасные питательные вещества в яйцеклетках представлены углеводами (гликогеном), белками и липидами. На цитокариологических препаратах (препаратах ядер клеток) можно определить стадию мейоза: у мидий – это диакинез профазы мейоза I. (Мейоз – деления созревания половых клеток). До

нереста половые клетки самки остаются в фазе ооцита первого порядка с диплоидным набором хромосом – стадия метафазы первого мейотического деления.

Сперматогенез – процесс формирования мужских половых клеток. В процессе сперматогенеза различают следующие стадии: размножения, роста, созревания и формирования. В периферически расположенных сперматогониях происходят митозы. Образовавшиеся за счет серии митотических делений, сперматогонии отличаются уменьшенными размерами цитоплазмы, часто имеют два ядрышка и дают начало сперматоцитам. В результате двух мейотических делений, образуются сперматиды, которые затем превращаются в спермии. Клетки каждой последующей стадии сперматогенеза обычно располагаются все ближе к просвету ацинуса. В ацинусе гонады самца, находящегося на преднерестовой стадии, хвостовые нити сперматозоидов группируются пучками к центру. Это можно наблюдать на гистологических препаратах гонад. При изучении мазка гонады при помощи микроскопа, можно оценить степень подвижности сперматозоидов: на преднерестовой стадии сперматозоиды малоподвижны, совершают колебательные движения; на нерестовой стадии – подвижность всех сперматозоидов очень высока.

Сперматозоиды мидии, как и у всех двустворчатых моллюсков, состоят из головки и хвостика (рис. 16). Форма и размеры головки являются характерными видовыми признаками двустворчатых моллюсков. У сперматозоидов мидии *M. galloprovincialis* форма головки округлая с диаметром 5-5,5 мкм. Ядро занимает большую часть объема головки спермия. В передней части головки находится акросома. Между ядром и акросомой расположены волокнистые структуры (субакросомный стержень). Митохондрии окружают проксимальную и дистальную центриоли.

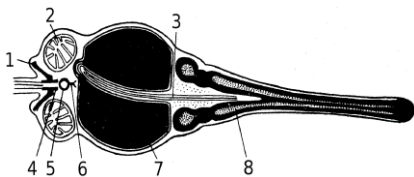


Рис. 16. Строение спермия мидии: 1 – придатки дистальной центриоли; 2 – митохондрии; 3 – субакросомный стержень; 4 – дистальная центриоль; 5 – проксимальная центриоль; 6 – придаток проксимальной центриоли; 7 – ядро; 8 – типичная акросома (по Дроздову, 1987).

Оплодотворение.

У мидий оплодотворение происходит в морской воде. Процент оплодотворенных яйцеклеток зависит от концентрации спермиев. В лабораторных условиях 100% оплодотворение яйцеклеток (без полиспермии) происходит при соотношении: 10 спермиев на 1 яйцеклетку. Полиспермия (проникновение 2 и более сперматозоидов) наблюдается только в экспериментальных условиях при высокой концентрации сперматозоидов. В результате полиспермии нарушается эмбриональное развитие. Для ее предотвращения, определяется концентрация половых продуктов и их оптимальное соотношение или через несколько минут после оплодотворения суспензию разбавляют морской водой, либо при помощи мельничного сита оплодотворенные яйцеклетки переносят в профильтрованную морскую воду. В природных условиях оптимальная концентрация половых продуктов создается при одновременном нересте мидий обоих полов и благодаря компактному поселению моллюсков.

Яйцеклетки в воде приобретают округлую форму. Они покрыты двухслойной оболочкой. Внутренняя желточная оболочка пронизана ворсинками. От их концевых участков отходят многочисленные фибриллы, которые, переплетаясь, образуют студенистую оболочку. Проникновение сперматозоида не приурочено к определенному месту яйцеклетки. Он может внедриться в любой точке поверхности. Процесс внедрения быстрый и составляет всего три минуты. На цитологических препаратах оплодотворенных яйцеклеток окрашенное ядро сперматозоида четко видно в цитоплазме яйцеклетки вплоть до завершения мейоза.

Мейоз и эмбриональное развитие.

Мидии вымётывают зрелые яйцеклетки на стадии метафазы I (рис. 17 цветной вкладыш, стр. 478). На этой стадии мейоза ядерная оболочка растворена и 14 бивалентов находятся непосредственно в цитоплазме яйцеклетки. (В кариотипе мидий – 28 хромосом).

Каждый бивалент состоит из двух хромосом, тесно соединенных по всей длине ковалентными и водородными связями, а каждая хромосома – из двух хромонем. На этой стадии мейоза яйцеклетки находятся в воде до момента оплодотворения.

После первого мейотического деления, которое продолжается только после оплодотворения, на 15-ой минуте (при температуре воды 18°C) происходит выделение первого направительного (полярного) тельца, содержащего половину хромосомного набора яйцеклетки. При помощи микроскопа (ув. 100) можно наблюдать этот процесс. Полярное тельце представляет собой маленькую клетку с конденсированным хроматином, не окруженным мембраной, а свободно контактирующим с цитоплазмой и органоидами цитоплазмы. Через 30 мин. после выделения первого направительного тельца происходит выделение второго направительного тельца строго под первым.

Второе полярное тельце образуется аналогично первому и имеет сходную морфологию, но его хроматин окружен мембранной оболочкой. Оба полярных тельца лежат под желточной оболочкой, плотно примыкая друг к другу и к поверхности яйцеклетки. В результате выделения двух полярных телец в яйцеклетке остается гаплоидный набор хромосом. При слиянии с гаплоидным набором хромосом спермия, восстанавливается диплоидный набор потомков, состоящий как из отцовского, так и материнского набора. По такой схеме (с небольшими вариациями стадий мейоза при нересте) происходит процесс деления-созревания яйцеклеток у всех двустворчатых моллюсков. Через 65 мин. после оплодотворения формируется первая полярная лопасть. Она довольно сильно обособляется от остальной массы цитоплазмы, оставаясь соединенной узкой перетяжкой. По мере формирования борозды первого деления дробления полярная лопасть сливается с одним из двух бластомеров зародыша, который становится крупным бластомером 2-х клеточной стадии. По истечении 10 мин. наблюдается первое митотическое деление. Синхронность деления очень высокая. Так, на 90-й мин. после оплодотворения было отмечено 90% 2-х клеточных эмбрионов и формирование второй полярной лопасти. Второе деление дробления начинается с выпячивания на вегетативном полюсе крупного бластомера второй полярной лопасти, а на 98 мин. следует второе митотическое деление. Важнейшая особенность дробления у видов, развивающихся с формированием полярных лопастей, заключается в отделении второго квартета микромеров, что происходит с нарушением

типичного для спирального дробления порядка. Через 2 ч 15 мин. можно наблюдать 8 бластомеров, а через 2 ч 50 мин. – 12. Все это время полярные тельца остаются соединенными с эмбриональными клетками в том месте, где произошло их выделение. Бластулу можно наблюдать примерно через 4,5 ч после оплодотворения.

Развитие личинок мидии.

В наших наблюдениях первая личиночная стадия мидии *M. galloprovincialis*, называемая стерробластулой, была отмечена через 13-15 ч после оплодотворения (рис. 18 цветной вкладыш, стр. 479). Подвижность стерробластулы обеспечивается за счет биения трех рядов ресничек и двух ресничек теменного султанчика.

У плавающих личинок продолжается деление клеток, и протекают морфогенетические процессы, главными из которых являются формирование зачатка раковинной железы и гастрюляция. Следующую личиночную стадию – трохофору можно наблюдать через 23 ч. На этой стадии происходит формирование пищеварительной системы, увеличивается объём полости тела, происходит выворачивание зачатка раковинной железы.

Кальцификация раковины начинается за счет отложения отдельных гранул минерального вещества (арагонита) в узком промежутке между органической пластинкой зачаточной раковины и цитоплазматической мембраной клеток раковинной железы. В дальнейшем развитии видно, что раковина закладывается на спине трохофоры сначала в виде целой пластинки, которая лишь позднее перегибается по срединной линии и становится двустворчатой, причем место перегиба сохраняется в виде лигамента.

На третьи сутки трохофора превращается в характерную для многих моллюсков личинку – велигер D-формы (см. рис. 18 цветной вкладыш, стр. 479).

Верхняя часть трохофоры преобразуется в покрытый длинными ресничками диск – парус (велюм), служащий для плавания. В центре этого диска находится теменная пластинка с султаном чувствительных ресничек.

Двустворчатая раковина велигера хорошо развита и покрывает все тело личинки; при плавании парус (велюм) выставляется из раковины. Раковина раннего велигера называется продиссоконх. В развитии раковины велигера выделяют две стадии: продиссоконх-I и

продиссоконх-II. Границей между ними служит линия, хорошо различимая на поверхности раковины. Поверхность продиссоконха - I гладкая, покрыта периостракумом толщиной до 0,1 мкм, поверхность продиссоконха-II имеет концентрическую исчерченность, и более толстый периостракум. Размеры продиссоконха-I: длина 80-148 мкм (средняя 116 мкм), высота – 65-130 мкм (средняя 83 мкм), длина замкового края – 71-95 мкм (средняя 82 мкм), отношение высоты к длине раковины – 0,7. Отношение длины замкового края к длине раковины – 0,8. Прямой замковый край раннего велигера без замка. По мере развития продиссоконха-II, появляется и усложняется личиночный замок. Первичный замок личинки мидии – это узкая пластинка, на которой равномерно расположены одинаковые по строению, но различающиеся по размерам зубчики: по три или четыре зубчика с каждой стороны раковины.

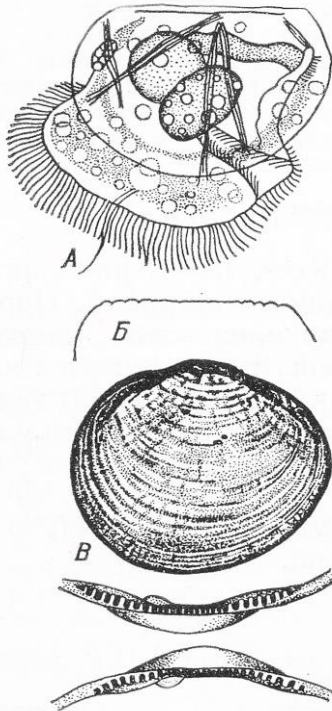


Рис. 19. Личинка велигера мидии (А); схема замкового края велигера (Б); великонха и схема строения замка великонхи (В) (по Захваткиной, 1972).

Личинка на данной стадии – прозрачная. По мере роста личинок число зубов в замке увеличивается и краевые зубы становятся значительно крупнее центральных. Главными систематическими признаками велигеров являются их размеры. Длина – наибольшее расстояние между передним и задним концами раковины, параллельное замковому краю; высота – наибольшее расстояние между замковым и брюшным краями раковины; длина замкового края – длина прямой линии в месте соединения створок; отношение высоты к длине и отношение длины замкового края к длине, а также

строение замка. Продолжительность стадии велигера у мидий, культивируемых в питомнике – до 10 сут. Следующая планктонная стадия развития мидии – великонха.

Великонха. Длина раковины 175-250 мкм. Раковина овально-треугольная, яйцевидная, равносторчатая (см. рис. 19). Замковая линия перестает быть прямой в результате развития на этом месте макушки. Раковина из плоской превращается в выпуклую. Длина раковины немного больше высоты. Макушки хорошо развиты. Концентрические линии роста широкие и глубокие, равномерно расположенные. Раковина однородно жёлтого цвета, иногда окрашены только ее края. Замок (провинкулюм) хорошо развит (см. рис. 19; рис. 20).

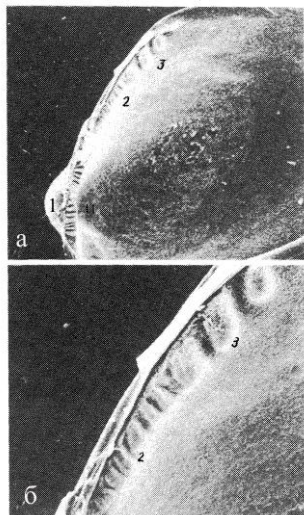


Рис. 20. Постлавральное развитие замка у *Mytilus galloprovincialis*: а – общий вид раковины (увеличение 50); б – увеличенное изображение промежуточных и ювенильных зубов (увеличение 130). 1 – провинкулюм; 2 – промежуточные зубы; 3 – ювенильные зубы (по Малахову, Медведевой, 1991).

У великонх он важный систематический признак. Замок состоит из ряда прямоугольных зубчиков, более крупных по бокам и мелких в середине. Впереди и сзади 7-8 крупных, а посередине 11-13 мелких зубчиков. Замок одинаковый на обеих створках. Овальный лигамент задний, расположен перед крупными задними зубчиками. Пигментные пятна (глаза) по мере роста увеличиваются и становятся интенсивно окрашенными.

Нога наблюдается у педивелигеров длиной раковины 290 мкм. Жаберные петли появляются у личинки при размере 278 мкм, а задний мускул-аддуктор – при 307 мкм. Печеночные дивертикулы поперечно-овальные, окрашены в жёлто-зеленый цвет. Длина и высота личинок, готовых к метаморфозу, достигает 350 и 304 мкм соответственно. Их раковина становится треугольной. Макушки хорошо выступают. В замке хорошо развиты боковые зубы.

Анатомия личинок мидии.

Край мантии велигера расщеплен на две складки: внешнюю и внутреннюю, между которыми залегает периостракальная борозда. Стенка внешней мантийной складки, прилегающая к раковине, образована секреторными эпителиальными клетками, участвующими в формировании раковины. Среди них имеются и чувствительные клетки с короткими сенсорными жгутиками, упирающимися в раковину. Периостракум формируется в периостракальной борозде, между клетками внутренней и внешней мантийных складок. Функции клеток края мантии разнообразны: построение раковины, формирование периостракума, выделение слизи и восприятие раздражений.

Анатомическое строение велигера очень близко к таковому взрослого моллюска (рис. 21).

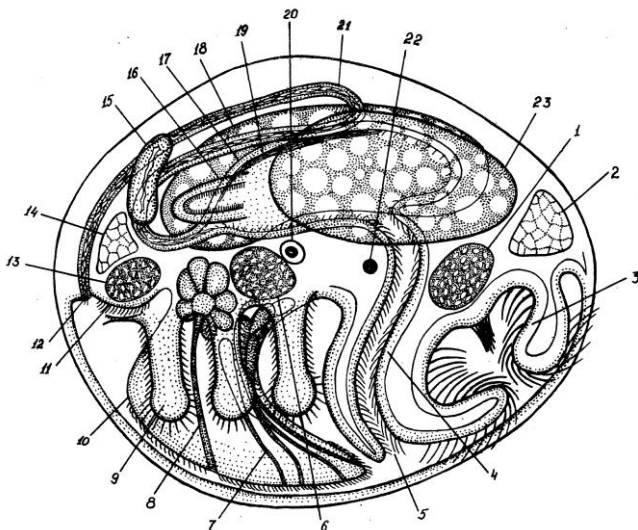


Рис. 21. Схема расположения органов педивелигера двустворчатых моллюсков: 1 – церебральные ганглии; 2 – передний аддуктор; 3 – вельюм; 4 – пищевод; 5 – рот; 6 – pedalные ганглии; 7 – слизистые и фенольные железы ноги; 8 – проток биссусной железы; 9 – зачаточные жабры; 10 – нога; 11 – осфрадий; 12 – анус; 13 – висцеральные ганглии; 14 – задний аддуктор; 15 – реноперикардальный зачаток; 16 – мешок кристаллического стебелька; 17 – желудок; 18 – левая доля печени; 19 – желудочный щит; 20 – статоцисты; 21 – тонкий кишечник; 22 – глаза; 23 – правая доля печени (по Waller, 1981).

Имеется зачаток ноги, мантия, ганглии нервной системы, желудок, печень, но органами выделения пока еще остаются протонефридии. Канальцевая клетка протонефридия содержит в цитоплазме многочисленные включения, которые представляют собой продукты обмена, удаляемые через протонефридий. Отверстия протонефридиев у велигера находятся по бокам от зачатка ноги.

Ранний велигер обладает уже развитым сократительным аппаратом. Первыми дифференцируются три пары ларвальных ретракторов (личиночные сократительные мышцы), представляющих собой мышечные пучки, прикрепленные к середине спинного края раковины и расходящиеся к переднему, среднему и заднему краям створок. Одновременно с ними, вблизи переднего края раковины, появляется передний аддуктор.

Задний аддуктор закладывается значительно позднее. Он располагается позади висцеральных ганглиев и проходит под задней кишкой.

У педивелигеров закладывается пара мышц-ретракторов ноги (рис. 22). При метаморфозе ларвальные ретракторы и мышцы, втягивающие велум, редуцируются. Передний и задний аддукторы и мышцы-ретракторы ноги дают начало мышцам молодого моллюска.

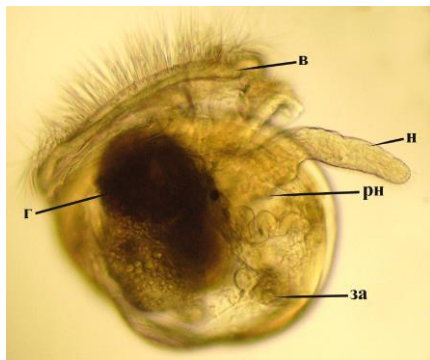


Рис. 22. Педивелигер мидии (возраст – 29 сут., длина раковины – 336 мкм): в – велум; н – нога; рн – ретрактор ноги; за – задний аддуктор; г – гепатопанкреас.

Зачатками почек и перикардия являются два комплекса клеток, располагающихся в задней части тела по обе стороны от тонкого кишечника. Зачатки почек удлинняются и превращаются в слепо замкнутые трубки. У педивелигеров они еще не соединены с внешней средой и полостью перикардия.

Соединение происходит только после метаморфоза личинок. После отделения зачатков почек, оставшиеся клетки дают начало перикардию и сердцу. Зачатки перикардия представлены парными пузырьками, образующимися из плотных комплексов клеток справа и слева от тонкой кишки. Они постепенно сближаются, охватывают тонкую кишку с боков и соприкасаются друг с другом на спинной и брюшной сторонах кишечника. Оба пузырька сливаются, и наружная стенка становится перикардием, а внутренняя – наружной стенкой сердца. Внутренняя стенка сердца образуется из мезенхимных клеток, осевших на базальную мембрану тонкой кишки.

Строение пищеварительного тракта раннего велигера имеет почти все характерные для взрослых моллюсков структуры: кристаллический стебелёк в желудке, пищеварительные и секреторные клетки в пищеварительной железе и т.д. У велигеров позади рта имеется пучок ресничек, который выполняет сенсорные функции, возможно, участвует в удалении избытков пищевых частиц и слизи. На брюшной стороне тела велигера имеется еще два участка, покрытых ресничным эпителием: один между ртом и анусом, другой позади ануса, расположенного на брюшной стороне личинки, который принимает участие в удалении экскрементов из мантийной полости. Кишечник велигера подразделяется на переднюю кишку, желудок, печеночные выросты, тонкую среднюю кишку и заднюю кишку. Передняя кишка выстлана ресничками, загоняющими пищу в желудок. На границе между передней кишкой и желудком имеется ресничная клапан, образованный спаянными между собой ресничками. Реснички, направленные внутрь желудка, препятствуют обратному выходу пищевых частиц. Как правило, уже на ранних стадиях развития появляется пигмент, окрашивающий личиночную печень в бурый или зеленоватый цвет. Печеночная ткань врастает в стенку желудочного расширения, и затем соединяется с желудком, образуя его переднюю и большую часть боковых стенок. Среди вакуолизированных клеток, участвующих во внутриклеточном переваривании пищи, расположены мелкие клетки – зачатки тканей дефинитивной (окончательно сформированной) печени.

Стенки желудка состоят из уплощенного эпителия. По мере развития на задней стенке желудка появляется слепой вырост, который представляет собой железу кристаллического стебелька.

Кристаллический стебелек вращается благодаря биению ресничек и перемешивает в желудке пищу. Задний конец желудка переходит в тонкую среднюю кишку, выстланную ресничками. Их биение обеспечивает продвижение пищи в узком просвете средней кишки.

Основная пища личинок – растительный компонент наннопланктона, состоящего из мелких микроводорослей. Максимальный рост личинок наблюдается при оптимальной концентрации микроводорослей и зависит от их видового состава.

У раннего велигера церебральный ганглий является единственным нервным ганглием личинки. Позднее закладываются педальные, висцеральные и плевральные ганглии. В отличие от церебрального, все остальные ганглии закладываются как парные органы. Образование педальных ганглиев предшествует формированию ноги.

Велигер D-формы – еще не имеет жабр. Первые признаки жабр появляются в виде пучков ресничек на внутренней поверхности мантии в задней трети части тела личинки. Впереди от этих пучков развиваются невысокие валики – зачатки будущих жаберных филламентов, покрытых короткими ресничками.

Органами чувств у велигеров является апикальный пучок ресничек и чувствительные реснички мантии (органы механорецепции); у великонхи появляются «глаза», а у педивелигера – органами чувств служат еще и реснички на ноге и статоцисты (рис. 23).

«Глаза» появляются у личинки на стадии великонхи. Они располагаются на боковых сторонах тела личинки и представляют собой пигментную чашу, заполненную студенистым веществом, выполняющим функцию линзы. В пигментную чашу входят отростки фоторецепторных клеток. Светочувствительный аппарат «глаз» представлен микровиллями, а не ресничками. «Глаза» иннервируются от церебральных ганглиев. Статоцисты (органы равновесия) появляются только у педивелигеров. Канал, связывающий полость статоциста с внешней средой, выстлан ресничками. Статоцисты иннервируются от церебральных ганглиев. В качестве хеморецепторного образования у педивелигеров служит полоска ресничных клеток, расположенных в спинной части мантийной полости.

Железистый аппарат ноги педивелигера включает большое число одноклеточных желез, различающихся по расположению, типу секрета и функции. В ноге педивелигера мидии выделяют 6 типов желез (рис. 24). Первый тип – это первичные биссусные железы, открывающиеся в карманообразные расширения каналов биссусной железы. Дополнительные биссусные железы выделяют секрет, скрепляющий нити первичного биссуса.

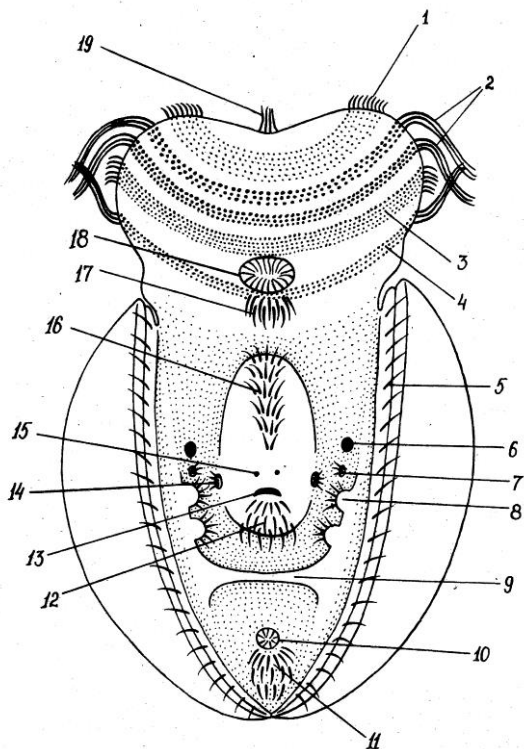


Рис. 23. Расположение ресничных структур и органов в мантийной полости педивелигера двустворчатых моллюсков: 1 – внутренний пояс локомоторных ресничек; 2 – два пояса внешних локомоторных ресничек; 3 – адоральный пояс ресничек; 4 – посторальный пояс ресничек; 5 – реснички по краю мантии; 6 – «глаза»; 7 – отверстия протонефридиев; 8 – зачатки жаберных филamentos; 9 – зачаток перегородки между эпи- и инфрабранхиальной камерами; 10 – анус; 11 – постанальный пучок ресничек; 12 – пучок ресничек на пяточной части ноги; 13 – отверстие биссусной железы; 14 – отверстия каналовстатоцистов; 15 – отверстия цементных желез; 16 – реснички на вентральной поверхности носка ноги; 17 – посторальный пучок

ресничек; 18 – рот; 19 – апикальный пучок ресничек (по Waller, 1981).

Третья группа желез – вторичные биссусные железы, выделяющие прочные коллагеновые нити вторичного биссуса. Они открываются по ходу канала биссусной железы и у его отверстия.

Четвертая группа желез – pedalные слизистые железы, открывающиеся вдоль правого и левого краев передней части ноги. Слизь, выделяемая этими железами, используется для облегчения ресничной локомоции (передвижениях) при ползании осевшего педивелигера по субстрату. Концевые прикрепленные железы выделяют секрет на самом кончике носка ноги и обеспечивают пядницеобразное движение оседающим педивелигером. При этом передний конец ноги на короткое время прикрепляется к субстрату, а сокращение продольных мышц ноги подтягивает тело педивелигера вперед. Шестой тип желез – это так называемые «фенольные железы», протоки которых открываются на вентральной поверхности ноги впереди от отверстия биссусной железы, по ходу канала биссусной железы и в карманообразные расширения канала. Секрет этих желез прикрепляет нити вторичного биссуса к субстрату, образуя специфические структуры в виде диска на конце каждой нити.

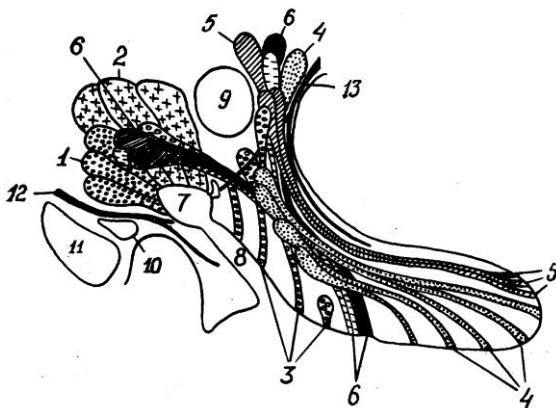


Рис. 24. Железистый аппарат ноги педивелигеров мидий: 1 – первичные биссусные железы; 2 – дополнительные биссусные железы; 3 – вторичные биссусные железы; 4 – pedalные слизистые железы; 5 – концевые прикрепительные железы; 6 – цементные железы; 7 – карманы биссусной железы; 8 – канал биссусной железы; 9 – pedalные ганглии; 10 – висцеральный ганглий; 11 – задний

аддуктор; 12 – задний ретрактор ноги; 13 – передний ретрактор ноги (по Lane, Nott, 1975).

Продолжительность пелагической (в толще воды) жизни – 3-4 недели. В экспериментальных условиях в зависимости от типов скрещивания и условий культивирования продолжительность личиночной стадии варьировала от 24 до 42 сут. При помощи газовых пузырьков и (или) прикрепляясь к поверхностной пленке

воды, личинки могут удлинять пелагическую жизнь до нескольких месяцев. После оседания на субстрат, педивелигер теряет парус и постепенно превращается в молодого моллюска. Метаморфоз закончился. У молодого моллюска формируется зачаток гонад в виде группы клеток в задней части тела около висцерального ганглия. Затем он разделяется на две группы клеток, симметрично расположенных по обеим сторонам тела, которые, разрастаясь, образуют систему ветвящихся трубочек, характерных для двустворчатых моллюсков.

Личинки мидий – массовая форма прибрежного планктона Чёрного моря. Наблюдаются два ясно выраженных возрастания их численности: в конце апреля-мае и в сентябре-октябре, а в некоторые годы – и в декабре. В самые теплые (июль-август) и холодные месяцы (январь-февраль) года встречаются единичные экземпляры личинок мидий.

Методы изучения личинок мидий.

Личинок собирают планктонной сетью (например, сетью Джели) и изучают в живом и фиксированном виде. В живом виде удастся хорошо рассмотреть внутреннее строение личинки. В качестве наркоза используют хлористый кадмий ($CdCl_2$), разбавленный в 1000 раз морской водой.

На фиксированном материале удастся рассмотреть только раковину. Для точной видовой идентификации изучают строение личиночного замка. Для этого личинок очищают от мягкого тела 1% раствором жавелевой воды, что требует особого умения быстро вскрыть раковину личинки при помощи препаровальной иглы, поскольку под действием применяемого вещества разрушается раковина. Затем препарат промывают в дистиллированной воде. Другой способ более простой и надежный: изучение раковин отмерших личинок после разложения мягких тканей. Для изучения морфологического строения отбирают пустые створки погибших личинок. При помощи препаровальных иглонок отделяют одну створку от другой. Строение замка хорошо видно при осмотре створок с внутренней стороны. Раковины вместе с водой переносят в каплю глицерина. При медленном смешивании этих двух жидкостей возникают турбулентные токи, медленно перемещающие и

поворачивающие раковины, что позволяет рассмотреть их со всех сторон.

Плодовитость мидий и размеры яйцеклеток.

Высокая плодовитость и наружное оплодотворение – один из элементов репродуктивной стратегии мидий. Под репродуктивной стратегией понимают набор адаптаций, обеспечивающих успешное размножение, в который включают размеры яиц, плодовитость, возраст достижения половой зрелости, продолжительность репродуктивного периода и уровень энергетических трат на размножение. У мидий наблюдается прямая зависимость между их размером и количеством выметанных яйцеклеток, т. е. с увеличением длины или общей массы особи индивидуальная плодовитость увеличивается. Плодовитость мидий, как и у всех двустворчатых моллюсков с наружным оплодотворением, чрезвычайно высока. Например, в зоне обитания иловой мидии в период ее массового размножения в толщу воды поступает 50-300 млн. яиц с 1 м² дна. Плодовитость зависит от места обитания мидий, сезона размножения, размеров яйцеклеток и методов подсчета.

По данным В.П. Воробьева (1938) одна самка в зависимости от размера за период нереста выметывает от 3 до 12 млн. яиц. Плодовитость, определенная О.Ю. Кудинским с соавторами (1987) методом подсчета ооцитов на серии гистологических срезов фрагментов гонад мидий (длина раковины 50 и 60 мм) составила 277 тыс. и 348 тыс. клеток.

Определенная методом многократной температурной стимуляции нереста коллекторных мидий из бухты Ласпи размерами от 25,6 до 55 мм в весенний сезон размножения, индивидуальная плодовитость самок составила соответственно 150 тыс. и 1 млн. 910 тыс. яйцеклеток. Выведено уравнение зависимости плодовитости мидий от длины раковины:

$$E = 15,85 \times L^{2,832 \pm 0,303}, (25,1 \text{ мм} \leq L \leq 55,0 \text{ мм}); r = 0,904$$

До закладки пищеварительных органов, личинки мидий ранних стадий находятся на эндогенном питании. От размеров яйцеклеток зависит количество желтка, а следовательно – выживаемость личинок на стадии стерробластулы и трохофоры. Показано, что

размеры яйцеклеток определяются температурой воды и обеспеченностью мидий пищей в период полового созревания и не зависят от длины раковины самки. Низкие значения температуры воды обуславливают задержку вителлогенеза (накопление питательных веществ в цитоплазме), определяющего конечные размеры яйцеклеток. Если период созревания яйцеклеток (оогенез) протекает в зимне-весенний сезон, то весной размеры яйцеклеток достоверно выше, чем при нересте осенью. Разница между средними размерами яйцеклеток в весенний и осенний периоды достигает более 8 мкм (соответственно 79,3 и 71,1 мкм). Размеры яйцеклеток иловых мидий, обитающих на глубине 50 м, где температура воды в течение года меняется незначительно, в весенний и осенний сезоны размножения составили около 60 мкм.

В пределах каждого сезона отмечена индивидуальная изменчивость средних размеров яйцеклеток. Так, в весенний нерестовый период диаметр яйцеклеток культивируемых мидий изменялся в пределах от 76,4 до 83,6 мкм.

Методы исследования гонад.

Мидий собирают на протяжении всего года. Пробы следует брать 1-2 раза в месяц в зависимости от скорости изменения температуры воды. Для изучения половой структуры и репродуктивного цикла отбирают друзы из верхней и нижней частей коллектора мидийной фермы или часть мидийной «щетки» со скал. Величина выборки – не менее 50 экз. Определяют стадии зрелости гонад на гистологических препаратах или на мазке гонад, надрезая гонаду при помощи скальпеля в средней части мантийного лепестка и просматривая мазок под микроскопом. Принадлежность к определенной стадии определяют по комплексу характерных признаков. В соответствии с литературными и собственными данными мы выделяем шесть стадий репродуктивного цикла, которые перекрываются и постепенно переходят одна в другую.

1 стадия – относительного покоя. После окончания нереста гонада тонкая, прозрачная, Ацинусы пустые, некоторые заполнены ооцитами периода малого роста – у самок и сперматоцитами – у самцов. Соединительная ткань максимально развита. Встречаются питательные клетки и глобулоциты (амебоциты).

2 стадия – начало гаметогенеза. Гонада слабо заполнена. В гонадах самок наблюдаются ооциты периода малого роста и незначительное количество ооцитов большого роста. В гонадах самцов – сперматоциты и сперматиды занимают почти весь ацинус.

3 стадия – активного гаметогенеза. Гонада средней наполненности, цвет типичный для половозрелых гонад. Половые клетки на всех стадиях оо- и сперматогенеза. На мазке гонад самок видны ооциты периода большого роста грушевидной формы; у самцов – уже сформированные, но еще неподвижные сперматозоиды.

4 стадия – преднерестовая. Гонада достигает своего максимального объёма, плотная, при надрезе – «текущая». У самок - ооциты периода большого роста с ядрами, округлые, свободно лежащие в просвете ацинуса. На мазке гонад у самцов – большое количество малоподвижных, совершающих колебательные движения сперматозоидов.

5 стадия – нерестовая. Гонады в состоянии нереста с разной степенью освобождения от половых продуктов. Ацинусы гонад самок заполнены круглыми ооцитами без ядер, а самцов – подвижными сперматозоидами (см. рис. 15 А, В; см. рис. 18 цветной вкладыш стр. 479).

6 стадия – посленерестовой перестройки. Гонада тонкая с островками невыметанных половых клеток. В некоторых ацинусах – резорбированные ооциты и спермии, много питательных клеток ярко оранжевого цвета и амёбоцитов. На мазке гонад видны единичные яйцеклетки или сперматозоиды (см. рис. 15 Б, Г цв. вкладыш, 478).

Обычно 6-я стадия перекрывается с 1-й стадией. Длительность отдельных стадий гаметогенеза зависит от температуры воды: каждая из первых трех стадий может продолжаться более трех месяцев; 4-я и 5-я – от 1 до 2,5 месяцев. Самая короткая, 6-я, стадия – до 1 месяца.

Результаты анализа зрелости гонад мидий представляют в виде гистограммы, показывающей ход гаметогенеза по сезонам. В схему необходимо включать сезонные изменения значений факторов среды – температуры воды, биомассы фитопланктона.

Сопоставление данных о стадиях зрелости гонад мидий и численности личинок в планктоне дает представление о начале нереста, интенсивности и сроках его окончания.

*Размножение и нерест мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. в Чёрном море. Зависимость процессов размножения от экологических факторов.*

Оседание личинок мидий на коллекторы мидийной фермы, зависит от многих факторов: изменения температуры воды, количества фитопланктона, направления и скорости течения, времени выставления коллекторов, продолжительности нахождения и глубины расположения их в морской воде и т.д. Динамика численности личинок мидий в планктоне определяется, в основном, сроками нереста мидий илового и скального биотопов. В различных районах моря сроки нереста мидий также могут не совпадать, что связано с различающимися экологическими условиями.

Массовый нерест мидий в Чёрном море повторяется два раза в год: весной и осенью, но так как репродуктивный цикл продолжается круглый год, то в любой сезон обнаруживаются особи в состоянии нереста. Массовый нерест мидий скального биотопа в различных районах моря начинается весной при повышении температуры до 8,0°C, а осенью – при снижении до 18-15,5°C. При неблагоприятных температурных условиях происходит задержка сроков созревания и нереста. Известно, что гаметогенез у мидий *M. galloprovincialis* замедляется при температуре выше 20,5°C, а рост ооцитов прекращается при температуре ниже +3,5°C. Обилие пищи способствует развитию гамет (половых клеток), а при недостатке её наблюдается подавление гаметогенеза, хотя полной остановки его не происходит. Установлено, что экологические факторы, изменяющиеся на протяжении полового цикла, воспринимаются как сигналы к нересту только особями со зрелыми гонадами.

Репродуктивный цикл мидий из различных биотопов бухты Ласпи.

Бухта Ласпи расположена восточнее Севастополя на расстоянии 30 км от него. Условия обитания мидий илового биотопа бухты Ласпи (глубина 45-50 м) характеризуются относительно стабильным температурным режимом, повышенным уровнем растворенной органики и детрита. Культивируемые мидии и мидии скального биотопа обитают в горизонте плавных сезонных и резких, вследствие сгонно-нагонных явлений, изменений температуры воды в летний и осенний периоды, сезонных изменений биомассы фитопланктона.

Различающиеся условия по-разному определяют начало и продолжительность гаметогенеза и нереста мидий, как весной, так и осенью. Условной временной границей между ними являются периоды максимальных летних и минимальных зимних значений температуры воды на поверхности бухты. Весеннему массовому нересту предшествует период осенне-зимнего гаметогенеза, продолжительность которого составляет около 2,5 месяца, осеннему нересту – летний период гаметогенеза, который продолжается от 3 до 3,5 месяцев.

В бухте Ласпи массовый нерест мидий происходит два раза в год: в весенний и осенний сезоны (рис. 25). Однако отдельные особи в нерестовом состоянии встречались и летом. В некоторые годы, после незначительного снижения нерестовой активности в октябре, при оптимальной для нереста температуре воды (8°C) в зимний период, нерест продолжался в декабре и январе.

Если температура воды зимой не опускалась ниже $6,5^{\circ}\text{C}$ и развитие фитопланктона было отмечено уже в феврале, а в начале марта биомасса водорослей превышала 600 мг/м^3 , то во второй половине месяца при повышении температуры воды до $7,5^{\circ}\text{C}$ начинался весенний массовый нерест скальных и культивируемых мидий.

Максимальное количество нерестящихся мидий отмечали в середине апреля. Большинство нерестящихся особей составляли моллюски с длиной раковины 40-59 мм. В период пика нереста общая доля нерестящихся была представлена в равной степени мидиями с длиной раковины 30-39, 40-49 и 50-59 мм, т. е. более половины особей указанных размерных классов, и 25% – 20-25 мм. В мае 5-ю стадию репродуктивного цикла проходили особи только крупных размеров (40-80 мм), другие – стадию посленерестовой перестройки и ранние стадии гаметогенеза. Летом, при температуре воды выше $20,5^{\circ}\text{C}$, наблюдался заметный спад нерестовой активности. Мидии, проходящие 5-ю стадию репродуктивного цикла, составили 10% (в основном, самцы).

Начало осеннего массового нереста скальных и культивируемых мидий было отмечено при снижении температуры воды до 17°C и совпадало с увеличением биомассы фитопланктона. Нерест начинался в сентябре-октябре и продолжался в ноябре-декабре.

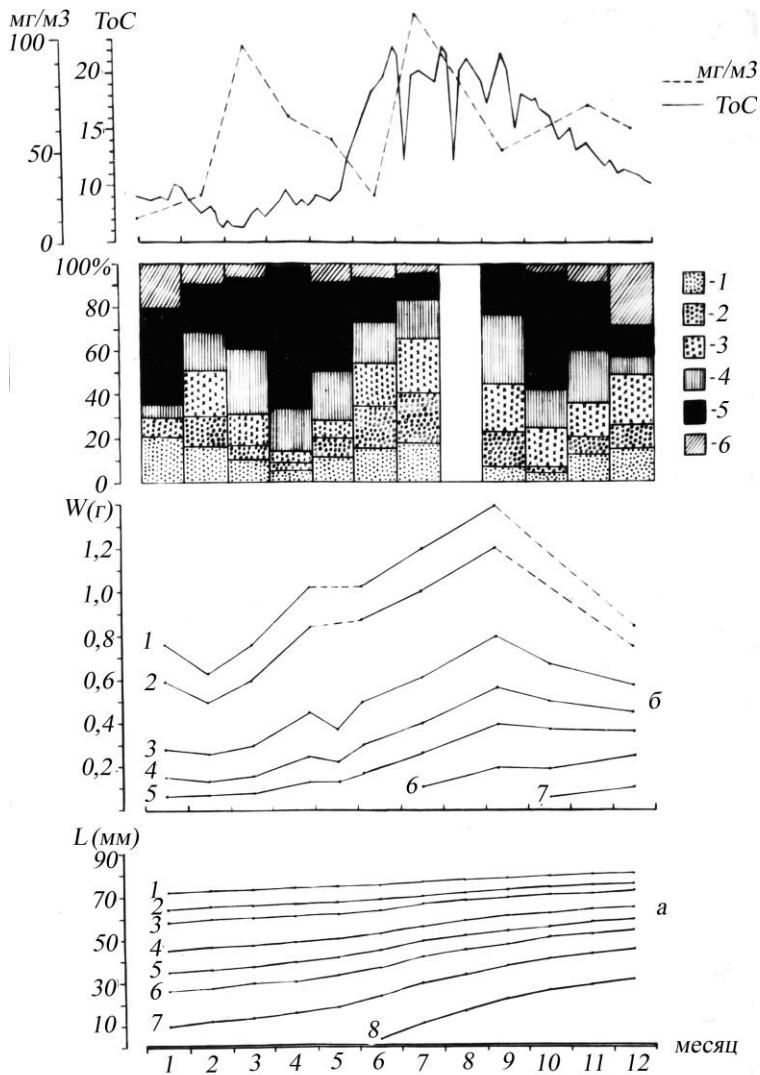


Рис. 25. Изменение температуры поверхностного слоя воды в бухте Ласпи ($T^{\circ}C$) (Shalyarin, 1990) и биомассы кормового фитопланктона (mg/m^3) (Сеничева, 1990) в 1987 г.; доля моллюсков, проходящих разные стадии репродуктивного цикла (1 – 6: стадии зрелости гонад); динамика а) – линейного роста и б) – роста массы мягких тканей культивируемых мидий разного возраста (1 – 7: возраст 3,5- 0,5 года) за 1987 год.

Осенний массовый нерест скальных мидий полностью совпал с периодом массового нереста иловых мидий. Массовый нерест мидий илового биотопа проходит при стабильной температуре: 7,7-8,3°C. Стабильными также являются солёностный и кислородный режимы.

Однако сроки начала весеннего и осеннего нереста в разные годы не совпадали. Разница составила около двух месяцев, что связано с обеспеченностью мидий кормом.

Весенний массовый нерест иловых мидий начинался в первой декаде мая или в конце июня. Максимальное количество нерестящихся особей составляло около 50%; среди них более половины (65%) особей были мидии крупных размеров (50-79 мм) и менее четверти – с длиной раковины 25-35 мм.

Рацион мидий илового биотопа состоит, в основном, из детрита и растворенного органического вещества, концентрация которых увеличивается после «цветения». В период весенней стратификации и в позднеосенний период при равномерном перемешивании воды увеличивается количество фитопланктона на данном горизонте. Следовательно, количественный и качественный состав пищи мидий нижней границы илового биоценоза, расположенной под сезонным термоклином, определяется сезонной динамикой фитопланктона верхней фотической зоны. Так как сезонная динамика фитопланктона обусловлена изменениями температуры верхних слоев воды, следовательно, изменение температуры в этом горизонте опосредовано, через развитие фитопланктона, воздействует на общий ход репродуктивного цикла мидий илового биотопа. На репродуктивное состояние мидий скального биотопа и культивируемых мидий непосредственное влияние оказывает комплекс переменных факторов среды, однако ведущим является температура, чем и объясняется в некоторые годы запаздывание сроков нереста мидий верхних горизонтов по сравнению с иловыми.

По количеству особей, проходящих нерестовую стадию, весенний массовый нерест иловых, скальных и культивируемых мидий был более представительным, поскольку значительную их долю составили первично нерестящиеся мидии размером менее 30 мм. Суммарная доля иловых мидий, проходящих 5-ю стадию репродуктивного цикла в весенний и осенний периоды, составила около 100%, что может свидетельствовать о едином в году

репродуктивном цикле у отдельных особей. В периоды пиков нереста мидий из различных биотопов, доля нерестящихся разнополых особей достоверно не различалась и была представлена в относительно равной степени разными размерными классами (за исключением первично нерестящихся особей), что указывает на синхронность прохождения нереста в поселениях. В другие месяцы процент самцов, проходящих нерестовую стадию, превышал долю самок на этой стадии, так как созревание гонад и нерест начинался раньше у самцов. Асинхронно вступали в нерест и заканчивали его мидии разных размеров.

Динамика репродуктивных циклов культивируемых мидий в бухте Ласпи.

Знание сроков нереста и оседания личинок на твёрдые поверхности (субстраты) помогают фермеру эффективнее провести сбор мидийной молоди. С другой стороны, качество мидий зависит от репродуктивного цикла: качество наилучшее перед нерестом, а наихудшее – после него. Динамика репродуктивного цикла в сильной степени зависит от климатических особенностей года, особенно температуры воды, её колебаний, состояния кормовой базы и т.д., что усложняет работу фермера. Причём, изменения, происходящие в верхнем слое воды (0-10 м), где расположены выращиваемые мидии, сильно отличаются от изменений факторов среды в районе поселений иловых мидий (40-50 м). Поэтому сроки нереста зависят и от глубины, что следует учитывать при планировании сбора спата.

У отдельных мидий, выращиваемых на мидийной ферме в б. Ласпи, был отмечен непрерывный период гаметогенеза. Даже в нерестовый период в ацинусах можно наблюдать половые клетки на ранних стадиях гаметогенеза. Различная размерно-возрастная структура поселений и асинхронность созревания половых клеток являются главными причинами растянутости гаметогенеза, которые в свою очередь обуславливают асинхронность нереста. По доминирующим процессам можно выделить период зимнего и летнего гаметогенеза, которые в зависимости от температурных условий, продолжались в разные годы от 3 до 4 месяцев, что составило более половины всего репродуктивного цикла. Посленерестовая перестройка протекает одновременно с массовым нерестом и после него параллельно с гаметогенезом. Соотношение

численности моллюсков на ранних стадиях гаметогенеза показывает, что начало периода созревания гонад самок и самцов происходит синхронно независимо от сезона. Оставаясь в целом невысокой в течение года, доля мидий, проходящих стадию относительного покоя, увеличивается после окончания массового нереста. Синхронность гаметогенеза прерывается в период созревания (3-4 стадии), что объясняется особенностями оогенеза и сперматогенеза в разные сезоны. В зимне-весенний период количество самок, проходящих стадию активного гаметогенеза (3-я стадия репродуктивного цикла), превышает количество самцов на этой стадии. Следовательно, при относительно низкой температуре воды (около 7°C) снижается интенсивность вителлогенеза (накопление питательных веществ в цитоплазме яйцеклетки). Напротив, такая температура не влияет на интенсивность сперматогенеза. Отмечено, что продолжительное влияние низкой температуры (около 6°C) тормозит оо- и сперматогенез. В результате происходит синхронизация гаметогенеза. Максимальное количество мидий, проходящих поздние стадии гаметогенеза, отмечено перед весенним массовым нерестом, а также в летний период. Так, в июне 1989 г. их доля составила около 50%. В течение июня-августа количество особей на этих стадиях практически оставалось на одном уровне, т. е. имело место замедление процессов гаметогенеза, которое обусловлено высокой температурой воды (21-25°C, июль-август).

Максимальное количество мидий, проходящих поздние стадии гаметогенеза, было отмечено после окончания весеннего и осеннего массового нереста, а также в период зимнего нереста. Кроме двух периодов массового нереста, весеннего и осеннего, в зимний период при температуре воды (7,5-8°C) также возможен нерест, который мы рассматриваем как продолжение осеннего. Так, зимний массовый нерест культивируемых мидий был отмечен в декабре и январе 1988, 1989, 1990 гг.

Сроки начала весеннего и осеннего массового нереста в разные годы не совпадали. При температуре воды около 5°C и слабом развитии фитопланктона в зимне-весенний период, весенний массовый нерест начался в конце апреля при температуре 10°C. В годы с более высокими среднемесячными температурами в зимний период массовый нерест начинался раньше на месяц или два.

Интенсивность весеннего массового нереста определяется уровнем синхронности гаметогенеза в зимне-весенний период.

В зимний период 1988 и 1989 гг. при температуре воды 7-8°C, оптимальной для гаметогенеза и нереста, отмечен слабо интенсивный асинхронный и продолжительный зимне-весенний нерест. Максимальное количество нерестящихся моллюсков не превышало 40%. Если температура воды в январе-марте не опускалась ниже 7°C, наблюдалось «размытое» начало массового нереста, он как бы продолжал осенне-зимний нерест (1989 г.). Резкие колебания температуры воды в бухте Ласпи летом, вызванные сгонно-нагонными процессами, являются природным стимулятором нереста мидий в необычные сроки. Летняя вспышка нереста культивируемых мидий была отмечена в конце июня 1988 г. при температуре воды 9,3°C (30% на 5-й стадии) и в начале июня 1989 г. при температуре 11,8°C (20% нерестящихся моллюсков). Однако, при снижении температуры воды в июне 1986 г., когда большинство моллюсков проходило ранние стадии гаметогенеза, вспышки нереста не наблюдали. Во второй половине лета при стабильно высокой температуре воды (выше 20°C) нерестовая активность мидий минимальная. Доля моллюсков, проходящих 5-ю стадию, составила в разные годы от 3 до 10% (в основном самцы). Осенний массовый нерест начинался после резкого снижения температуры воды, вызванного сгонным процессом, с последующим повышением ее до 17°C. Так, в 1989 г. после одноразового и кратковременного сгона в сентябре отмечено начало осеннего массового нереста с пиком в начале октября. В течение этого периода при температуре воды 15-17°C интенсивно развивался фитопланктон. В 1988 г. осенний массовый нерест начался в конце августа опять же после сгона и продолжался до конца сентября. Сгонно-нагонные процессы еще несколько раз повторялись в сентябре, вызывая продолжительно устойчивые понижения температуры воды до 10°C с последующим повышением до 18-20°C. Такое изменение температуры стало причиной синхронного и непродолжительного нереста.

Синхронность созревания гонад мидий зависит от размерно-возрастной структуры поселений, т. е. с увеличением возрастного разнообразия снижается синхронность созревания. В таблице 1 представлены данные о состоянии зрелости гонад мидий в трех

выборках за 31 января 1990 г. (период зимнего нереста), различающихся по размерно-возрастному составу. Высокая степень синхронности созревания гонад наблюдается у одновозрастных первично нерестящихся моллюсков: 53% особей, проходящих нерестовую стадию, и 31% – в преднерестовом состоянии. Доля мидий на других стадиях репродуктивного цикла – от 1,7 (6 стадия) до 5,8% (1 и 3 стадии).

Таблица 1. Состояние зрелости гонад (в %) культивируемых мидий разновозрастных поселений

Дата вы-тавл. кол-лек-торов	Дата отбора проб	Кол. экз.	L min-L max, мм	Гаметогенез				Не-рест	После-нерест. пере-строй-ка.
				1	2	3	4		
май 1986	31.01 1990	151	27,0-109,0	19	7	23	21	14	16
май 1988	31.01 1990	133	26,0-69,0	14	8	18	20	24	16
май 1989	31.01 1990	290	16,0-33,0	2	3	6	31	56	2
май 1989	20.05 1990	81	20,0-44,0	42	28	10	0	10	10

Таким образом, в результате анализа динамики репродуктивных циклов культивируемых мидий в бухте Ласпи были установлены следующие закономерности:

1. Продолжительное влияние низкой температуры воды (около 6,5°C) в зимний период синхронизирует оо- и сперматогенез, повышая интенсивность весеннего нереста.
2. Высокая температура воды (21-25°C) или слабое развитие фитопланктона в летний период (порядка 60 мг/м³) при оптимальном уровне других факторов среды обуславливает замедление процессов гаметогенеза.

3. Начало массового нереста совпадает с интенсивным развитием фитопланктона и приурочено к определенной температуре: весеннего – при 7,5°C, осеннего – при 17°C.
4. Продолжительность массового нереста мидий зависит от скорости повышения (весной) или снижения (осенью) температуры воды.
5. В зимний период при оптимальных температурных условиях наблюдается массовый нерест, являющийся продолжением осеннего.
6. Понижение температуры воды в летний период, как следствие сгонных явлений, вызывает вспышку нереста в необычные сроки (в основном, за счёт самцов).
7. Синхронизация нереста самок и самцов происходит в период пика нереста. Степень синхронности созревания гонад мидий наиболее высокая в одновозрастных поселениях.

Половая структура поселений мидий.

Важными характеристиками популяции являются половая структура, то есть соотношение полов в различных размерно-возрастных группах, а также возраст наступления половой зрелости.

Мидии *M. galloprovincialis* – разнополые моллюски (рис. 26 цветной вкладыш, стр.480). Встречаемость гермафродитов в поселениях мидий от 0,24 до 2,1%. Соотношение полов – равное с незначительным преобладанием самцов или самок в зависимости от места обитания. Половозрелыми культивируемые мидии в бухте Ласпи становятся в первый год жизни при длине раковины 16-24 мм. Их возраст определяется сезоном оседания. Моллюски весенней генерации нерестятся через 8 месяцев после оседания, осенней – через 11. Соотношение полов в таких поселениях примерно равное, с небольшим преобладанием самцов. В поселениях мидий на коллекторах возрастом от 0,5 до 2,5 года и от 0,5 до 4,5 года во всех возрастных группах также отмечено равное соотношение полов; гермафродитов – около 2%. В выборках мидий со скал (L: 25-72 мм) и илового биотопа (L: 30-59 мм) отмечено примерно равное соотношение полов; доля гермафродитов составила: 1,3% – у скальных и 0,9% – у иловых.

В поселениях коллекторных мидий бухт Казачья и Стрелецкая (р-н г. Севастополя) по данным за 2004 и 2005 гг. – достоверное

преобладание самцов: 1♀: 1,9♂♂ (объем выборки 234 экз.) и 1♀♀: 1,6♂♂ (объем выборки 410 экз.) соответственно. Доля гермафродитов составила 1,8%. Известно, что преобладание самцов во всех размерно-возрастных группах или маскулинизация поселений моллюсков с лабильным определением пола, может происходить под воздействием загрязняющих химических веществ, растворенных в воде.

Изменение концентрации половых гормонов, вырабатываемых цереброплевральными ганглиями под влиянием химических загрязнений, влияет на реализацию пола ювенильных (неполовозрелых) особей. Если в течение нескольких лет загрязняющие вещества постоянно поступают в бухту, то все новые генерации моллюсков, будут реализовывать пол преимущественно как мужской. Соотношение самок и самцов в поселениях мидий может быть индикатором чистоты воды и пригодности акватории для культивирования.

Во всех исследуемых поселениях мидий обнаружены два типа гермафродитов: функциональный, когда созревание половых продуктов и вымет яйцеклеток и спермиев происходит одновременно (см. рис. 26 цв. вкладыш, стр. 480) и последовательный (или асинхронный), когда созревание гамет в гонаде одной особи происходит не одновременно. Например, часть мужской гонады находится на нерестовой стадии, а часть женской – на стадии активного гаметогенеза, что можно наблюдать при микроскопическом исследовании. Такая мидия может нереститься последовательно в один и тот же сезон сначала как самец, а затем – как гермафродит. Гонада гермафродита может быть двухцветной, мозаичной, например розовой и желтой (или белой); в зависимости от распределения ацинусов с яйцеклетками и сперматозоидами. Предполагается, что у функциональных гермафродитов пол определяется многими диаллельными генами, и все особи несут в разных сочетаниях как мужские, так и женские детерминирующие факторы. Пол реализуется в зависимости от преобладания одного из факторов. Помимо наиболее распространенного способа описания полового цикла моллюсков с использованием шкал зрелости гонад, применяют количественные методы исследования: взвешивание мягких тканей мидий с одновременным определением стадий

зрелости. Поскольку вес мидий одного и того же размера в течение нерестового периода уменьшается до 40%, изучение репродуктивного цикла мидий представляет практический интерес для морских фермеров. Этот вопрос также связан с изучением закономерностей роста мидий.

Рост мидий.

Знание закономерностей темпов роста мидий необходимо для выбора оптимальной акватории для фермы, а также для прогноза объёма и сроков урожая; определения производительности фермы, оценки состояния выращиваемых моллюсков и т.д. Рост определяется как изменение во времени размеров или веса мидии. Приведенные ниже методические приёмы, применяемые при изучении роста моллюсков, будут полезны фермерам, желающим проводить на ферме исследования, важные для целей оптимизации биотехники выращивания. Этими методами должны овладеть студенты, изучающие аквакультуру.

Различают живой (или общий), сырой и сухой вес моллюсков. Живой вес – вес живого (не вскрытого) моллюска. Он может значительно изменяться даже у одной особи за счет разного количества межстворчатой жидкости, оставшейся в мантийной полости. Чем дольше мидия находится на воздухе, тем меньше остается жидкости в мантийной полости и соответственно уменьшается её вес. Перед определением живого веса, мидий подсушивают на фильтровальной бумаге до исчезновения мокрых пятен и индивидуально взвешивают на весах (до 0,01 г). Затем каждого моллюска вскрывают при помощи скальпеля. После вскрытия удаляют мантийную жидкость и промокают фильтровальной бумагой. Вновь взвешивают. Так определяют сырой вес мидий. Скальпелем удаляют тело из раковины. Раковину обсушивают и взвешивают. Кроме этого, необходимо знать массу мягких тканей моллюска (мяса) и мантийной жидкости. Абсолютную величину массы тела получают вычитанием массы раковины из массы вскрытого и подсушенного моллюска, а массу мантийной жидкости – вычитанием массы вскрытого и подсушенного моллюска из общей массы, определенной до вскрытия мидии. Измерив и определив абсолютную величину массы различных частей тела моллюска (раковины, мягких тканей и мантийной жидкости),

желательно выразить их в процентах. Это позволит осуществить более полный анализ изменчивости данных признаков как внутри одного поселения, так и между поселениями из разных мест обитания.

Сухой вес – постоянный вес полностью обезвоженного моллюска. Для определения сухого веса мягкие ткани мидий и раковину помещают в бюксы и высушивают до постоянного веса при температуре 65°C; взвешивают на аналитических весах.

Сезонные изменения массы коллекторных мидий (рис. 27).

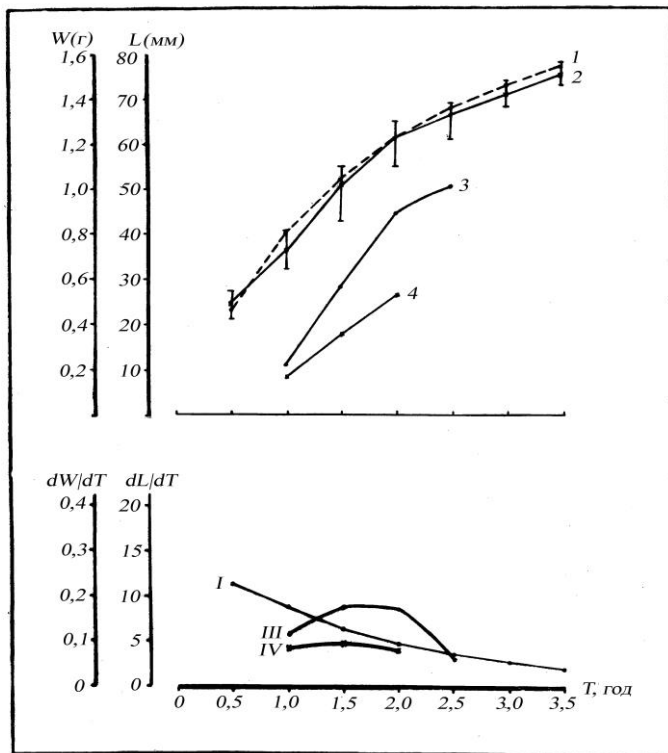


Рис. 27. Линейный рост: 1 – определен теоретически; 2 – фактический рост массы тела; 3 – у мидий перед нерестом; 4 – проходящих стадию посленерестовой перестройки; I – темп линейного роста; II – темп весового роста мягких тканей культивируемых мидий, проходящих преднерестовую стадию; IV – темп весового роста мягких тканей культивируемых мидий на стадии посленерестовой перестройки.

Величина массы мягких тканей мидий зависит от состояния зрелости гонад: она максимальна в преднерестовый период и в начале массового нереста (январь, апрель, сентябрь, октябрь) при оптимальной температуре воды и биомассе фитопланктона. Рост массы мидий в летний период обусловлен интенсивностью процессов гаметогенеза и соматического роста. Указанные сроки можно рекомендовать для сбора мидий с максимальным содержанием мяса, о чём подробнее говорится в разделе о технологии выращивания. Средние значения массы моллюсков зависят от длины раковины. Между длиной и массой мидии существует связь, описываемая уравнением:

$$W = a \cdot L^b,$$

где W – масса моллюска, г; L – длина, мм; a и b – коэффициенты, определенные по методу наименьших квадратов.

В качестве примера приводим таблицу, в которой представлены параметры зависимости сухой массы мягких тканей культивируемых мидий в бухте Ласпи от длины раковины (табл. 2).

Для определения продукции мидий наиболее часто оперируют абсолютными значениями сырой массы тела моллюсков.

Таблица 2. Параметры зависимости: $W = a \cdot L^b$

Дата	L_{\min} - L_{\max} , мм	Ср. зн. L , мм	Ср.зн. W , г	a	b доверит. интервал	n , экз.
14.01	20,9- 70,8	45,4	0,3719	$0,821 \cdot 10^{-5}$	2,754 2,709-2,799	123
17.02	20,8- 73,3	46,0	0,3199	$0,111 \cdot 10^{-4}$	2,622 2,577-2,666	144
19.03	21,2- 75,9	47,6	0,3964	$0,455 \cdot 10^{-5}$	2,876 2,831-2,920	149
29.04	18,6- 75,9	46,5	0,5385	$0,687 \cdot 10^{-5}$	2,853 2,809-2,897	149
14.05	19,3- 73,4	47,0	0,3775	$0,112 \cdot 10^{-4}$	2,665 2,631-2,690	149

Продолжение таблицы 2

04.06	23,0- 74,3	48,1	0,5569	$0,506 \cdot 10^{-5}$	2,910 2,858-2,980	143
15.07	20,2- 73,8	46,7	0,5416	$0,540 \cdot 10^{-5}$	2,901 2,821-2,909	150
08.09	21,1- 76,5	47,1	0,5354	$0,559 \cdot 10^{-5}$	2,915 2,819-3,001	146
12.10	21,1- 68,0	49,0	0,4841	$0,450 \cdot 10^{-5}$	2,893 2,786-3,000	167
16.12	14,9- 83,7	48,4	0,3247	$0,207 \cdot 10^{-4}$	2,462 2,414-2,499	169

Поскольку биомасса мидий на коллекторах фермы состоит из моллюсков разных размеров, в качестве примера приводим таблицу, в которой представлено изменение массы моллюсков в течение года (табл. 3).

Таблица 3. Динамика сырой массы мягких тканей (W, г) мидий, культивируемых в бухте Ласпи

L, мм	Месяцы									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	IX	X	XII
25	0,39	0,34	0,32	0,45	0,40	0,41	0,41	0,44	0,33	0,38
30	0,64	0,55	0,54	0,75	0,65	0,69	0,69	0,75	0,56	0,60
35	0,98	0,83	0,84	1,16	0,97	1,08	1,09	1,18	0,88	0,87
40	1,48	1,17	1,23	1,70	1,39	1,60	1,60	1,74	1,29	1,21
45	1,96	1,60	1,72	2,38	1,90	2,26	2,25	2,46	1,82	1,62
50	2,61	2,11	2,33	3,22	2,52	3,07	3,06	3,34	2,47	2,10
55	3,40	2,71	3,07	4,23	3,24	4,06	4,03	4,41	3,25	2,66
60	4,31	3,40	3,94	5,42	4,09	5,22	5,18	5,68	4,18	3,29
65	5,38	4,19	4,96	6,81	5,06	6,60	3,54	7,18	5,27	4,01
70	6,60	5,09	6,14	8,41	6,17	8,20	8,11	8,91	6,53	4,81

Точное определение массы гонад мидий невозможно из-за их тесной связи с тканями висцерального комплекса. Однако определение сухой массы мягких тканей с учётом стадий зрелости гонад позволяет судить об этих изменениях.

У мидий, проходящих стадию относительного покоя (1 стадия), сухая масса мягких тканей значительно ниже, чем у особей того же размера, но на преднерестовой стадии. Для моллюсков с длиной раковины 50 мм эти значения составляют 0,2572 и 0,5261г – для весеннего нерестового периода и 0,2677 и 0,5848 г – для осеннего. Потеря массы моллюсков во время нерестового периода, связанная с выметом половых продуктов и энергетическими затратами на процесс размножения, выражается разностью между сухой массой одноразмерных мидий, проходящих преднерестовую стадию и стадию посленерестовой перестройки.

С увеличением размера мидий относительные потери массы в период нереста возрастают. Для мидий с длиной раковины 40 и 60 мм эти величины составляют 0,0784 и 0,3401 г или 26,4 и 40,5% соответственно от их массы до нереста.

Содержание сухого вещества в сыром зависит от состояния зрелости гонад мидий: на преднерестовой стадии – 19%; на стадии относительного покоя – 15%. Для удобства расчётов, в качестве примера, приводим таблицу параметров зависимости сырой массы от длины раковины мидий, проходящих разные стадии репродуктивного цикла в весенний сезон (табл. 4).

Коэффициент корреляции веса и длины мидии составил 0,803 и 0,936 соответственно для стадии посленерестовой перестройки и нерестовой стадии.

Прирост массы мидий – показатель физиологического состояния, отражающего влияние сезонных изменений экологических факторов. Для выделения наиболее существенного фактора, влияющего на рост массы мидий весенней генерации, определены коэффициенты множественной корреляции сухой массы мидий (с учетом их линейного роста), среднемесячной температуры воды в бухте Ласпи и биомассы фитопланктона (табл. 5).

Совокупный коэффициент корреляции массы мягких тканей и двух экологических факторов равен: $r_{(wtm)} = 0,958$, что указывает на зависимость массы тела мидий (следовательно, и репродуктивного состояния) от динамики температуры и биомассы фитопланктона.

Таблица 4. Параметры зависимости: $W = a \cdot L^b$ с учетом стадий зрелости гонад мидий

Стадии зрел. гонад	L min- L max, мм	Сред. знач. L, мм	Сред. знач. W, г	a	b доверит. интервал	n экз.
1	20,0-62,5	28,7	0,48	$0,128 \cdot 10^{-3}$	2,428 2,355-2,500	35
2	20,4-73,1	36,7	1,25	$0,148 \cdot 10^{-3}$	2,434 2,356-2,512	44
3	21,2-73,9	49,4	2,90	$0,107 \cdot 10^{-3}$	2,579 2,544-2,616	83
4	25,8-75,9	54,8	3,94	$0,101 \cdot 10^{-3}$	2,611 2,581-2,641	91
5	29,8-75,9	52,1	3,78	$0,837 \cdot 10^{-4}$	2,655 2,616-2,689	87
6	33,0-61,0	44,4	1,78	$0,425 \cdot 10^{-3}$	2,177 2,062-2,291	18

Таблица 5. Исходные данные для расчётов коэффициентов множественной корреляции

Дата отбора проб	Сухая масса, W, г	Температура, T°C (Shaljapin, 1990)	Биомасса фитопланктона, мг/м ³ (Сеничева, 1990)
17.02	0,1460	8,3	0,0213
19.03	0,1744	6,7	0,0304
29.04	0,2544	7,8	0,0647
14.05	0,2051	8,6	0,0421
04.06	0,3117	10,7	0,0972
17.07	0,3999	17,7	0,1599
08.09	0,5692	19,0	0,3240
12.10	0,4548	17,8	0,2068
16.12	0,3869	12,9	0,1497

Промеры раковин мидий.

Существуют три стандартных измерения: высота – расстояние по перпендикуляру к продольной оси раковины от макушки до наиболее выступающей точки брюшного края, длина – расстояние по продольной оси раковины между наиболее удаленными друг от друга точками переднего и заднего краев и выпуклость (или толщина) – расстояние между наиболее удаленными боковыми точками (рис. 28; 29; 30).



Рис. 28. Измерение высоты раковины мидии при помощи штангенциркуля.

Чаще на пустых раковинах измеряют выпуклость одной створки, которая у мидий составляет половину выпуклости всей раковины.

Кроме стандартных промеров может быть предложено много других, например угловых, применяемых для определения видовой принадлежности моллюсков.



Рис. 29. Измерение длины раковины мидии.

Крупные раковины измеряют штангенциркулем. У более мелких это проще делать с помощью окуляр-микрометра и микроскопа, например МБС - 9.

Кроме линейных и угловых измерений нередко определяют весовые характеристики. В зависимости от размеров, моллюсков взвешивают на технических, торсионных или аналитических весах. Важно иметь точное представление о массе жидкости, находящейся внутри мантийной полости. Для этого раковину приходится открывать, вынимать тело моллюска и обсушивать его фильтровальной бумагой. Иногда требуется знать и воздушно-сухую

массу мягкого тела, которую определяют после высушивания до постоянного сухого веса в сушильном шкафу при температуре 65°C.

Рис. 30. Измерение толщины раковины мидии.



На основании полученных промеров составляют размерные соотношения – индексы (например, отношение высоты к длине). Определение индексов соотношения высоты и ширины позволяет характеризовать направленность формообразования раковины

моллюсков в тех или иных условиях среды обитания. Индексы пригодны только в том случае (или только для тех размеров), когда связь между входящими в него промерами прямолинейна. Для проверки характера связи строят график зависимости изучаемых величин друг от друга и определяют наличие прямолинейного участка. В некоторых случаях при криволинейной связи сравниваемых промеров (т.е. при положительной или отрицательной аллометрии) можно использовать не сами промеры, а их логарифмы, которые связаны прямолинейно.

Исследователи определяют также величину разности между высотой и шириной раковины, которая может свидетельствовать о направленности формообразования. Экспериментально показано, что в условиях повышенного течения у моллюсков формируется раковина с высотой больше её ширины. При замедленном течении преобладают моллюски, у которых высота раковины меньше ширины.

При изучении линейного (L) и весового (W) роста моллюсков используют следующие методы:

- Наблюдения в эксперименте – в садках, выставленных в местах естественного обитания мидий, на ферме или в лабораторных условиях.
- Наблюдения в естественных условиях обитания по измерениям меченных моллюсков.
- Методы, основанные на определении прироста по фиксированным возрастным признакам, анализе размерно-

возрастной структуры поселений. Этот метод наиболее часто применяют при исследовании поселений мидий на коллекторах.

Все указанные методы могут быть применены и для определения возраста моллюсков. Для определения прироста и возраста наиболее часто используются так называемые годовые кольца роста, формирующиеся на внешней поверхности раковины. С увеличением возраста, когда темп роста моллюсков замедляется, кольца становятся трудно различимыми. У мидий формирование наружных колец связано с замедлением или полной приостановкой роста раковины при низких значениях температуры в зимний период. В некоторых условиях (нерест, неблагоприятные условия среды) могут возникать дополнительные кольца, но они выражены менее четко, чем сезонные. Возможно формирование и летних колец, образование которых обусловлено повышением температуры воды летом, превышающим оптимальные значения. Скорость и особенности роста мидий могут быть определены в результате анализа динамики размерной структуры поселений, в частности, изучая гистограммы частотно-размерного распределения. Однако, растянутый во времени нерест осложняет выделение возрастных групп.

По методике, разработанной В.Н. Золотаревым (1989), у мидий удаётся надёжно выделить годовые линии роста при исследовании внутреннего строения раковины. Внутреннюю структуру раковины изучают на специально изготовленных срезах, идущих от середины макушки к краю раковины. Сезонные зоны роста отличаются по окраске. В течение года у мидий может формироваться по одной светло - и темноокрашенной зоне. Первая характеризует зимний прирост раковины, вторая – летний. По этому методу возраст каждой мидии можно определить с точностью до 0,5 года.

Математическая модель роста мидий.

Линейный рост моллюсков в онтогенезе при известной размерно-возрастной структуре поселений можно представить, используя линейную модификацию модели роста Бергаланфи – уравнение Форда – Уолфорда:

$$L_t = L_{\infty} \cdot (1 - e^{-kt}).$$

Параметры данного уравнения находят графическим способом. В результате анализа размерно-частотных распределений мидий в

течение года, получают их модальные размеры в различных возрастных группах (табл. 6).

Таблица 6. Размерно-возрастная структура коллекторных мидий

Дата отбора проб	Возраст, годы						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
16.01.87	26,1	36,4	50,1	62,0	67,5	-	-
17.02	23,3	32,9	51,2	63,6	69,1	72,0	-
19.03	24,0	34,7	51,5	61,3	66,3	70,3	-
29.04	21,8	35,9	49,8	61,2	68,4	71,9	-
14.05	24,9	36,5	51,4	-	-	-	-
04.06	27,4	36,6	53,4	61,2	66,3	70,5	-
15.07	22,7	36,8	52,0	61,4	67,2	72,0	-
08.09	23,8	37,1	51,0	60,9	68,0	71,4	-
12.10	-	-	55,4	64,6	-	-	-
16.12	24,3	39,3	53,2	63,8	-	73,5	78,0
05.01.88	25,3	32,5	43,1	54,6	60,5	67,9	72,5
Среднее значение, мм	24,4	35,8	51,1	61,5	66,7	71,1	75,6

Для построения графика на оси абсцисс откладывали средний размер мидий в возрасте t , на оси ординат – в возрасте $t+1$ (рис. 31). Данные точки расположились на одной прямой. Место пересечения линии с биссектрисой прямого угла определяет теоретически максимальный размер особей в поселении. На рисунке линия пересекает биссектрису на уровне 87,5 мм. Угол наклона ($\alpha = 29^\circ$) позволяет оценить константу роста:

$$k = \lg \operatorname{tg} \alpha / \lg e,$$

где: $\operatorname{tg} \alpha$ – тангенс угла наклона прямой, который равен 0,55, тогда:

$$k = \lg 0,55 / 0,43 = 0,605.$$

Получаем зависимость:

$$L_t = 87,5 \cdot (1 - e^{-0,605t}); (0,5 \leq t, \text{ годы} \leq 3,5)$$

По этим параметрам рассчитываем теоретически ожидаемые модальные размеры культивируемых мидий.

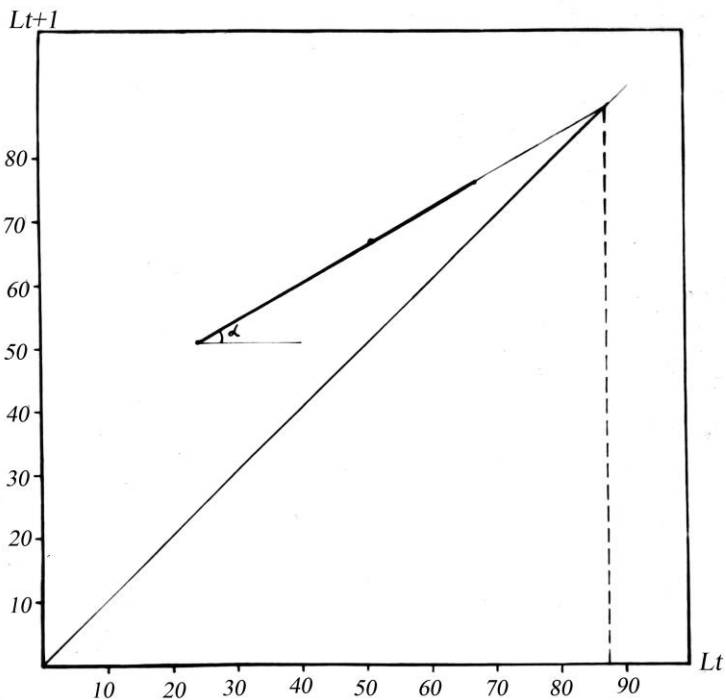


Рис. 31. Графическое определение значений параметров уравнения Бергаланфи.

Для младших возрастных групп теоретически ожидаемые размеры мидий несколько занижены по сравнению с практически полученными и превышают последние для старших возрастных групп. Наблюдаемые различия связаны с растянутостью сроков оседания личинок и с большей вероятностью опадания с коллекторов особей крупных размеров, а также с точностью определения возраста мидий до 0,5 года. Однако, теоретически ожидаемые модальные размеры всех возрастов не выходят за границы вариации размеров. Сохраняется закономерность роста: с увеличением возраста линейный рост замедляется. Следовательно, приведенная формула

применима для определения длины раковины культивируемых мидий возраста от 0,5 до 3,5 года.

Используя значения модальных размеров, полученных на основе эмпирических данных соответствующих определенному возрасту, можно восстановить среднемесячный темп роста мидий за исследуемый период. При среднем размере мидий возраста 0,5 года – 24,4 мм, моллюски росли в среднем 4 мм/мес. После достижения половозрелости темп роста мидий замедлялся и в следующем году прирост составил 2 мм/мес. У мидий возрастом от 1,5 до 2 лет он был несколько ниже – 1,7 мм/мес. Линейный рост у 2,5-3,5 летних мидий составил 0,58 мм/мес.

Первый нерест культивируемых мидий наблюдался при средних значениях длины раковины – 24,5 мм. Сроки достижения моллюсками указанного размера зависят от сезона оседания. Мидии весенней генерации достигли данного размера в ноябре, т.е. за 8 месяцев, осенней генерации – в июне за 10 месяцев. Мидии, осевшие летом, были готовы к нересту в январе следующего года, т.е. через 8 месяцев; моллюски зимнего оседания достигли половозрелости в сентябре того же года, что объясняется различающимися условиями начала роста. Высокая температура воды и биомасса фитопланктона в поздне-весенний и летне-осенний период способствовали интенсивному росту моллюсков, осевших весной и летом. Однако, средние размеры годовиков разных генераций составляют 36 мм, поскольку впоследствии происходит замедление темпа роста в осенний и зимний периоды.

Сроки достижения моллюсками товарного размера также зависели от экологических факторов и сезона оседания. Мидии, осевшие весной и летом, достигли товарного размера (50 мм) соответственно в сентябре и ноябре следующего года, т.е. за 17 мес. выращивания. Мидии осенней генерации – за 19-20 мес.

Для моделирования роста культивируемых мидий в сезонном аспекте применена следующая формула:

$$L_t = L_{\infty} \cdot \{1 - e^{-k' (D - D_0)}\},$$

где: $k' (D - D_0)$ – температурная поправка к уравнению; $D_0 = 742$; $k' = k/D_y$. Величина $D_y = 4834,9$, тогда $k' = 0,605 / 4834,9 = 1,25 \cdot 10^{-4}$.

Значения D определены как сумма градусодней в онтогенезе, т.е., начиная с середины периода массового нереста до анализируемого момента. Формулу записываем в окончательном виде:

$$L_t = 87,5 \cdot \{1 - e^{-1,25 \cdot 10^{-4} (D-742)}\}$$

Анализ сезонного роста мидий в течение года показал, что наиболее интенсивный рост был в июне-июле и составил от 16 до 28% годового прироста соответственно для 3-х летних особей и сеголеток или в абсолютных значениях: 1,2 и 7,7 мм. Минимальный темп роста мидий приходится на февраль и март – около 4-5% годового или 0,4-1,5 мм. Суммарные значения прироста за май-август составили от 55% (3,6 мм) до 67% (18,3 мм) годового соответственно для 3-х летних особей и сеголеток.

Фильтрация воды, питание и дыхание.

Мидии и устрицы, будучи организмами-фильтраторами, добывают себе корм и кислород профильтровывая морскую воду. Процесс фильтрации, особенно большими скоплениями мидий, крупных фермерских хозяйств, важен и с экологической и геохимической точек зрения, поэтому специалисты скрупулёзно изучают особенности фильтрации. Но изучение процесса фильтрации моллюсков осложняется методическими трудностями и, следовательно, высокой вероятностью получения ошибочных результатов (артефактов). Например, скорость фильтрации, определяемая как объём воды, полностью очищаемый от частиц в единицу времени, нередко принимают за скорость прокачивания воды, которая равна объёму воды, прошедшей через жабры в единицу времени. В действительности скорость фильтрации равна скорости прокачивания только в случае, когда все поступающие частицы улавливаются жабрами, а вода, прошедшая через фильтрационный аппарат, не поступает вновь во входной сифон мидии. Поэтому нельзя изучать фильтрацию воды мидией, посадив её в изолированный сосуд с водой. Мидия должна находиться в специальной проточной камере с установленным протоком воды, не образующим завихрений и возвратов в объёме камеры.

Скорость фильтрации зависит от площади жабр, а значит и от размеров мидий. По нашим расчётам мидии экспериментальной

плантации площадью 0,5 га в начале наблюдений воду фильтровали со скоростью 725 м³ в сутки, а через 15 месяцев выращивания эта скорость возросла в 100 раз и достигла 73025 м³ в сутки, что почти вдвое превышает объём, занимаемый фермой.

Установлено, что ни время суток, ни приливные ритмы не влияют на скорость фильтрации. Но скорость фильтрации понижается в периоды низких концентраций фитопланктона, что снижает бесполезные энергозатраты, направленные на извлечение корма из обеднённой кормом воды.

Мидии очень чувствительны к малейшим химическим нарушениям в среде, отвечая на такие изменения резким замедлением фильтрации, либо полным её прекращением и закрыванием створок. Такая реакция мидий легла в основу разработок приборов и чувствительных датчиков, регистрирующих появление загрязнений в морской воде. В одном приборе помещают по 10-20 мидий с тем, чтобы прибор регистрировал их усреднённую реакцию, что повышает надёжность прибора.

Существенным фактором, влияющим на скорость фильтрации, является температура воды. Скорость фильтрации растёт при повышении температуры от 7 до 18°C, а затем резко снижается, что может свидетельствовать о температурном оптимуме для протекания жизненных процессов, равном 17-18°C.

Питание.

По результатам анализа содержимого желудков установлено, что пищевой спектр мидий близок к составу фитопланктона (одноклеточных водорослей) в месте их обитания. Тем не менее, мидии способны, отбирать наиболее приемлемый для них корм (мелкие перидиниевые и золотистые водоросли) и отбрасывать ненужные частички: минеральную взвесь и крупные клетки диатомовых водорослей. Мидии потребляют не только живые микроводоросли, но и взвешенное органическое вещество (детрит) с населяющими его микроорганизмами. В летнее время необходимые белки и углеводы поступают в организм мидий из микроводорослей, а зимой – в основном из детрита.

В пищевом спектре мидий, кроме микроводорослей, обнаружены бактерии, инфузории, личинки морских животных, детрит.

Скорость потребления корма и фильтрации, максимальна при 17°C и концентрации корма 2 мг/л.

Усвояемость корма мидиями зависит от вида корма и находится в пределах 70-80%. Таким образом, $\frac{3}{4}$ массы съеденного корма усваивается и используется организмом в процессе дыхания для извлечения энергии (энергетический обмен), а также для построения тела и для создания генеративных продуктов, необходимых для размножения (пластический обмен). Съеденная, но непереваренная пища выделяется в виде фекалий из кишечника и попадает в выводной сифон, а затем выбрасывается наружу. Взвешенные частички, не имеющие пищевой ценности, либо избыточный корм, не поступают в пищеварительную систему. Из них формируются жгуты или, так называемые псевдофекалии, которые выводятся из организма. Фекалии и псевдофекалии могут задерживаться на мидийных коллекторах и накапливаться на дне, образуя мидиевые илы, которые называют также биоотложениями.

Мидии и устрицы как растительноядные организмы, являются высокоэффективными преобразователями первичной (созданной растениями) продукции в животные белки. Благодаря очень короткой пищевой цепи (растения – растительноядные), рассеяние энергии, заключённой в растительной массе, сводится к минимуму в процессах трансформации пищи. А экономное преобразование растительной массы в животную, позволяет создавать на ограниченной площади большие запасы животной массы, т.е. получать высокие урожаи.

Дыхание (энергетический обмен).

Растение, как известно, для синтеза органического вещества (углеводов) используют углекислый газ, воду и солнечную энергию и выделяет свободный кислород. В организме животного, наоборот: для разложения органического вещества потребляется кислород и, при этом, выделяется энергия, углекислый газ и вода. Но мидии могут дышать не только свободным кислородом. В бескислородной среде они способны переходить на гликолиз (извлекать энергию, расщепляя молекулы глюкозы) и не задыхаться при сомкнутых створках. А это означает, что живых мидий можно хранить определённое время и вне воды.

Дыхание, т.е. насыщение крови кислородом и выделение из неё CO_2 , осуществляется, главным образом в жабрах, строение которых подробно описано выше. Интенсивность дыхания, точнее потребления кислорода, зависит от физиологического состояния мидий, которое определяется сезоном года и такими факторами среды как температура воды, концентрация корма, солёность воды, концентрация кислорода, положение мидии в друзе, а также размерами мидии и её возрастом. Молодые мидии, достигшие веса старых мидий, потребляют кислород интенсивнее старых мидий того же размера.

1.2.3. Экология мидий

Описание экологии мидий, а точнее, их взаимоотношений с внешней средой, в данном разделе ограничивается перечислением с (указанием оптимальных значений) наиболее существенных факторов, оказывающих влияние на жизнедеятельность взрослых животных. Влияние факторов среды на рост и развитие личинок обсуждаются в разделах, описывающих получение спата в питомнике и сбор его в море.

Влияние одного из числа наиболее сильно действующих факторов – температуры морской воды, изучать не так просто, как это может показаться на первый взгляд. Действительно, температура воды тесно связана с сезонностью, но с сезонностью связана и физиологическая активность мидий. Кроме этого, кормовая база также зависит от сезонов: она наиболее богата весной и осенью. В такой ситуации очень трудно определить чистое влияние одного из факторов, например температуры.

Установлено, что соматический рост (рост тела, но не гонад!) наиболее интенсивно протекает осенью (17°C), а также весной (15°C) и летом при более высокой температуре (22°C), но когда генеративный рост полностью отсутствует. Экспериментально установлено, что темпы роста мидий возрастают при увеличении температуры в интервале от 3 до 20°C , а при дальнейшем повышении температуры, рост резко замедляется. Сотрудниками нашего института установлено, что темп роста достигает максимума при $12-17^\circ\text{C}$, а скорость фильтрации и питания – при $15-18^\circ\text{C}$. Таким

образом, оптимальный диапазон температуры при выращивании мидий: 12-18°C.

Другой важный экологический фактор, способный ограничивать рост мидий – состояние кормовой базы, прежде всего качественный и количественный состав фитопланктона. Лимитирование роста мидий кормом возможно, особенно летом и зимой при выращивании мидий у открытых берегов Крыма. В северо-западной части Чёрного моря лимитирование роста нехваткой корма менее вероятно, но там возможна гибель моллюсков от кислородных заморов, случающихся на высокопродуктивных акваториях. Фермеру следует избегать акваторий, где слишком высокая продуктивность вод, благоприятствующая образованию больших концентраций фитопланктона, особенно не ценного в кормовом отношении. В бедных водах, при недостатке корма, мидии не растут и возможен даже «отрицательный рост», когда мидии худеют. Но и при избытке корма рост замедляется. Поэтому, желательно, до размещения фермы получить оценку кормовой базы и изучить её сезонную динамику. Хороший рост мидий отмечается при биомассе микроводорослей 4-6 мг/л.

При выборе места размещения фермы необходимо проследить за солевым режимом акватории. Оптимальный диапазон солёности для черноморской мидии: 12-25‰ (промилей), т.е. 12-25 г солей на 1000 мл воды. Если выращивать мидий у открытого берега, где солёность находится в пределах 15-18‰, изучение соленостного режима можно не проводить. Но в бухтах, особенно после дождей, солёность может оказаться слишком низкой, а в лиманах – слишком высокой. Известно, что при солёности ниже 11‰ личинки мидий не оседают на коллекторы, а при 8‰ происходит резкое замедление роста. Тот же эффект по торможению роста наблюдается и при повышении солёности до 40‰.

Среди факторов, лимитирующих физиологические функции мидий, находится и кислород, точнее его концентрация в морской воде. Выше говорилось, что мидии, за счёт гликолиза, некоторое время могут существовать в бескислородных условиях. Так, в экспериментах с мидиями (140 экз.), содержащимися в бескислородной воде, через 5 сут. погибло всего 2 особи, а через 8 сут. – погибло 42,2% первоначального количества. Установлено, что

рост мидий замедляется, если концентрация кислорода составляет 80% от насыщения. При снижении концентрации кислорода до 40% от насыщения рост замедляется в 2,5 раза, при 10% – рост полностью прекращается. Черноморские мидии могут выносить отсутствие кислорода в течение 7 сут., после чего, в нормальной среде, мидии восстанавливают свою активность.

Таким образом, для нормального роста мидий необходимо, чтобы концентрация кислорода была выше 80% от насыщения. Кратковременные заморы, хотя и не желательны, но допускаются.

Имеются и другие факторы, оказывающие влияние на рост мидий. Известно, например, что мидии на коллекторах образуют плотные поселения и отдельные друзы. Мидии, сидящие по краям друзы, растут в 2-2,5 раза быстрее мидий, находящихся внутри.

Скорость течения, приносящего корм, кислород и выносящего продукты жизнедеятельности, оказывает влияние на питание, рост и выживаемость мидий.

Наш опыт выращивания мидий показывает, что рост мидий определяется, прежде всего, наличием доступного корма, температурой воды и физиологическим состоянием (цикл размножения) моллюсков. Формирование урожая мидий зависит от многих факторов: первичного и вторичного оседания личинок на коллекторы, кормовой базы, температуры, отрыва части мидий, особенно крупных, во время штормов и т.д. Размеры мидий, выращиваемых на ферме в течение года, зависят от обсуждаемых факторов и, в зависимости от их сочетания, находятся в пределах 29-57 мм, но средние размеры находятся в диапазоне 35-40 мм.

1.3. Биология устриц

В настоящее время в Чёрном море можно встретить два вида устриц: местный исчезающий вид: *Ostrea edulis* (Остриа эдулис) и сравнительно недавно акклиматизированный новый, пока ещё редкий вид: *Crassostrea gigas* (Крассострея гигас). Второй вид, как устойчивый к заболеваниям, является более перспективным для устрицеводства, поэтому в книге гораздо подробнее описывается технология выращивания именно этого вида. В данном разделе приведены сведения по биологии обоих видов.

1.3.1. Систематика устриц

Класс двустворчатые – **Bivalvia** Linne, 1758;

Надотряд – **Autobranchia** Globben, 1894;

Отряд – **Cyrtodontida** Scarlato et Starobogatov, 1971;

Семейство – **Ostreidae** Rafinesque, 1815;

Род – **Crassostrea** Sacco, 1897; род – **Ostrea** Linne, 1758;

Вид – **C. gigas** Thunberg, 1793; вид – **O. edulis**, Linne, 1758.

Виды семейства Остриды (Ostreidae) широко распространены; географически они заселяют прибрежные зоны включительно между 65° северной широты и 44° южной широты. Устрицы обитают на глубине до 30 м, но в основном заселяют глубины до 12 м.

Согласно системы классификации по Томпсону устриц можно разделить по:

- характеристикам раковин: форме и структуре раковины, окраске и выпуклости створок, отпечатку мускула-аддуктора;
- анатомическим характеристикам: форме и размерам межстворчатой камеры, отверстиям в жабрах, расположению и строению сердца и ануса, мускула-аддуктора и мантии;
- физиологическим характеристикам: особенностям размножения, скорости и частоте открытия и закрытия створок при фильтрации, адаптации к солёности и глубине обитания.

В соответствии с особенностями размножения устрицы подразделяются на две группы: инкубирующие и неинкубирующие яйца. К инкубирующим устрицам относятся моллюски, у которых оплодотворение яиц, эмбриональное и раннее личиночное развитие происходит в жаберной полости. К данной группе относятся устрицы рода *Острия*.

Неинкубирующие устрицы – это представители рода *Крассострея*, выметывающие яйца в воду, где они оплодотворяются вне организма. Гермафродиты среди них встречаются крайне редко. Однако пол этих устриц меняется в течение жизни: инверсия пола может происходить после нереста.

При таксономическом описании устриц отмечают абиотические (физико-химические) и биотические (образуемые живыми

организмами) факторы среды, от которых зависят размеры и форма устриц. Наиболее часто упоминаемые факторы – это солёность, турбулентность воды и глубина обитания.

Описание вида Crassostrea gigas (гигантская или тихоокеанская устрица).

Форма раковины варьирует от неправильно овальной до удлиненно-четырёхугольной, крупная с массивными вытянутыми створками. Прикреплённая нижняя (левая) створка столь же массивная и выпуклая, как и верхняя (правая). Обе покрыты широкими нечёткими рёбрами. Макушки тупые, слабо выступающие. На прикреплённой створке макушка более заострена. Края створок волнистые. Мускульный отпечаток широкий. Окраска грязно-серая с чёрными или фиолетовыми полосами. Высота раковины до 180 мм, длина – до 150 мм, ширина – до 60 мм. Предельные размеры особей вида значительно больше: высота раковины достигает 900 мм (Южно-Китайское море).

Распространение вида: юг Охотского, Японское, Жёлтое, Восточно- и Южно-Китайское моря. Завезен на западное побережье США и распространился от Аляски до Калифорнии, а также интродуцирован на побережье Южной Америки, Западной Европы, Африки, Австралии Новой Зеландии и т.д. В Чёрное море, был завезен в начале 20 ст. и повторно – в 80-е годы 20 ст.

Описание вида Ostrea edulis (плоская или европейская, или черноморская устрица).

Раковина неправильно округлая или в виде искривленного овала. Прикреплённая (левая) створка более выпуклая, с неправильными, иногда раздваивающимися радиальными ребрами на наружной поверхности. Свободная (правая) створка почти плоская, гладкая или со слабо заметными радиальными морщинками, с приподнятыми в виде чешуи линиями нарастания. Макушки слабо выступающие, резко загнутые. Окраска грязно-серая, с лиловыми (на прикреплённой створке) или красно-бурыми (на свободной створке) пятнами. Длина и высота раковины до 80 мм, ширина – до 25 мм. В Чёрном море встречалась на глубинах 3-45 м, образуя скопления («устричные банки») на твёрдых грунтах. В настоящее время – исчезающий вид. Замок относительно длинный и представлен двумя зубчиками с каждого края; два передних зуба немного меньше

задних; лигамент внутренний и находится на уровне главной плоскости.

Распространение вида: Атлантическое побережье северной Европы от Норвегии до Испании, включая Данию, Германию, Голландию, Бельгию, Великобританию, Ирландию, Францию и Португалию. Населяет эта устрица и атлантическое побережье Северной Африки (Марокко), а также моря: Средиземное, Эгейское, Мраморное и Чёрное.

Общие сведения о гигантской устрице.

Гигантская устрица *C. gigas* происходит из морей азиатского континента. В начале 20-го века она была интродуцирована на побережье Америки, Океании и Европы. В Чёрном море гигантская устрица была акклиматизирована в начале 80-х годов 20 ст. в связи с массовой смертностью местного исчезающего вида – *O. edulis*. В настоящее время гигантскую устрицу культивируют в 27 странах. В 2006 г. выращено более 4,7 млн. т гигантской устрицы.

Продукция *C. gigas* в течение 10-ти лет составляет более 10% валовой мировой годовой продукции марикультуры (рыбы, крабов и других моллюсков). Например, в остроокультуре (устрицеводстве) Франции доминирует *C. gigas* – 150 000 т, тогда как продукция другого вида *O. edulis* составляет менее 2 000 т.

Возникновение инфекционных эпизоотий неоднократно являлось лимитирующим фактором развития интенсивного культивирования устриц. Устрицеводство Франции претерпело множество эпизоотий. В течение 70-80-х годов прошлого столетия продукция эндемичного (местного) вида *O. edulis* снизилась с 20000 до менее чем 2000 т, вследствие появления паразитического простейшего *Martelia refringens* (Мартелия), обнаруженного в желудке и *Bonamia ostreae* (Бонамия) – паразитического простейшего гемоцитов.

Португальская устрица *C. angulata*, интродуцированная в 1860 г. во Францию для культивирования, претерпела две эпизоотии, вызванные иридовирусом, и повлекшие массовую смертность устриц. Взамен исчезнувшей португальской устрицы, из американских и японских популяций, была интродуцирована гигантская устрица *C. gigas*. В течение периода интродукции *C. gigas* возникли дополнительные эпизоотии, вызвавшие смертность других

видов устриц в летний период. В конце 1970 г. португальская устрица была полностью заменена гигантской. Современные европейские устрицеводы обеспокоены отсутствием запасного вида, которым можно было бы заменить гигантскую устрицу в случае новой эпизоотии. Культивирование гигантской устрицы осуществляется в природной среде. При таком способе выращивания полный контроль за развитием устриц осуществлять не возможно, так как нет экспресс-методов контроля физико-химического состава воды, присутствия поллютантов (загрязнителей) в воде и определения качественного состава пищи. Также не возможно применение вакцин для предупреждения развития эпизоотий, поскольку у моллюсков своеобразный способ системы защиты. Необходимо развитие профилактических методов и хорошее знание агентов инфекций, что необходимо для специфической диагностики.

*Общие сведения о черноморской (или плоской, или европейской) устрице *O. edulis* в Чёрном море.*

В конце 19-го и в начале 20 ст. город Севастополь был одним из центров устрицеводства на Чёрном море. Наряду с промыслом устриц, в Южной бухте работали два устричных завода, созданные Штолем В.А. и Витмером Б.А. в 1884 году. Мелких устриц добывали на естественных грядах и банках у Севастополя и других мест южного берега Крыма, Каркинитского залива и берегов Кавказа, подрачивая их до товарного размера. Ежегодно производство товарных устриц достигало 11-12 млн. экз. Выращивали в основном один вид черноморской устрицы *O. edulis* с более высоким содержанием мяса по сравнению с другим видом *O. lamellose*. Устриц экспортировали в крупные города России и за границу.

В 30-е годы 20 ст. были проведены работы по оценке состояния устричных поселений (банок). Запас устриц промыслового размера оценивался в 12-15 млн. экз. Их промысел продолжался при помощи драг, разрушающих устричные банки. В 70-е годы произошло резкое снижение запасов устриц. В настоящее время устрицы Чёрного моря находятся на грани исчезновения. Считается, что гибель устриц вызвана тремя основными причинами: распространением хищника-вселенца брюхоногого моллюска рапаны (*Rapana venosa*); интенсивной эвтрофикацией (ненормально повышенной продуктивностью) моря, особенно северо-западной части. В

следствие эвтрофикации изменился спектр питания моллюсков-фильтраторов. На фоне такого ухудшения экологических условий, распространилась раковинная болезнь устриц, вызванная морским микрогрибом *Ostracoblabe implexa*. В 1994 г. вид *O. edulis* был занесен в Красную Книгу Украины, а в 2015 г. – в Красную Книгу Крыма. В настоящее время воспроизводство устриц в природных условиях (в Чёрном море) не возможно из-за отсутствия материнских природных поселений. Поэтому для организации устрицеводства на Чёрном море необходимо создавать специальные питомники, в которых от здоровых производителей, с применением методов селекции, получать жизнестойкое потомство.

Реализация схемы скрещиваний производителей, полученных в питомниках Чёрного и Средиземного морей, обеспечит высокую выживаемость и устойчивость к изменяющимся условиям среды.

1.3.2. Анатомия и морфология устриц

Раковина.

Раковина устриц, как и мидий, состоит из трех слоев: наружного, называемого «периостракумом»; среднего призматического слоя и перламутрового слоя, выстилающего раковину изнутри.

- Периостракум – это природная органическая очень тонкая пленка (1 мкм), состоящая из вещества белковой природы конхиолина. Этот слой недолговечен и у взрослых устриц он быстро изнашивается.
- Призматический слой, образованный из кристаллов кальцита, заключённых в конхиолиновой матрице. Кальцит находится в раковинах, как черноморской, так и гигантской устриц, распределен неравномерно в форме пористых и твердых столбиков.
- Перламутровый слой представлен в виде слоев пластинок кальцита внутри тонких мембран конхиолина. Часть, где прикрепляется мускул-аддуктор называется гипостракум. Этот слой более толстый, иногда пигментированный, как у видов рода *Crassostrea* и образованный из арагонита.

Арагонит и кальцит – это различные формы кристаллов карбоната кальция.

Мантия.

Мантия является оболочкой, окружающей органы. Она имеет вид двух лопастей или листов, соединенных в спинной части устрицы (рис. 32).

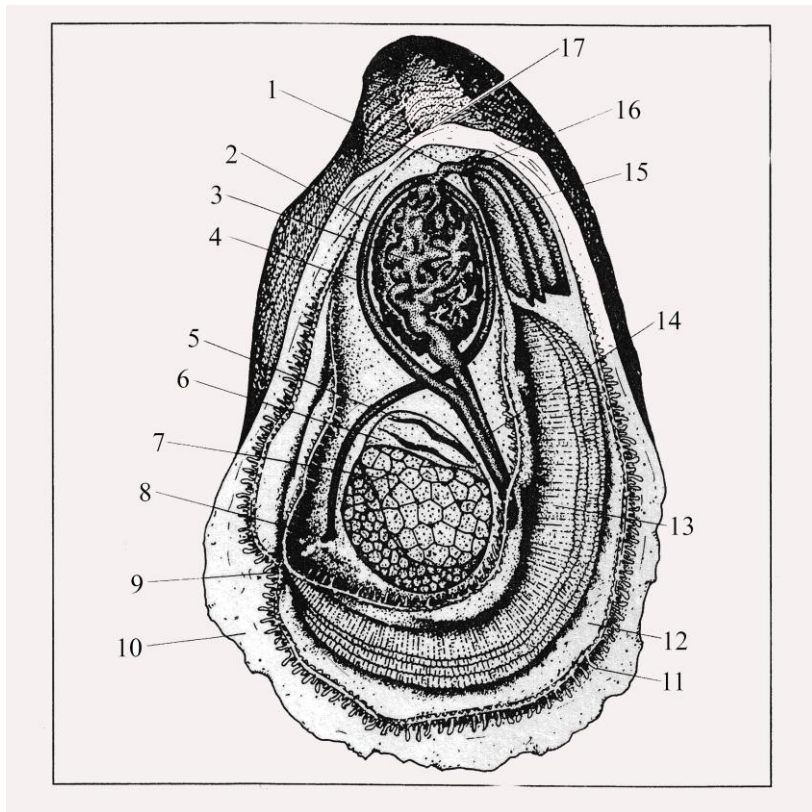


Рис. 32. Анатомическое строение взрослой устрицы (по Elston, 1990): 1 – пищевод; 2 – пищеварительная железа; 3 – желудок; 4 – кишечник; 5 – сердце; 6 – перикардиум; 7 – мускул-аддуктор; 8 – анус; 9 – слияние мантии и жабр; 10 – раковина; 11 – бахрома (щупальца); 12 – край мантии; 13 – жабры; 14 – кишка; 15 – лабиальные пальцы; 16 – рот; 17 – лигамент.

Мантия состоит из соединительной ткани и мышц, пронизанных сосудистой и нервной системами и покрыта однослойным эпителием.

В крае мантии находятся пигментные, сенсорные и секреторные клетки. Последние также распределены по всей мантии.

Между основаниями жабр, висцеральной массой (т.е. массой внутренних органов) и мантией находится эпибранхиальная (или супрабранхиальная) камера. Части мантии, которые не присоединены к внутренним органам, образуют заполненное жидкостью пространство, называемое мантийной полостью. Жабры разделяют эту полость на две части: одна часть – вентральная или входная камера, вторая часть дорзальная или выводная камера.

Различают две части мантии, которые смыкаются на переднеспинном крае, формируя так называемый цефалический капюшон, прикрывающий жабры и лабиальные пальпы. Свободные края мантии в брюшной части распределяются по контуру раковины. Пространство, расположенное между двух частей мантии называется палеальной полостью (рис. 33).

Толстый край мантии состоит из трех валиков, функции которых различны. К настоящему времени известна роль наружного валика, продуцирующего раковину. В среднем валике сосредоточены сенсорные (чувствительные) клетки. Внутренний валик регулирует поступление воды во внутримантийную полость. Все валики пигментированы. Оттенки окраски могут зависеть от среды обитания и передаются раковине. Окраска края мантии и раковины генетически детерминированы, поэтому они наследуются потомками. Кроме главной роли, которую играет мантия в формировании раковины и секреции лигамента, у черноморской устрицы она выполняет не менее важную роль, а именно: принимает участие в сохранении и защите яиц и личинок в период инкубации. Кроме секреции раковины, мантия выполняет следующие функции:

- ресничками создает ток воды, участвуя в питании и дыхании, а также выводит наружу гаметы (половые продукты);
- воспринимает и передает нервными окончаниями внешние воздействия;
- соединительная ткань мантии является местом складирования резервных веществ. Запас липидов (жиров), гликогена (углеводов) в мантии улучшает состояние устриц и повышает их коммерческую ценность.
- в целях самозащиты секреторирует слизь.

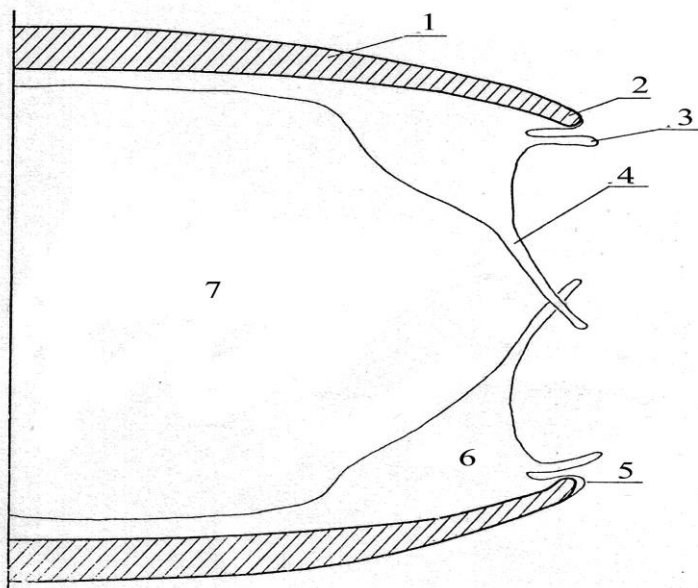


Рис. 33. Схема поперечного разреза через створку устрицы показывает расположение края мантии и палеальной полости (по Yonge, 1960): 1 – раковина; 2 – внешняя борозда; 3 – средняя борозда; 4 – внутренняя борозда; 5 – периостракум; 6 – мантия; 7 – палеальная полость.

Формирование раковины. Роль мантии.

Устрицы извлекают из морской воды и пищи кальций и другие элементы, необходимые для построения раковины. В наружном валике толстого края мантии имеются три борозды: внешняя, средняя и внутренняя (см. рис. 33). Внешняя борозда содержит клетки, продуцирующие периостракум. Минеральная часть раковин секретируется внешней стороной мантии, а также средней и внутренней бороздами края мантии. Процесс построения раковины можно наблюдать у питающейся устрицы, когда края мантии выдвигаются за пределы раковины. В формировании раковины можно выделить два четко различающихся процесса:

- секреция конхиолина специальными железами;
- кальцификация конхиолиновой матрицы.

Начальный этап – построение матрицы из конхиолина, выделяемый специальными железами. Жидкий конхиолин застывает в морской воде, образуя матрицу. В течение второго этапа на матрице адсорбируются кристаллы карбоната кальция, которые составляют свыше 90% всей массы раковины.

Рост раковины регулируется изменяющимися внешними (температурой, питанием) и внутренними (процессами, связанными с размножением) факторами. Временные остановки роста представлены так называемыми бороздами нарастания. У устриц раковина ассиметрична, так как верхняя (правая) створка более плоская, чем нижняя (левая), которая всегда более выпуклая. Створки соединены замком и лигаментом на уровне передней стороны, который продолжается до замка. Они выполняют механическую функцию соединения створок, а лигамент действует как пружина, открывающая створки во время расслабления мускула-аддуктора.

Жабры.

Между свободными краями мантии находятся жабры, осуществляющие функцию дыхания устриц и некоторые другие функции (см. рис. 32). В поперечном разрезе жабры имеют форму буквы “W”. Они состоят из мышечной и соединительной тканей, пронизанных пучками нервов и сосудами, по которым осуществляется приток и отток гемолимфы. Жабры являются местом, в котором кислород абсорбируется гемолимфой. Устрица не обладает биомолекулами, связывающие кислород (гемоцианином или гемоглобином), поэтому кислород, растворенный в гемолимфе, транспортируется из жабр во все органы. Жабры играют важную роль в питании: сортируют по размерам пищевые частицы, абсорбируют растворённое органическое вещество, и главное – прокачивают воду, приносящую кислород и корм.

Своим основанием жабры связаны с мантией и висцеральной массой. Каждая жабра состоит из двух пластин; пластина – из двух листов, а листы – из филламентов, расположенных параллельно. Филламенты, соединены между собой, образуя группы, придающие жабрам вид складок. Складки включают филламенты апикальные и латеральные, соединенные в основании.

Там же находится сеть кровеносных сосудов и нервных окончаний. Число филламентов в складке разных видов устриц различное: у *O. edulis* – от 9 до 12; у *C. gigas* – от 11 до 17. Каждый филламент имеет вид эпителиальной трубочки, покрытой ресничками. Большое количество ресничек на филламентах принимает участие в сортировке пищи, поступающей с током воды. Между двумя смежными филламентами находятся маленькие оконца или остии (рис. 34), пропускающие воду в супрабранхиальную и межстворчатую полости.



Рис. 34. Остии в филламентах жабр устриц.

Размеры остий варьируют в зависимости от вида устриц: они более крупные у *O. edulis*, чем у *C. gigas*, т.к. должны пропускать личинок живородящих самок *O. edulis*.

Питательные частицы, поступающие с водой, фильтруются и остаются на поверхности жабр, затем направляются пульсирующим движением множества ресничек ко рту. Другие, не

пригодные для употребления частицы, оседают на мантию, обволакиваются слизью и выводятся в форме псевдофекалий через выводную камеру.

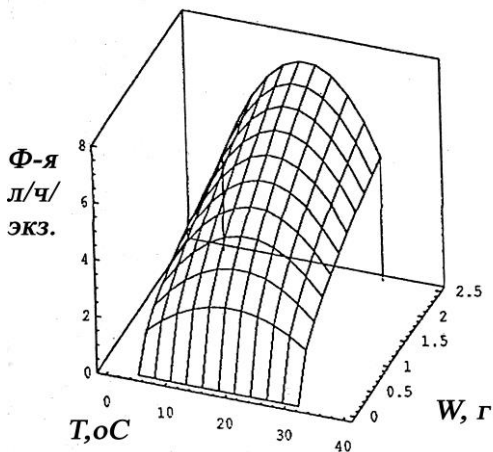


Рис. 35. Фильтрационная активность гигантской устрицы в зависимости от веса и температуры воды (по Deslous-Paoli, 1990).

У личинок гигантской устрицы высотой раковины до 120 мкм скорость фильтрации составляет $0,5-3,6 \text{ мкл} \cdot \text{ч}^{-1} \cdot \text{экз}^{-1}$; с высотой

раковины до 300 мкм – до 100 мл·ч⁻¹·экз⁻¹; у молодежи весом 5 мг скорость фильтрации 3,9 мл·ч⁻¹·экз⁻¹; у устриц весом 800 мг – 157,9 мл·ч⁻¹·экз⁻¹ (рис. 35).

Пищеварительная система.

Устрицы являются фильтраторами, питающимися мелкими частицами (бактерии, фитопланктон, детрит и т.д.). Пищевые частицы вначале задерживаются мантией и жабрами, а в последствии направляются вдоль пальп вместе с током воды, создаваемым жабрами (см. рис. 32).

Четыре лабиальные пальпы, расположенные у ротового отверстия, покрыты ресничками. Своим основанием они прикреплены к висцеральной массе, а свободными краями касаются окончания жабр. Лабиальные пальпы передают пищевые частички в пищеварительный тракт. Частицы поступают в ротовое отверстие, расположенное между лабиальными пальпами, затем в короткий пищевод и в желудок. Желудок окружен обширным органом темного цвета – пищеварительной железой, которую иногда неправильно называют печенью. В ней протекает процесс внутриклеточного переваривания. Протоки печени открываются в желудок, поэтому при препарировании очень сложно выделить желудок не поврежденным. На стенке желудка выделяются участки, покрытые ресничками – сортирующие поля. Характерной частью желудка является кристаллический стебелёк, желеобразный, ферментный стержень коричневого или желтоватого цвета, лежащий в особом слепом кармане. Он состоит из мукопротеинов (белков). Стебелёк в желудке выполняет двойную роль. Вращаясь, он перемешивает и распределяет пищу, поступающую в желудок. Размеры стебелька уменьшаются по мере переваривания, т.к. он растворяется в слабокислой среде желудка, а свободные ферменты трансформируются в желудочный сок и участвуют в пищеварении. Стебелёк проявляет удивительные свойства растворяться, когда моллюск голоден и восстанавливаться, когда моллюск насытился. Он исчезает достаточно быстро у устриц, извлечённых из воды. Желудок продолжается в среднюю кишку, которая делает петлю и заканчивается задней кишкой и анусом. Переваривание пищи продолжается в кишечнике. Через стенки кишечника происходит

всасывание питательных веществ в гемолимфу. Задняя кишка открывается анусом в заднем отделе мантийной полости.

Мускул-аддуктор и другие мышцы.

Устрица обладает массивным мышечным органом. Это мускул-аддуктор, который, сокращаясь, закрывает створки. Он расположен на расстоянии от замка, составляющем $2/3$ высоты раковины и крепко прикреплен к каждой из створок при помощи слоя специальных клеток (см. рис. 32). Мускул состоит из двух частей: одна полупрозрачная в форме овала, другая – белая в форме полумесяца. Полупрозрачная часть обеспечивает быстрое закрывание створок, тогда как белая – оказывает противодействие лигаменту, препятствуя более широкому открытию створок, а также держит в течение долгого времени створки закрытыми. Каждая часть представляет гомогенную структуру мышечных волокон, сгруппированных в плотный пучок, заключенный в соединительную ткань. Мышечные волокна являются длинными клетками цилиндрической формы с гомогенной структурой цитоплазмы, овальным ядром и митохондриями, расположенными по периферии клетки. Гемоциты обычно наблюдаются между мышечными волокнами. Устрица также имеет множество мускульных пучков, расположенных в мантии, способных втягивать всё тело вовнутрь. Мускульные волокна в жабрах обеспечивают проток воды и циркуляцию гемолимфы. При помощи мышц, расположенных в сердце и вокруг сосудов, – продвигается и распределяется гемолимфа. Мышцы, находящиеся вокруг желудка и в ротовых пальцах, участвуют в процессе пищеварения.

1.3.3. Физиология устриц

Размножение.

Устрицы размножаются половым путём, производители формируют гаметы либо мужские (сперматозоиды), либо женские (яйцеклетки).

Устрицу *O. edulis* относят к виду с последовательным гермафродитизмом, т. е. к организмам, производящим, как мужские, так и женские гаметы в разные сезоны размножения. Например, если устрица в данный сезон нерестилась как самец, то до наступления

нереста в следующее лето, невыметанные сперматозоиды лизируются (рассасываются), а вместо них образуются женские гаметы (яйцеклетки). Однако так происходит не всегда и до сих пор не ясно, какие факторы побуждают устрицу менять свой пол.

Тип размножения гигантской устрицы можно классифицировать как примитивный с внешним оплодотворением и последовательным протандрическим гермафродитизмом. Это означает, что устрица может менять пол после нереста между двумя сезонами размножения. Для гигантской устрицы также не выявлены факторы, определяющие реализацию пола. Однако известен следующий факт: чем старше становится гигантская устрица, тем выше вероятность, что она будет самкой. Например, в поселениях однолетних гигантских устриц самки составляют всего 30-40%; в поселениях двухлеток – 50-60%; среди устриц старших возрастных групп самки составляют 80-90% общего количества устриц.

Гонада (орган, в котором формируются яйцеклетки или сперматозоиды) развивается вокруг пищеварительной железы; она покрыта оболочкой из соединительной ткани и состоит из двойной системы каналов (или ацинусов), разветвленных с обеих сторон тела. Ацинусы впадают в промежуточные каналы, а затем все сливаются в один выводной канал – гонодукт. Гонодукты у *O. edulis* и у *C. gigas* имеют разную длину. Они выстланы ресничным эпителием, в котором находятся железистые, продуцирующие слизь, клетки. У видов рода *Ostrea* гонады не имеют собственных выводных протоков и гонодукты открываются в протоки почек.

Пол устриц можно определить только методом исследования гонад под микроскопом и только в период формирования гамет или же во время нереста. Половой диморфизм отсутствует, т. е. внешне самцы и самки не различаются.

Годовой цикл размножения включает несколько стадий. Стадия относительного покоя приходится на зимний период – это период смены пола у *O. edulis*. Развивающиеся половые клетки получают питание от соединительной ткани, которая достигает значительного развития. Весной, при благоприятных условиях, начинается гаметогенез (развитие половых клеток). Половое созревание проходит в течение лета. В конце мая и начале июня гонада максимально развита; она окрашена в белый или кремовый цвет,

занимает до 40% объема тела (мягких тканей). Гонада прорастает в ткани висцерального комплекса и охватывает пищеварительную систему со всех сторон. Это – преднерестовая стадия. В заливе Петра Великого (Дальний Восток) период нереста гигантской устрицы протекает с июня по сентябрь. Растяннутость нереста объясняется сложными климатическими условиями и неустойчивым гидрологическим режимом в начале лета. Нерест начинается при температуре воды $18 \pm 1^\circ\text{C}$. Пик нереста отмечен при температуре $20-22^\circ\text{C}$. Одна самка может выметывать десятки миллионов гамет, что необходимо для компенсации очень высокой смертности личинок. Гаметы выпускаются в воду, и там же происходит оплодотворение. Размеры яйцеклеток 50-55 мкм. Запасные питательные вещества в них представлены углеводами (гликогеном), белками и липидами. Через 24 ч. после нереста образуется велигер D-формы, имеющий раковину и велюм – орган, служащий для питания и плавания. Начиная со стадии великонхи, у личинок сильно выражена асимметрия раковины. Строение замкового края личинок на стадии великонхи является одним из характерных видовых признаков (рис. 36)

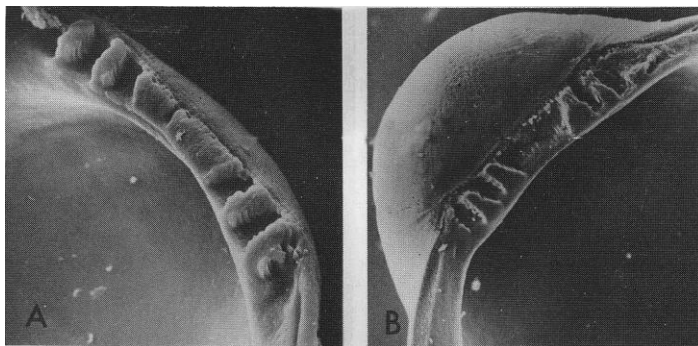


Рис. 36. Замковый край великонхи устрицы *Crassostres gigas*: А – правая створка; В – левая створка (по Chanley, Dinamani, 1980).

На стадии педивелигера (примерно через 20 дней пелагической жизни) формируется нога, которая участвует в поиске субстрата для прикрепления. Личинки оседают при достижении размеров 320-370

мкм. После оседания начинается метаморфоз, сопровождающийся множеством изменений: исчезают нога и веллум, появляются мантия и жабры.

Устрица переходит в ювенильную стадию развития. В этот период среднесуточный прирост спата составляет 100-150 мкм. Максимальный прирост отмечен в сентябре – до 1,2 мм/сут. Остаток жизни устрица остаётся зафиксированной на субстрате (рис. 37; рис. 38 цветной вкладьш, стр.481). На ювенильной стадии возможно вторичное прикрепление (срастание устриц в друзу) при помощи вещества, выделяемого краем мантии. Взрослой стадии гигантская устрица достигает к первому нересту, что происходит в следующий год после оседания.

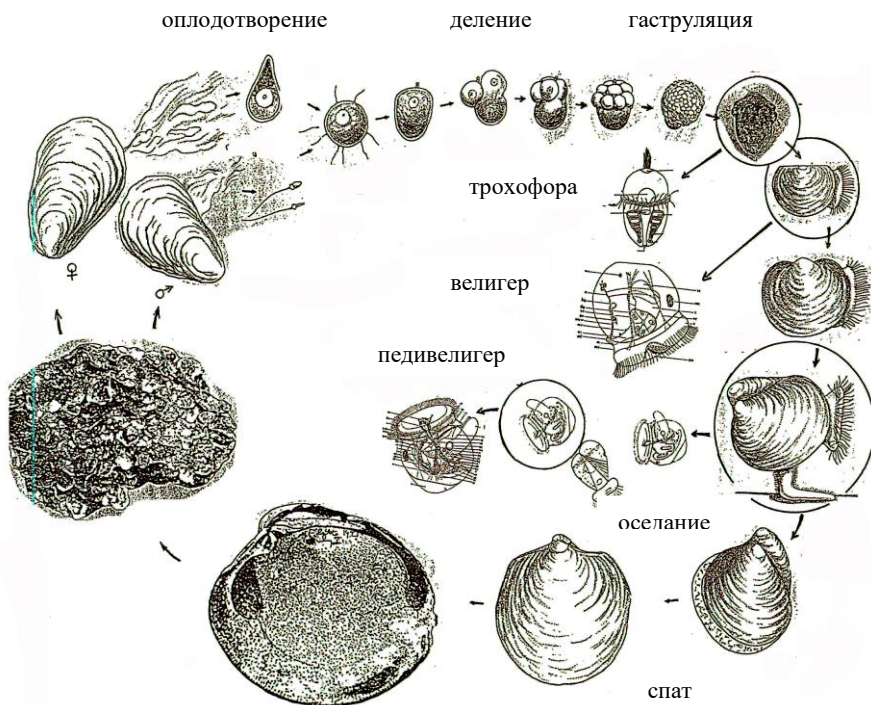


Рис. 37. Схема жизненного цикла гигантской устрицы (по Р. Mollo, 1990).

Плодовитость черноморской устрицы довольно ограничена, т.к. она «личинкородящая». При нересте яйцеклетки выделяются в супрабранхиальную полость, а не в воду, как у *S. gigas*, что связано со строением гонодукта (рис. 39).

Сперматозоиды выделяются в воду и с водой проникают к яйцеклеткам в жаберную полость, где и проходит оплодотворение, эмбриональное и личиночное развитие. Через 10-12 сут. после оплодотворения личинки на стадии сформированного велигера размерами 165-170 мкм выпускаются самкой пульсирующим движением створок (рис. 40 цветной вкладыш, стр.482).

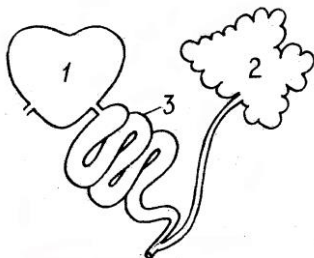


Рис. 39. Взаимоотношения перикардия (1), гонад (2) и почек (3) у *Ostrea*, (по Mackie, 1984).

За период развития личинок самка множество раз открывает и закрывает створки для фильтрации. При этом ни оплодотворенные яйцеклетки, ни недоразвитые личинки самкой не выпускаются, (кроме самок, пораженных раковинной болезнью, у которых могут происходить abortивные выметы эмбрионов и личинок).

В этом большую роль играют жабры и мантия (см. рис. 34). Соседние филламенты жабр, образующие остии, покрыты ресничками, направленными в сторону супрабранхиальной полости, что не препятствует току воды внутрь полости, но задерживает личинок. Через остии фильтруется вода, а при помощи ресничек, расположенных на филламентах, происходит отбор корма, необходимого для питания велигеров. «Роение» или выпуск сформированных велигеров происходит многократно в течение 5-6 дней, из-за асинхронного роста личинок. Сортировка их по размерам осуществляется как жабрами, так и внутренней складкой края мантии. После выхода личинок в воду продолжительность планктонных стадий, в зависимости от температуры воды и наличия доступного корма, составляет от 3 до 4 недель. Строение замкового края личинок черноморской устрицы *O. edulis*, как у всех двустворчатых моллюсков, является характерным видовым признаком (рис. 41).

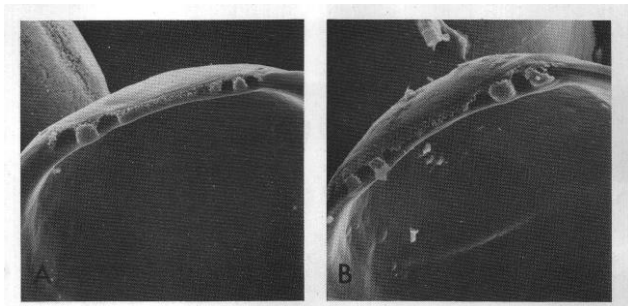


Рис. 41. Замковый край великонхи устрицы *Ostrea edulis*: А – правая створка; В – левая створка.

Гаметогенез и мейоз у гигантской устрицы Crassostrea gigas.
 Этот раздел написан не для морских фермеров, а для биологов, которые будут производить в питомниках устричную молодь, для чего им потребуются более глубокие знания процессов, связанных с размножением устриц.

В репродуктивном цикле *C. gigas* выделяют три периода: гаметогенез, нерест и посленерестовую перестройку. Мейоз происходит во время гаметогенеза, в процессе созревания половых клеток. Подробно изучены процессы размножения гигантской устрицы, как в Чёрном море, так и в местах естественного обитания. Начало и продолжительность этих процессов зависит от экологических условий, прежде всего температуры воды, питания и условий содержания.

Состояние зрелости гонад изучают, как гистологическим методом, так и на мазке гонад под микроскопом. В процессе гаметогенеза устриц выделяют четыре стадии:

1. Относительного покоя. Гонады тонкие, прозрачные; соединительная ткань максимально развита. В ацинусах – недифференцированные половые клетки (гонии), ооциты периода малого роста (у самок) и сперматоциты I (у самцов).
2. Начала гаметогенеза. Гонады слабо заполнены. В ацинусах самок в основном ооциты периода малого роста; у самцов – сперматоциты I и сперматоциты II.
3. Активного гаметогенеза. Гонады средней наполненности, белые. На мазке гонад самок – ооциты периода большого роста грушевидной формы; у самцов – сперматоциты II и сперматиды.

4. Преднерестовая. Гонады достигают максимального размера, плотные, белые. В гонадах самок – в основном свободнолежащие ооциты периода большого роста с ядрами. На мазке гонад самцов – сперматиды и спермии.

После нерестового периода, который начинается в июне при температуре воды 18°C и продолжается до середины августа (при 23°C) и кратковременного периода посленерестовой перестройки, у гигантской устрицы начинается период гаметогенеза, продолжающийся в течение сентября-мая (табл.7).

Таблица 7. Доля (в %) устриц *Crassostrea gigas* на разных стадиях репродуктивного цикла в течение 2003-2004 гг.

Ме- сяц	п, экз.	Н, мм	Г а м е т о г е н е з								Нерест		Пнп 6
			1		2		3		4		5		
			♀,♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀,♂	
XII	14	51-89	11	21	26	15	27	0	0	0	0	0	
II	40	25-53	15	20	28	10	27	0	0	0	0	0	
III	18	31-51	28	28	0	6	6	11	21	0	0	0	
IV	20	34-59	0	10	10	10	30	20	20	0	0	0	
V	40	39-86	0	0	0	0	0	45	55	0	0	0	
VI	19	39-78	0	0	0	0	0	0	0	32	68	0	
VIII	15	48-80	20	0	7	0	0	7	0	27	13	26	
XI	14	62-76	9	19	39	7	19	0	0	0	7	0	

Примечание: Пнп – стадия посленерестовой перестройки; ♀ – самка; ♂ – самец.

В конце августа на ранних стадиях гаметогенеза (1 и 2 стадии) было обнаружено 27% самцов. И только в ноябре – примерно такое же количество самок. В этот период стадию активного гаметогенеза (3-я стадия) проходило 19% самцов и 7% самок. В декабре доля моллюсков на этой стадии увеличилась примерно вдвое. Сходное соотношение сохранилось в феврале месяце. В марте, при повышении температуры воды и интенсивном развитии фитопланктона, активизировались процессы гаметогенеза. В апреле гонады устриц в основном находились на поздних стадиях гаметогенеза; на преднерестовой стадии – по 20% самок и самцов. В

мае месяце синхронность спермато- и оогенеза была максимальной: все устрицы проходили преднерестовую стадию.

Следовательно, мейоз в мужских половых клетках устрицы продолжался около 8 месяцев: начинался он в октябре и заканчивался в мае на преднерестовой стадии гаметогенеза. Продолжительность оогенеза равна продолжительности профазы первого мейотического деления. В период малого и частично большого роста ооцитов происходит накопление питательных веществ в цитоплазме, поступающих через стенку гонады (процесс вителлогенеза). И только после окончания профазы мейоза ооциты свободно расположены в просвете ацинусов. Рост ооцитов представляет собой подготовку к предстоящему после оплодотворения дроблению без роста.

Мейоз изучали на временных давленных препаратах неоплодотворенных и оплодотворенных яйцеклеток при помощи микроскопа МБИ-6, просматривая по 100 объектов. Фиксацию проводили с интервалом в 5 мин. в этанол-уксусном фиксаторе (3:1). Окрашивали в 2% ацеоорсеине в термостате при 37°C в течение 30 мин., затем еще 30 мин. при комнатной температуре. Клетки, находящиеся на определенных стадиях мейоза, подсчитывали отдельно и определяли их процент от общего числа клеток в пробе. Продолжительность отдельных стадий определяли по времени между первыми появлениями последовательных стадий. Относительную продолжительность – как отношение продолжительности отдельных стадий к продолжительности мейотических делений, начиная с момента слияния гамет.

При стимуляции нереста устриц вымет яйцеклеток (ооцитов 1-го порядка) происходит на стадиях прометафазы (наблюдается ядро) и метафазы I (без ядра). Ядерная оболочка вскоре исчезает, и на стадии метафазы I яйцеклетки находятся в воде до оплодотворения (рис. 42).

На метафазной пластинке – 10 бивалентов. Размеры их варьируют от 2,81 до 4,38 мкм – в метафазе I и от 3,65 до 8,96 мкм – в метафазе II. (Диплоидное число хромосом устрицы *C. gigas* – 20 хромосом).

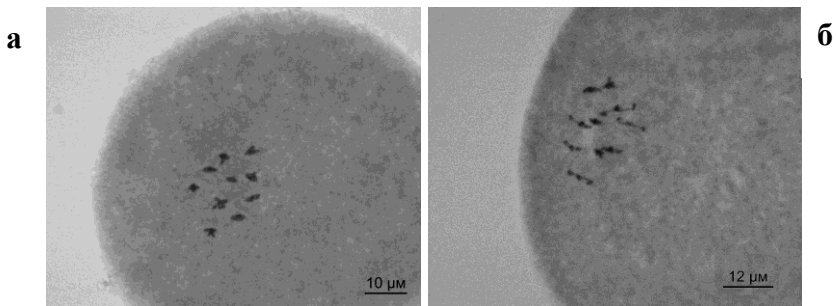


Рис. 42. Метафаза I (а) и метафаза II (б) в яйцеклетках гигантской устрицы .

Проникновение сперматозоида в яйцеклетку возобновляет процесс мейоза у гигантской устрицы. Показано, что кроме хромосом, сперматозоид вносит в яйцеклетку и свою центриоль, которая, соединяясь с центриолью яйцеклетки, образуют полюса деления. Если концентрация сперматозоидов во время оплодотворения превышает оптимальные значения, то наблюдается полиспермия, которая приводит к образованию многополюсных митотических центров. Деление хромосом при этом неравномерное и эмбрион погибает на ранних стадиях развития.

Нерест гигантской устрицы, как в Японском, так и Чёрном море происходит в июне-августе при температуре воды 18-23°C. При этой температуре заканчивается мейоз в оплодотворенных яйцеклетках. На рис. 43 представлена динамика стадий мейоза в оплодотворенных яйцеклетках гигантской устрицы при указанных значениях температуры.

Продолжительность мейоза у *C. gigas*, начиная с момента слияния гамет и до появления в пробах стадии телофазы II, в 1,29 раза больше при температуре 18°C (45 мин.), чем при 23°C (35 мин.). При низком значении температуры происходит замедление процессов первого мейотического деления в 1,25, а второго – в 1,33 раза. Продолжительность MI и AII увеличивается на 5 мин. по сравнению с таковым при температуре 23°C.

Относительная продолжительность отдельных стадий мейоза (в долях от продолжительности всего цикла деления) при 18°C составила: MI – 0,33; AI, MII и AII – 0,22; TI – 0,11; при 23°C: MI, AI и MII (см. рис. 42) – 0,29; TI и AII – 0,14.

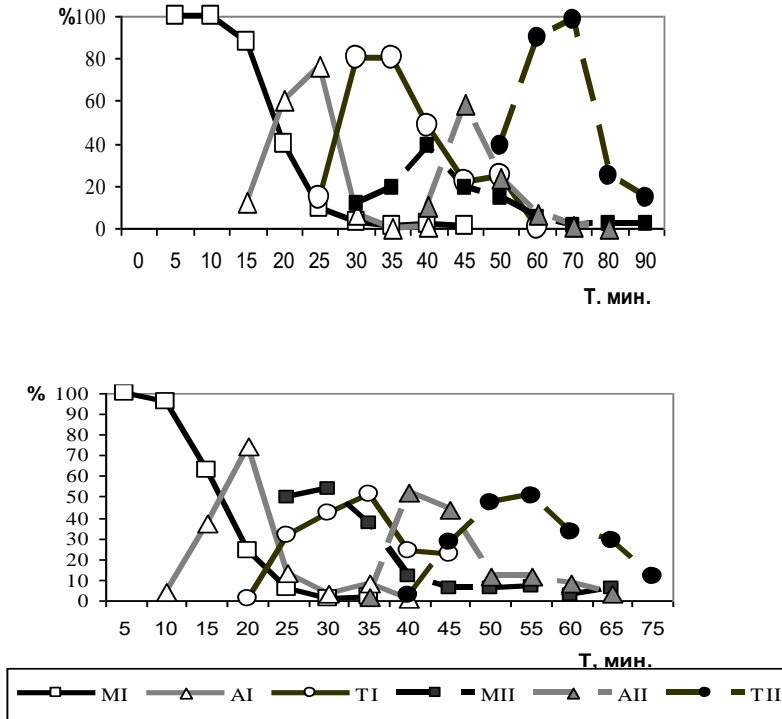


Рис. 43. Продолжительность мейоза в оплодотворенных яйцеклетках гигантской устрицы *Crassostrea gigas* при температуре воды 18 и 23°C (пояснения в тексте).

Отмечены сходные величины относительной продолжительности как первого, так и второго мейотических делений: 0,55 и 0,57; 0,44 и 0,43 соответственно при температуре воды 18 и 23°C. Для мидии *Mytilus galloprovincialis* также определены аналогичные значения.

При получении полиплоидов максимальная встречаемость яйцеклеток на стадиях AI и AII имеет большое значение. При 18 и 23°C максимальное количество яйцеклеток, проходящих анафазу I

(76,3 и 74,7%) было отмечено на 25 и 20 мин.; анафазу II (58,4 и 51,7%) – соответственно на 45 и 40 мин.

Поскольку продолжительность анафазы первого и второго мейотических делений больше при температуре 18°C, чем при 23°C, то следует ожидать большего выхода полиплоидов при более низкой температуре.

В отличие от мейоза в мужских половых клетках, в результате мейоза в ооцитах образуется только одна половая клетка, а другие – полярные тельца. Выделение полярных телец происходит вскоре после окончания I и II, т.е. соответственно через 15 и 45 мин. после оплодотворения при 23°C. У гигантской устрицы не наблюдается деления первого полярного тельца. Второе полярное тельце выделяется непосредственно под первым. С момента оплодотворения и до интерфазы митоза мужской геном находится в цитоплазме яйцеклетки. На препаратах – это сильно окрашенная глыбка хроматина, размеры которой увеличивались в течение мейоза. На стадии телофазы II уже были различимы отдельные переплетенные хромосомные нити. Слияние женского и мужского геномов происходит на стадии интерфазы митоза, которая начинается через 65 и 55 мин. после оплодотворения соответственно при 18 и 23°C.

Таким образом, продолжительность сперматогенеза гигантской устрицы составляет примерно 9 месяцев (с сентября по май), а мейоз в сперматоцитах продолжается до 8 месяцев. Аналогичная продолжительность профазы в ооцитах. Вымет яйцеклеток происходит на стадиях прометафазы и метафазы I. Наблюдается прямая зависимость продолжительности каждой стадии мейоза в оплодотворенных яйцеклетках от температуры воды. Относительная продолжительность аналогичных стадий мейоза при 18 и 23°C существенно не отличается.

Система циркуляции (кровообращения).

Устрицы, как и мидии, обладают циркуляторным аппаратом полуоткрытого, (лакунного) типа (рис. 44). Система циркуляции жидкости постоянно контактирует с окружающей средой.

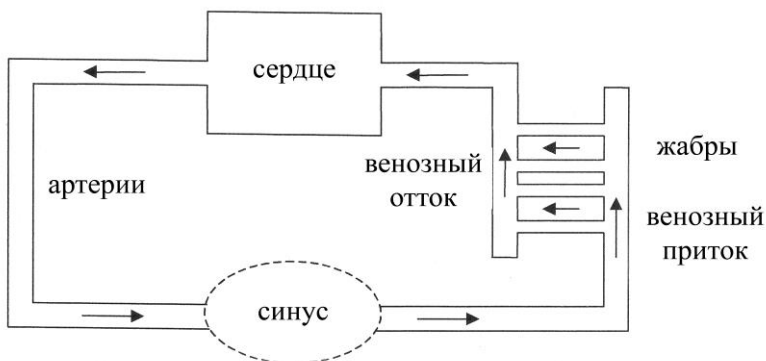


Рис. 44. Схема системы кровообращения у двустворчатых моллюсков (по Cheug, 1981, модификация Gagnaire, 2002).

Сердце находится напротив мускула-аддуктора в перикардиальной полости. Оно состоит из одного желудочка и двух предсердий. Желудочек прокачивает гемолимфу в передние и задние аорты.

Гемолимфа затем поступает и циркулирует в артериях и артериолах, потом в синусах разного размера, заключённых в органах и напрямую контактируют с гемолимфой. Очищенная в почках, гемолимфа направляется к жабрам, насыщается кислородом и по отточным сосудам течет к предсердиям.

Механизмы защиты.

Раковина и мантия представляют собой единый защитный механизм против агрессивной внешней среды. Группы чувствительных клеток, расположенных по всей длине края мантии, сигнализируют о возникающей опасности, и раковина закрывается. При открытой раковине мантия участвует в фильтрации воды и сортировке взвеси, отбрасывая слишком крупные частицы.

Иммунная система устриц не адаптирована, т.к. она лишена, так называемой, иммунной памяти (лимфоидных клеток и антител). Тем не менее, устрицы обладают механизмами определения чужеродных тел по принципу «свой - чужой».

Функционирование иммунной системы.

Гематоциты – форменные элементы гемолимфы, находятся в кровеносной системе (в сердце, артериях, венозных синусах и венах) и в кровеносных лакунах органов, а также просачиваются в ткани. Однако место и процесс образования гематоцитов до сих пор остаются неизвестными. Описаны два больших типа гематоцитов двустворчатых моллюсков: гранулециты, агранулециты или гиалиноциты. Гематоциты выполняют следующие функции:

- агрегация: образование конгломератов клеток (основа гемостатики) для обратимых состояний при возбуждениях;
- присоединение и перемещение на инертный или не инертный субстрат: явление, которое имеет отношение к агрегации по восстановлению поврежденных тканей или раковины;
- пластичность: гематоциты могут быть сферической или амебовидной формы с выдвинутыми псевдоподиями, что облегчает их перемещение;
- хемотаксис: гематоциты реагируют на вещества, продуцируемые чужими организмами или поступающими через раны, либо при воспалениях мягких тканей устрицы;
- репарация (заживление) ран: инфильтрация к поврежденным тканям, фагоцитоз осколков клеток, и восстановление эпителия;
- восстановление раковины путём переноса кальция и протеинов к поврежденным участкам, и дальнейшего депонирования этих элементов в места повреждений;
- секреция-экскреция: синтез большинства гидролитических ферментов, цитотоксических молекул; веществ, участвующих в гомеостазе; веществ, регулирующих ответ иммунитета на стресс или воспаление;
- механизмы защиты;
- пищеварение и транспорт питательных веществ.

Клеточный иммунитет.

Известно, что гемоциты играют важную роль в защитных функциях устриц. Выделяют три важных этапа в осуществлении защитного процесса: проникновение, фагоцитоз и инкапсуляция. Проникновение сопровождается концентрацией гемоцитов в месте

повреждения или инфекции. Далее происходит образование агрегатов из гемоцитов, замена поврежденных тканей на удлиненные гемоциты, складирование коллагена, элиминация некротических тканей фагоцитарными гемоцитами и реставрация строения нормальной ткани.

Гуморальный иммунитет.

Известен комплекс веществ, нейтрализующих патогенные агенты, токсины или загрязнители:

- гидролитические ферменты ответственны за лизис внутри клетки или во внеклеточном пространстве;
- белки стресса (шок – протеины) повышают возможность клеток выдерживать изменяющиеся внешние условия;
- синтез NO, катализируемый продуктом оксида натрия, выступает антибактериальным агентом;
- пероксидазы являются механизмом перекисного окисления;
- молекулярные цитотоксины и известные подобные им трансферины и лактоферины ингибируют патогенных агентов.

У *C. gigas* и *O. edulis* не известен ни один антимикробный белок. Описаны лишь некоторые типы молекул, отмеченные в гемолимфе устриц, которые проявляют антибактериальную и противовирусную активность. Механизмы детоксикации направлены на воздействие металотионина и гликопротеинов-R, проникающих через мембраны, для элиминации поллютантов или токсинов у устриц.

Патогенные агенты и смертность.

Наблюдаемая смертность среди выращиваемых и «диких» устриц может происходить от самых разных причин. Например, смертность может вызываться резкими изменениями в окружающей среде: резкое или длительное понижение солёности, резкое понижение или повышение температуры воздуха во время отлива или подъёма устриц из воды; кислородные заморы; отравление токсичным фитопланктоном, сероводородом, аммиаком; заиливание, либо сильное обрастание устричных садков, а также при длительном недостатке пищи. Причины смертности могут быть и чисто биологическими (физиологическими): ослабление устриц в процессе зимовки; после размножения; от болезней, провоцируемых

возбудителями болезней и паразитами; от воздействия хищников, особенно рапаны (рис. 45 цветной вкладыш, стр. 483).

Установлена логарифмическая зависимость максимального диаметра (d_{\max} , мкм) перфорированного отверстия в раковинах двустворчатых моллюсков от высоты раковины (H , мкм) молودي рапаны:

$$d_{\max} = 156,16 \cdot \ln(H) - 988,64,$$

где: $1367 \leq H$, мкм ≤ 10640 ; $R^2 = 0,9354$.

Взрослые особи рапаны применяют другие способы нападения на двустворчатые моллюски: удушение и выделение биотоксина.

Нередко неблагоприятные факторы совпадают: размножение при неудовлетворительной кормовой базе, слишком высокая температура воды с пониженной концентрацией кислорода и плохой промываемостью садков. Поступление больных или поражённых паразитами моллюсков также способствует распространению болезней.

Устрицы могут погибнуть в результате человеческой деятельности, например от одноразового или случайного слива в воду токсичных веществ, или от постоянного воздействия стоков хозяйственно-бытовой, промышленной, сельскохозяйственной и прочей (обработка лесных массивов на побережье, применение противообрастающих красок и т.д.) деятельности.

Смертность устриц может возникнуть на перегруженных моллюсками фермах, от неправильного хранения в воде запаса устриц, подготовленного для реализации.

Большинство случаев необычной смертности наблюдалось как у *C. gigas*, так и у *O. edulis*. При этом было обнаружено большое количество патогенных агентов (возбудителей болезней). Описание патогенных агентов для коммерческих моллюсков представлено в «Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish» (Bower et al., 1994; Bower & McGladdery, 2003).

Паразиты и возбудители болезней.

Mikrocytos mackini – обнаруживается в соединительной ткани. Болезнь развивается весной и проявляется присутствием точек серого цвета на мантии и на лабиальных пальцах. При изучении на гистологических препаратах содержимого капсул с паразитами, находящимися в соединительной ткани или мышцах, обнаружены

гемоциты, объединённые в интенсивные инфильтраты. Этот паразит описан в Канаде и вызывает смертность до 15-35% устриц. Он представляет опасность для большинства двустворчатых моллюсков.

Haplosporidium nelsoni – паразит американской устрицы *Crassostrea virginica*, который вызывает их гибель вследствие прогрессирующей деструкции эпителия желудка. Этот паразит был отмечен также у *C. gigas*, но смертность не вызывал.

Marteilioides chungmuensis – паразит, который находится в цитоплазме ооцитов *C. gigas*, лимитируя выращивание устриц в Корее и Японии, где уровень поражения достигает 40-70%. При сильной инфекции, происходит некроз ооцитов. Без сомнения, смертность приносит коммерческий убыток и отрицательно отражается на воспроизводстве популяции.

Mytilicola orientalis – копепода (ракообразные), прикрепляется к внутренним перегородкам и может вызывать модификацию структуры и (или) формы клеток. При сильном поражении (более 5 паразитов на устрицу), устрица ослабевает вследствие уменьшения запасов гликогена. Болезнь заканчивается гибелью моллюска.

Раковина устриц может быть повреждена полихетами из рода *Polydora* (рис. 46 цветной вкладыш, стр.483) или губкой рода *Cliona*. Эти повреждения не вызывают смертность устриц, но уменьшают индекс кондиции (содержание мяса) и, следовательно, снижают коммерческую привлекательность моллюсков.

В пораженные паразитами устрицы часто поселяются инфузории, чтобы поживиться бактериями, которыми богаты ткани умирающей устрицы, поэтому в некоторых случаях определить вид истинного возбудителя очень трудно. При высоких уровнях смертности (50%), в пищеварительном тракте *C. sikamea* и *C. gigas* находили одинокие потенциально патогенные реснитчатые организмы (одноклеточные).

Обнаружены и описаны и другие паразиты, которые не так часто встречаются в устрицах: это трематоды (*Bucephalus* sp. и *Gymnophalloides* sp.) на стадии метацеркарий; копеподы, паразитирующие на жабрах и могут быть опасными в случае сильной инфекции; крабы (*Pinnotheres pholadis*), обитающие между складками мантии, не наносящие повреждений хозяину, но уменьшают коммерческую ценность устриц; грегарины (*Nematopsis*

sp.), которые представлены в жабрах на различных стадиях развития; турбеллярии, обитающие в межстворчатой полости устрицы, не патогенны для устриц; нематоды, которые обнаружены в гонадах.

Вирусы.

Вирусные инфекции ответственны за высокую смертность гигантской устрицы. Иридовирус считается причиной исчезновения на французской литорали, так называемой португальской устрицы *S. angulata*. Первая эпизоотия, названная жаберной болезнью, распространилась в популяции *S. angulata* в 1967 году. Первыми симптомами были жёлтые пятна на жабрах. Сходные образования были обнаружены на лабиальных пальпах, по краю которых было множество некротических повреждений и гигантские клетки с вириоплазмой. Вторая эпизоотия, названная гемоцитарной болезнью, отмечена в 1970 г. во многих популяциях *S. angulata*. Никакой специфический макроскопический симптом не ассоциировался с этой инфекцией, вызывающей ослабление мускула-аддуктора. Повреждениями гистологического характера являются интенсивная инфильтрация гематоцитов в соединительной ткани и присутствие атипичных гематоцитов, содержащих вириоплазму.

После прекращения массовой гибели устриц, поиски причин болезни были закончены и агент, вызывающий болезнь, не был выделен. *S. gigas* оказалась резистентной к этой патологии, поскольку её смертность не наблюдалась в популяциях, расположенных в непосредственной близости к популяциям *S. angulata*, и подвергшихся этой эпизоотии.

Болезнь велюма, вызванная иридовирусом, описана для личинок устриц, культивируемых в питомнике. Общие потери достигали 50%. Болезнь характеризуется уменьшением плавательной активности личинок и их сосредоточением у дна. Повреждения обнаруживаются в эпителии велюма, жабр и мантии.

Первое описание герпесвируса у двустворчатых моллюсков датируется 1972 г. Этот вирус вызывал до 50% смертности при температуре воды 28-30°C, тогда как при 12-18°C смертность личинок составила только 18%. Он был обнаружен при помощи трансмиссионного электронного микроскопа. В 1992 г. вирус (тип герпеса) стал причиной высокого уровня смертности личинок

устрицы *C. gigas*, выращиваемых в питомнике Новой Зеландии и Франции.

В течение 1993-1995 и 2008 гг. была отмечена высокая смертность (80-90%) спата *C. gigas*, выращенного в питомниках, по причине поражения вирусом (тип герпеса OsHV1). Болезнь проявлялась в виде лизиса соединительной ткани мантии и вельюма у личинок, мантии и жабр – у спата (устричной молодежи). В клетках повреждался хроматин, который выглядел конденсированным. Частицы вирусов наблюдались в ядре и цитоплазме инфицированных клеток.

При инфекции, вызванной вирусом типа паповавирус, индуцируется гипертрофическое развитие гамет и эпителия. Этот вирус реплицируется в ядре клетки хозяина.

Бактерии.

Болезнь лигамента и замка у ювенильных устриц *C. gigas*, вызываемая бактерией рода *Cytophaga*, заканчивается массовой гибелью (70-90% за неделю) в результате некроза ткани мантии. Болезнь сопровождается потерей структуры и механической целостности лигамента и замка.

Бактерии, относящиеся к родам *Chlamydia* и *Rickettsia*, обнаружены в *C. gigas* в форме микроколоний в эпителиальных клетках жабр, желудка и мантии. Обычно, инфекции слабой интенсивности не приводят к смертности.

У спата (размером 1-8 мм), выращенного в интенсивной культуре, описаны случаи высокого уровня смертности в результате образования абсцесса, расположенного на внутренней поверхности раковины, соприкасающейся с мантией. Когда мантия лизируется развивающимися бактериями, болезнь заканчивается гибелью моллюска. Бактерии, вызывающие эту болезнь, не идентифицированы.

Грибы – паразиты.

Гриб *Ostracoblabe implexa* развивается в раковинах многих видов устриц (*O. edulis*, *Saccostrea cucullata*, *C. gigas*, *C. angulata*). Однако устрица *C. gigas* является более устойчивой к заболеванию.

Причины поражения *O. edulis*, возможно, заключены в особом строении и химическом составе раковины. Раковина состоит из трех слоев: периостракума, призматического и перламутрового.

Периостракум служит защитой раковин у всех моллюсков. У черноморской устрицы – это тонкий конхиолиновый слой, толщиной 1 мкм, быстро стирающийся по мере их роста. Призматический слой образован из кристаллов кальцита в конхиолиновой матрице (рис. 47 А). Третий слой – перламутровый, состоит из слоев пластинок кальцита внутри тонких мембран конхиолина (рис. 47В). Доля органического вещества в раковине черноморской устрицы выше, чем у других видов устриц: 0,6% – в перламутровом слое и 3,4% – в призматическом.

Болезнь представлена двумя стадиями. На первом этапе под перламутровым слоем появляются белые пятна, которые затем распространяются в виде облака и обнаруживаются только при вскрытии раковины (рис. 48А цветной вкладыш, стр. 484).

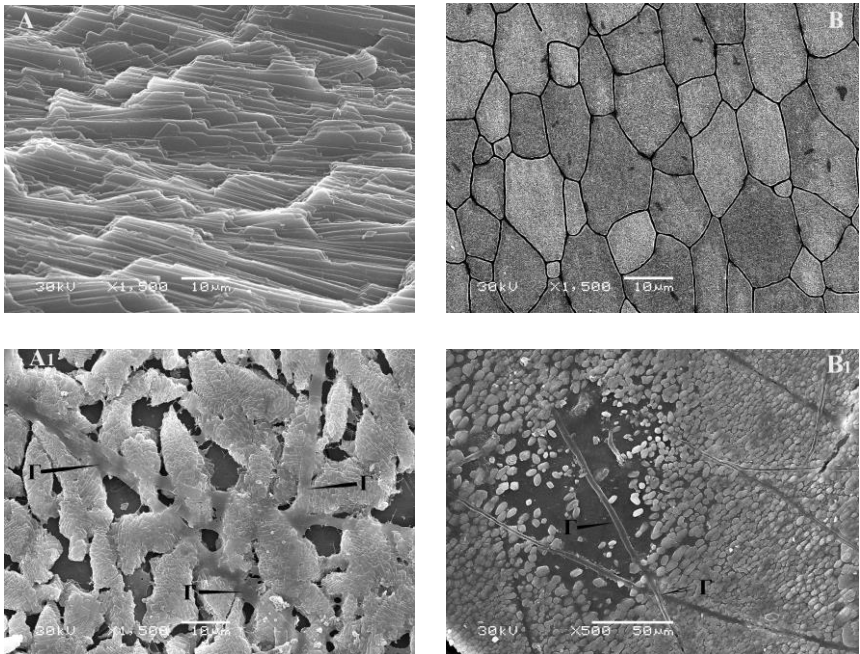


Рис. 47. Строение призматического (А) и перламутрового (В) слоя раковины здоровой устрицы *O. edulis* и поражённой грибом *Ostracoblabe implexa* (А₁ и В₁) – вторая стадия болезни. Стрелками обозначены гифы гриба

Вторая стадия может быть обнаружена по внешним признакам, например по хрупкости ростового края раковины. При вскрытии таких особей или гибели устрицы видны наросты, камеры и темные пятна на внутренней части раковины (рис. 47 А₁, В₁; рис. 48 цветной вкладыш, стр. 484).

Если на первой стадии болезни физиологические функции моллюска изменяются незначительно, то на втором этапе уменьшается объём межстворчатой полости, происходит похудение моллюска, деструкция аддуктора, а у самок – абортивные выметы яйцеклеток или несформированных велигеров. Пораженные устрицы более восприимчивы к изменениям экологических факторов, малоустойчивы к другим заболеваниям.

Грибом могут быть поражены устрицы разного размера, в том числе и спат. Болезнь ограничивается раковинной, но гриб может прорасти к мантии, что вызывает дополнительную выработку конхиолина. Если инфекция достигает зоны прикрепления мускула (см. рис. 48 Б; рис. 49 цветной вкладыш, стр. 484) или замка, то раковина перестает смыкаться и устрица погибает.

Определен температурный оптимум для размножения гриба-паразита – это температура воды 20-22°C в течение 14 дней. При таких значениях температуры происходит нерест черноморских устриц. Споры гриба сохраняются продолжительное время на пораженных створках мертвых устриц. Слабое течение воды благоприятствует закреплению спор.

О распространении раковинной болезни среди устриц *O. edulis* в Чёрном море стало известно в конце 70-х г. XX ст. Болезнь была выявлена в Егорлыцком, Джарылгачском, Каркинитском заливах и в озере Донузлав, т. е. в районах сосредоточения основных запасов устриц. Количество заболевших моллюсков в Джарылгачском заливе за период с 1980 по 1984 гг. возросло с 38 до 72%, а в Егорлыцком заливе живых особей не удавалось найти. Было установлено, что устриц из Каркинитского и Джарылгачского заливов нельзя использовать в качестве производителей, т.к. с молодью переносится болезнь раковины. Однако отмечалось, что ещё в начале 70-х годов численность вида резко снизилась. В северо-западной части Чёрного моря с 1973 по 1975 гг. природные запасы устриц сократились в 9-11

раз. Вид *O. edulis* был включен в Красную Книгу Украины (Червона Книга, 1994), и его статус отнесён к категории видов, находящихся под угрозой исчезновения. А в 2015 г. – черноморская устрица занесена в Красную Книгу Крыма, как редко встречающийся вид, и рекомендовано его воспроизводство. В настоящее время лишь в некоторых местах сохранились разреженные поселения устриц. В озере Донузлав возле поселка Новоозёрный на камнях, расположенных на глубине от 0,5 до 5,0 м, были найдены устрицы. Однако все они были поражены раковинной болезнью (данные авторов). При повторном обследовании осенью 2015 г. живых устриц не было обнаружено.

Раковинная болезнь устриц в Чёрном море развилась и распространялась на фоне резко изменившихся условий окружающей среды. В 70-е годы, по сравнению с 60-ми, в северо-западной части моря концентрация нитратов и фосфатов возросла соответственно в 8,4 и 17 раз. Как следствие – биомасса микроводорослей увеличилась в 18 раз, а в следующее десятилетие – еще в два раза. Изменился видовой состав фитопланктона, входящий в спектр питания устриц. Площадь зон «цветения» воды в море увеличилась на порядок величин. Сильная эвтрофикация прибрежных вод стала причиной заморных явлений у дна на глубинах до 35 м – мест обитания моллюсков-фильтраторов.

Возросший уровень пестицидов в морской воде оказал негативное влияние на всё население Чёрного моря, кроме водных грибов, у которых под воздействием ДДТ и его производных увеличивается проницаемость клеточных оболочек для различных питательных веществ, что обеспечивает интенсивный рост мицелия.

Опыт четырёхлетней работы по воспроизводству черноморской устрицы *O. edulis* в питомнике позволил нам разработать меры профилактики болезни устриц и определить направления их генетического улучшения (рис. 50).

- Заглубление садков с устрицами в летний период, поскольку устрицы поражаются раковинной болезнью там, где температура воды выше 19°C в течение двух недель.

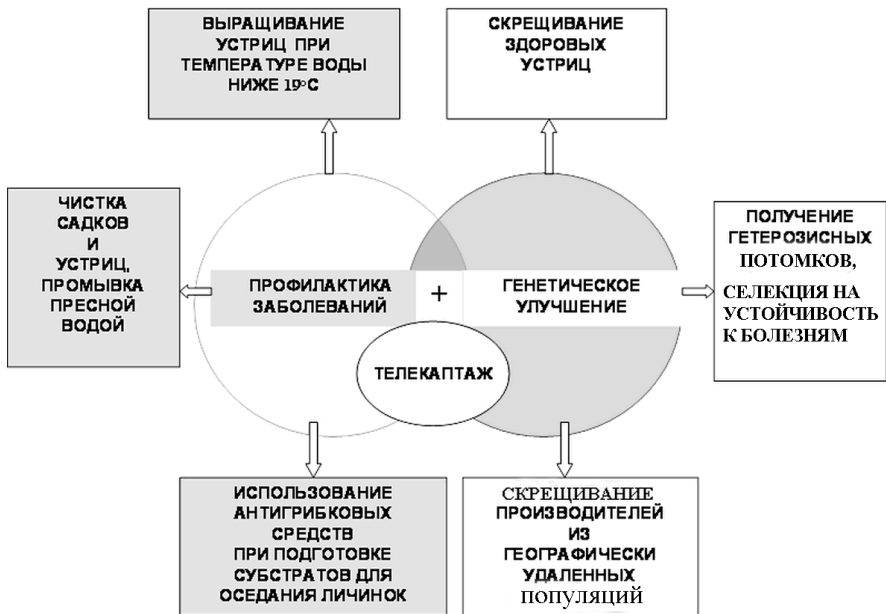


Рис. 50. Схема профилактики болезни и генетического улучшения устриц *Ostrea edulis*.

- Обязательная периодическая чистка садков и устриц и промывка их пресной водой, особенно в сентябре-октябре, с целью устранения молоди рапаны, осевшей в садки, организмов-обрастателей, разрушающих защитный конхиолиновый слой раковины, и находящихся в иле спор гриба-паразита.
- Обработка субстратов для оседания антигрибковыми средствами.

В настоящее время воспроизводство черноморских устриц не возможно без генетического улучшения, которое включает:

- Скрещивание здоровых производителей, устойчивых к заболеванию.
- Скрещивание устриц, отобранных из географически удалённых популяций.

- Получение гетерозисных потомков, отличающихся высоким уровнем выживаемости. Эффективность этого метода была показано на примере гигантской устрицы *C. gigas*.

Применение метода телекапжа – перенос педивелигеров без воды на значительные расстояния в стерильных условиях при низкой температуре, позволит обеспечить посадочным материалом устричные фермы, удалённые от питомника (см. стр. 310).

1.4. Биология одноклеточных водорослей

Кормовые объекты мидий и устриц – одноклеточные водоросли. Это низшие, т.е. слоевищные (лишённые расчленения на стебель и листья) споровые растения, содержащие в клетках хлорофилл и живущие преимущественно в пресной и морской воде, а также на суше – в почве, на коре деревьев, камнях и т.д.

Разделение водорослей на систематические группы в основном совпадает с характером их окраски, связанной с особенностями строения. В современной систематике выделяют десять отделов водорослей:

1. Сине-зелёные водоросли или цианеи (Cyanophyta);
2. Красные водоросли (Rhodophyta);
3. Зелёные водоросли (Chlorophyta);
4. Золотистые водоросли (Chrysophyta);
5. Диатомовые водоросли (Bacillariophyta);
6. Желто-зелёные водоросли (Xanthophyta);
7. Бурые водоросли (Phaeophyta);
8. Пирофитовые водоросли (Pyrophyta);
9. Эвгленовые водоросли (Euglenophyta);
10. Харовые водоросли (Charophyta).

Кормовой базой для личинок и взрослых особей двустворчатых моллюсков служат микроводоросли, которые относятся к четырём классам: золотистые, зелёные, диатомовые и криптофитовые.

1.4.1. Морфология и анатомия одноклеточных водорослей

Клетка – основная структурная единица тела водорослей, представленных либо одноклеточными, либо многоклеточными

формами. Особенность одноклеточных форм определяется тем, что их организмы состоят всего из одной клетки, поэтому в её строении и физиологии сочетаются клеточные и организменные черты.

Мелкие, не видимые простым глазом одноклеточные водоросли, являются своеобразной фабрикой, которая добывает сырьё, (поглощая из окружающей среды растворы минеральных солей и углекислоту), перерабатывает их и производит белки, углеводы и жиры (рис. 51).

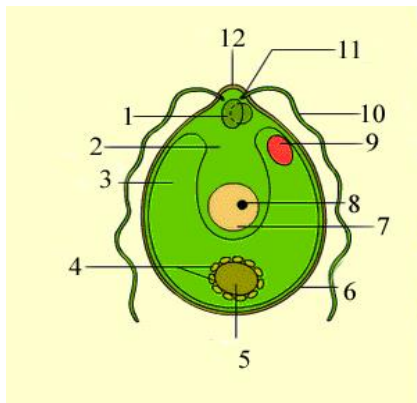


Рис. 51. Внешний вид растительной клетки: 1 – сократительные вакуоли; 2 – цитоплазма; 3 – чашеобразный хроматофор; 4 – зёрна крахмала; 5 – пиреноид; 6 – клеточная стенка; 7 – ядро; 8 – ядрышко; 9 – глазок; 10 – жгутик; 11 – базальное тельце; 12 – папилла.

<http://shkole.ostriv.in.ua>

Кроме этого клетки обладают способностью использовать для питания углекислый газ и воду и, за счет солнечной энергии, создавать на их основе из неорганических соединений – органические.

Клетка водорослей, представляет собой целостную живую систему. Она состоит из трех неразрывно связанных между собой частей: оболочки, цитоплазмы и ядра (рис. 52).

Оболочка клеток. У микроводорослей на поверхности клеток расположена плотная оболочка, или клеточная стенка. Оболочка клетки осуществляет непосредственное взаимодействие с внешней средой и с соседними клетками (в многоклеточных организмах). Оболочка клеток имеет сложное строение. Она состоит из наружного слоя и расположенной под ним плазматической мембраны. Основным скелетным веществом оболочек клеток водорослей является целлюлоза. Нитчатые молекулы целлюлозы собраны в оболочках в структурные единицы – микрофибриллы, составляющие каркас оболочки.

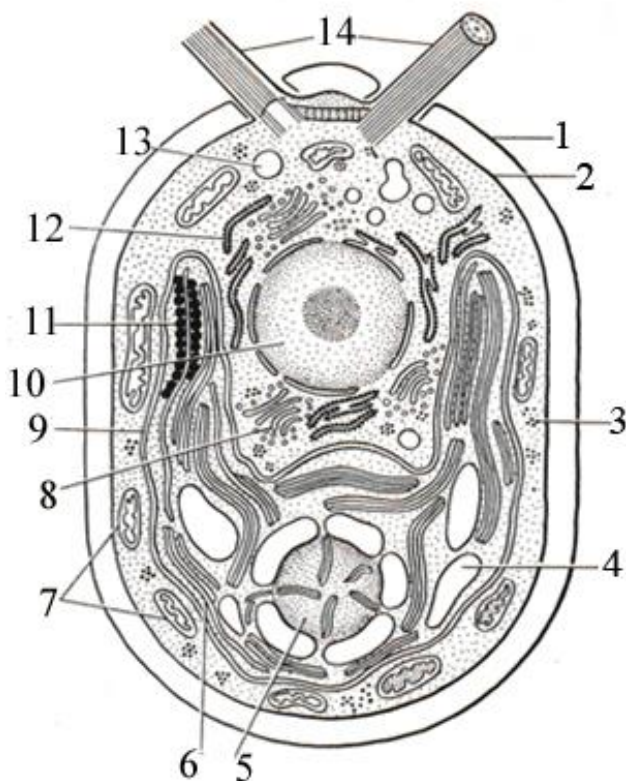


Рис. 52. Схема строения растительной клетки: 1 – клеточная стенка, 2 – цитоплазматическая мембрана, 3 – рибосомы, 4 – крахмал, 5 – пиреноид, 6 – тилакоиды, 7 – митохондрии, 8 – диктиосомы, 9 – оболочка хроматофора, 10 – ядро, 11 – стигма, 12 – эндоплазматическая сеть, 13 – пульсирующие вакуоли, 14 – жгутик (по Горбуновой, 1991).

Толщина и количество слоёв оболочки клеток водорослей неодинаковы у разных видов. В большинстве случаев оболочка состоит из 2-3, реже 4 слоёв. Толщина оболочки варьирует также в зависимости от возраста и состояния клеток, условий выращивания.

Оболочка клеток водорослей пронизана порами, размеры которых колеблются от 12 до 60 нм. Через поры осуществляется связь протопласта с внешней средой. Клеточная стенка играет

исключительно важную роль: она представляет собой внешний каркас, защитную оболочку, обеспечивает тургор клеток: через клеточную стенку проходит вода, соли, молекулы многих органических веществ.

Клеточные оболочки водорослей весьма разнообразны по своему строению и химическому составу. У многих водорослей клеточные оболочки пропитываются солями железа (красные водоросли), кальция (зелёные, бурые, красные водоросли), кремния (диатомовые). У диатомовых водорослей соли создают своеобразный кремниевый панцирь.

Плазматическая мембрана.

Под клеточной оболочкой расположена плазматическая мембрана (лат. «мембрана» – кожа, пленка), граничащая непосредственно с цитоплазмой. Толщина плазматической мембраны около 10 нм; изучение её строения и функций возможно только с помощью электронного микроскопа. В состав плазматической мембраны входят белки и липиды. Они упорядочено расположены и соединены друг с другом химическими связями. По литературным данным молекулы липидов в плазматической мембране расположены в два ряда и образуют сплошной слой. Молекулы белков не образуют сплошного слоя, они располагаются в слое липидов, погружаясь в него на разную глубину. Молекулы белка и липидов подвижны, что обеспечивает динамичность плазматической мембраны.

Плазматическая мембрана выполняет много важных функций, от которых зависит жизнедеятельность клеток. Одна из таких функций: образование барьера, отделяющего внутреннее содержимое клетки от внешней среды. Но между клетками и внешней средой постоянно происходит обмен веществ. Из внешней среды в клетку поступает вода, разнообразные соли в форме отдельных ионов, неорганические и органические молекулы. Они проникают в клетку через очень тонкие каналы плазматической мембраны. Во внешнюю среду выводятся продукты, образованные в клетке. Транспорт веществ – одна из главных функций плазматической мембраны. Через плазматическую мембрану из клетки выводятся продукты обмена, а также вещества, синтезированные в клетке.

Цитоплазма.

Цитоплазма представляет собой внутреннюю полужидкую среду клеток, ограниченную от внешней среды плазматической мембраной. В цитоплазме клеток находятся ядро и различные органоиды. Ядро располагается в центральной части цитоплазмы. Форма и размеры ядра зависят от формы и размера клеток. В цитоплазме сосредоточены и разнообразные включения – продукты клеточной деятельности, вакуоли, а также мельчайшие трубочки и нити, образующие скелет клетки. Вакуоли – заполненные жидкостью полости, которые содержат растворённые питательные вещества, минеральные соли и газы.

В цитоплазме протекают основные процессы обмена веществ. Она объединяет в одно целое ядро и все органеллы, обеспечивает их взаимодействие, в результате чего клетка функционирует как целостная единая живая система. Клетки водорослей содержат следующие основные органеллы: эндоплазматическую сеть, аппарат Гольджи, митохондрии, хлоропласты, вакуоли, ядро.

Эндоплазматическая сеть.

Вся внутренняя зона цитоплазмы заполнена многочисленными мелкими каналами и полостями, стенки которых представляют собой мембраны, сходные по своей структуре с плазматической мембраной. Эти каналы ветвятся, соединяются друг с другом и образуют сеть, получившую название эндоплазматической сети. Эндоплазматическая сеть неоднородна по своему строению. Известны два её типа – гранулярная и гладкая. На мембранах каналов и полостей гранулярной сети располагается множество мелких округлых телец – рибосом, которые придают мембранам шероховатый вид. Мембраны гладкой эндоплазматической сети не несут рибосом на своей поверхности.

Эндоплазматическая сеть выполняет много разнообразных функций. Основная функция гранулярной эндоплазматической сети – участие в синтезе белка, который осуществляется в рибосомах.

На мембранах гладкой эндоплазматической сети происходит синтез липидов и углеводов. Все эти продукты синтеза накапливаются в каналах и полостях, а затем транспортируются к различным органоидам клетки, где потребляются или накапливаются в цитоплазме в качестве клеточных включений.

Эндоплазматическая сеть связывает между собой основные органоиды клетки.

Рибосомы.

Рибосомы обнаружены в клетках всех организмов. Это микроскопические тельца округлой формы диаметром 15-20 нм. Каждая рибосома состоит из двух неодинаковых по размерам частиц, малой и большой. В одной клетке содержится много тысяч рибосом, они располагаются либо на мембранах гранулярной эндоплазматической сети, либо свободно лежат в цитоплазме. В состав рибосом входят белки и рибонуклеиновые кислоты (РНК). Функция рибосом – синтез белка.

Синтез белка это сложный процесс, который осуществляется не одной рибосомой, а целой группой, включающей до нескольких десятков объединённых рибосом. Такую группу рибосом называют полисомой. Синтезированные белки сначала накапливаются в каналах и полостях эндоплазматической сети, а затем транспортируются к органоидам и участкам клетки, где они потребляются. Эндоплазматическая сеть и рибосомы, расположенные на её мембранах, представляют собой единый аппарат биосинтеза и транспортировки белков.

Аппарат Гольджи.

В клетках водорослей аппарат Гольджи состоит из отдельных диктиосом – стопок из 2-7 и более плоских круглых мешочков или цистерн, диаметром около 1 мкм и толщиной 20-40 нм. Они ограничены одинарной мембраной и пузырьками Гольджи, расположенными на концах цистерн.

Аппарат Гольджи выполняет много важных функций. Одна из главных – регуляция содержания воды в клетке. По каналам эндоплазматической сети к нему транспортируются продукты синтетической деятельности клетки – белки, углеводы и жиры. Все эти вещества сначала накапливаются, а затем, в виде крупных и мелких пузырьков, поступают в цитоплазму и используются самой клеткой в процессе её жизнедеятельности, либо выводятся из неё. Ещё одна важная функция этого органоида заключается в том, что на его мембранах происходит синтез жиров и углеводов (полисахаридов), которые используются в клетке и которые входят

в состав мембран. Благодаря деятельности аппарата Гольджи происходят обновление и рост плазматической мембраны.

Пластиды.

В цитоплазме клеток всех растений, в отличие от животных, находятся пластиды. Различают три основных типа пластид: зелёные – хлоропласты; красные, оранжевые и жёлтые – хромопласты и бесцветные – лейкопласты. Клетки одноклеточных водорослей содержат хлоропласты (хроматофоры). Хлоропласты могут быть чашевидными, лентовидными, спиралевидными, пластинчатыми, звёздчатыми. У многих видов одноклеточных водорослей в клетках содержится по одному очень крупному хлоропласту. У других видов водорослей хлоропласты многочисленны и имеют вид зёрен или дисков, сосредоточенных в пристенной цитоплазме. Реже хроматофоры занимают в клетке центральное положение. Зелёный цвет хлоропластов часто маскируется другими веществами – пигментами, поэтому окраска водорослей многообразна (зелёная, розовая, красная, и др.).

Хлоропласт. Размеры хлоропластов 4-6 мкм, наиболее часто они имеют овальную форму. От цитоплазмы хлоропласт отделён двумя мембранами: наружной и внутренней. Наружная мембрана гладкая, без складок и выростов, а внутренняя образует много складчатых выростов, направленных внутрь хлоропласта. Поэтому внутри хлоропласта сосредоточено большое количество мембран, образующих особые структуры – граны. Они сложены наподобие стопки монет. В мембранах гран располагаются молекулы хлорофилла, поэтому именно здесь происходит фотосинтез. Зелёный цвет хлоропластов зависит от содержания в них пигмента хлорофилла *a*. Хлоропласт – основной органоид клеток водорослей, в котором происходит фотосинтез, т.е. образование органических веществ (углеводов) из неорганических (CO_2 и H_2O) при использовании энергии солнечного света. В хлоропластах синтезируется и АТФ. Между внутренними мембранами хлоропласта содержатся ДНК, РНК и рибосомы. Следовательно, в хлоропластах, так же, как и в рибосомах, происходит синтез белка, необходимого для деятельности этих органоидов. Хлоропласты размножаются делением.

В матриксе хлоропласта находятся особые включения – *пиреноиды*. Пиреноид представляет собой образование белковой природы, размером 3-12 мкм и обычно окружён крахмальными зёрнами. У большинства водорослей пиреноид находится внутри хлоропласта.

Стигма.

У подвижных форм водорослей в хлоропласте располагается специфическая фоторецепторная органелла – стигма (или глазок) имеющая в прижизненном состоянии сферическую, палочковидную, линзовидную или трапециевидную форму. Глазок обычно имеет кирпично-красный цвет, т.к. содержит пигмент астаксантин. Основная функция стигмы – регуляция направленного движения клеток путём улавливания световых импульсов и трансформация их передачи жгутиковому аппарату. В клетках, длительное время находящихся в темноте, глазок исчезает, но при перенесении культуры на свет появляется снова.

Клетки водорослей бывают подвижные и неподвижные. Подвижные клетки снабжены одним или несколькими бичевидными придатками – жгутиками, биение которых проталкивает их сквозь толщу воды. По соотношению длины жгутиков в пределах одной клетки водоросли делят на две группы: равножгутиковые и разножгутиковые. У разножгутиковых длинный жгутик направлен вперёд и работает энергичнее, чем короткий, который обращён в сторону или назад по ходу движения клетки. Жгутики бывают гладкими или опушёнными. У равножгутиковых водорослей оба жгутика опушены; у разножгутиковых опушён преимущественно двигательный, передний жгутик. Среди одноклеточных водорослей встречаются одно- и двухжгутиковые формы. У некоторых золотистых водорослей между двумя подвижными жгутиками располагается третий – неподвижный жгутик. С его помощью клетка прикрепляется к субстрату (твёрдой поверхности).

Вакуоли.

Вакуоли являются производными эндоплазматической сети, ограниченные мембраной – тонопластом и заполненные водянистым содержимым – клеточным соком. В молодых делящихся растительных клетках вакуоли представляют систему канальцев и пузырьков (провакуоли), по мере роста клеток они увеличиваются, а

затем сливаются в одну большую центральную вакуоль. Она занимает от 70 до 90% объёма клетки, в то время как протопласт располагается в виде тонкого постенного слоя.

В основном увеличение размеров клетки происходит за счёт роста вакуоли. В результате этого возникает тургорное давление и поддерживается упругость клеток и тканей. Содержимое вакуоли – клеточный сок, который представляет собой слабокислый (рН 2-5) водный раствор различных органических и неорганических веществ. По химическому составу и консистенции клеточный сок существенно отличается от протопласта. Эти различия связаны с избирательной проницаемостью тонопласта, выполняющего барьерную функцию.

Функции вакуолей многообразны. Они формируют внутреннюю водную среду клетки, и с их помощью осуществляется регуляция водно-солевого обмена. В этом плане очень важна роль тонопласта, участвующего в активном транспорте и накоплении в вакуолях некоторых ионов. Другая важнейшая роль вакуолей состоит в поддержании тургорного гидростатического давления внутриклеточной жидкости в клетке. Третья их функция – накопление запасных веществ и "захоронение" отходов, т.е. конечных продуктов метаболизма клетки.

Для подвижных клеток, а иногда и для неподвижных одноклеточных водорослей, характерно наличие сократительных вакуолей, располагающихся обычно у жгутиковых форм в основании жгутиков и выполняющих роль осморегулятора. Вакуольная система водорослей может быть представлена вакуолями разных размеров, у большинства видов одноклеточных водорослей вакуоль занимает определенное место в клетке.

Митохондрии.

В цитоплазме большинства клеток растений содержатся мелкие тельца (0,2-7 мкм) – митохондрии. Они являются неотъемлемой частью всех живых эукариотических клеток. Митохондрии хорошо видны в световой микроскоп, с помощью которого можно рассмотреть их форму, расположение, сосчитать количество. Форма, величина и их число постоянно меняются. Число митохондрий варьирует от нескольких десятков до сотен. По форме они чаще всего эллиптические или округлые.

Внутреннее строение митохондрий изучено с помощью электронного микроскопа. Снаружи митохондрии окружены оболочкой, состоящей из двух мембран (наружной и внутренней), которые не связаны с эндоплазматической сетью цитоплазмы. Наружная мембрана гладкая, она не образует никаких складок и выростов. Внутренняя мембрана, напротив, образует многочисленные складки, которые направлены в полость митохондрии. Складки внутренней мембраны называют кристами (лат. "криста" – гребень, вырост). Число крист неодинаково в митохондриях разных клеток. Их может быть от нескольких десятков до нескольких сотен, причем особенно много крист в митохондриях активно функционирующих клеток.

Митохондрии называют "силовыми станциями клеток", т.к. их основная функция – синтез аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Богатые энергией молекулы АТФ синтезируются при реакции окислительного фосфорилирования. Энергия, запасаемая АТФ, производится в результате окисления в митохондриях различных энергетически богатых веществ, главным образом сахаров.

Эта кислота синтезируется в митохондриях клеток всех организмов и представляет собой универсальный источник энергии, необходимый для осуществления процессов жизнедеятельности клетки.

Ядро.

Ядро – наиболее крупный и наиболее важный органоид клетки. Клетка, лишённая ядра, способна жить лишь короткое время. Ядро регулирует процессы жизнедеятельности клетки, а также сохраняет и передает её наследственную информацию.

Ядро всегда лежит в цитоплазме. Размеры ядра различны: от 2-3 до 50 мкм (у половых клеток). Форма его чаще всего шаровидная или эллипсоидная. В молодых клетках оно занимает центральное положение, но позднее обычно смещается к оболочке, отесняемое растущей вакуолью. Форма и размеры ядра зависят от формы и размера клеток. В большинстве клеток имеется одно ядро, и такие клетки называют одноядерными. Существуют также клетки с двумя, тремя, с несколькими десятками и даже сотнями ядер. Это – многоядерные клетки.

Снаружи ядро покрыто ядерной оболочкой, состоящей из двух мембран (наружной и внутренней), между которыми имеется щель – околядерное пространство. Оболочка прерывается порами. Наружная мембрана оболочки образует выросты, непосредственно переходящие в стенки эндоплазматической сети. Поры и прямая связь эндоплазматической сети с околядерным пространством обеспечивают тесный контакт между ядром и цитоплазмой. Внутреннюю часть ядра составляет матрикс (нуклеоплазма), хроматин и ядрышко.

Хроматин и ядрышко погружены в матрикс. Хроматин представляет собой хромосомы в деспирализованном состоянии. Хромосомы, в свою очередь, состоят из двух хроматид, соединенных перемычкой – центромерой. Основой хромосом является нить ДНК, которая несет информацию о строении белков клетки.

Ядрышко – обособленная, более уплотненная часть ядра округлой или овальной формы. Предполагается, что ядрышко является центром синтеза РНК. Нуклеоплазма (кариоплазма, основное вещество, матрикс) – водянистая фаза ядра, в которой в растворённом виде находятся продукты жизнедеятельности ядерных структур.

Клеточные включения.

К клеточным включениям относятся углеводы, жиры и белки. Все эти вещества накапливаются в цитоплазме клетки в виде капель и зёрен различной величины и формы. Они периодически синтезируются в клетке и используются в процессе обмена веществ.

Размножение. Для одноклеточных водорослей характерно три типа размножения: *вегетативное, бесполое и половое.*

Вегетативное размножение.

Почти все одноклеточные водоросли способны размножаться простым делением. Клетка водоросли вытягивается и на экваторе намечается поперечная перегородка, постепенно углубляющаяся и делящая организм на две более или менее равные части. Деление цитоплазмы сопровождается делением ядра. В результате возникают две новые дочерние клетки, совершенно аналогичные родительской клетке. Затем обе дочерние клетки, в свою очередь, тоже делятся, и этот процесс может продолжаться определённое время. У

жгутиковых форм, представляющих высшую степень одноклеточной организации, встречаются наиболее сложные типы вегетативного размножения, которые определяются уровнем организации и степенью полярности клеток:

- размножение в подвижном состоянии, сопровождаемое продольным делением тела надвое. Каждая из клеток получает половину жгутиков, имевшихся до начала размножения, а другую достраивает;
- размножение в неподвижном состоянии, когда водоросли перед делением становятся неподвижными, сбрасывают внешнюю часть жгутика и окутываются слизистым чехлом. Сначала у них делится ядро, затем образуется новый жгутиковый аппарат, после чего клетка делится пополам.

Бесполое размножение водорослей осуществляется с помощью специализированных клеток – спор или зооспор (спор со жгутиками). Отличительная особенность спор и зооспор – упрощённая по сравнению с обычными клетками форма и мелкие размеры. Они бывают шаровидными, эллипсовидными или яйцевидными, покрытыми оболочкой или без неё.

Споры и зооспоры образуются в особых клетках, называемых спорангиями. Образованию спор и зооспор предшествует деление ядра. Дочерние ядра равномерно распределяются в цитоплазме. Одновременно делятся хлоропласты и другие органеллы, после группировки их вокруг отдельных ядер происходит деление цитоплазмы и окончательное формирование спор или зооспор, которые приобретают форму материнской клетки.

У большинства одноклеточных водорослей бесполое размножение осуществляется посредством зооспор. Зооспоры могут иметь различное строение, что в известной мере отражает различия в строении одноклеточных водорослей. Зооспоры бывают с одним, двумя, четырьмя или множеством жгутиков; в последнем случае они располагаются венчиком на конце.

Споры и зооспоры обычно выходят в воду через отверстие в стенке спорангия целой группой, окружённые слизистой оболочкой, которая вскоре раскрывается. На выходе, находясь ещё в

общей оболочке, начинают активно двигаться, а после разрыва оболочки моментально расплываются в разные стороны.

При бесполом размножении, так же, как и при вегетативном, не происходит рекомбинации и слияния наследственного материала, поэтому дочерние особи несут тот же набор генов, что и родительские.

Половое размножение водорослей связано с половым процессом, который заключается не только в слиянии двух клеток, но и в обмене наследственной информацией. Гораздо чаще половое размножение у водорослей связано с дроблением содержимого клеток и образованием внутри их специализированных половых клеток – гамет. При половом размножении у водорослей формируются мужские и женские половые клетки (гаметы). Гаметы выходят в воду и соединяются попарно. Мужская гамета сливается с женской, т.е. происходит оплодотворение, и образуется зигота. У одноклеточных водорослей мужские гаметы имеют жгутики, а у гамет противоположного пола они не всегда имеются. Гаметы сильно варьируют по размерам, форме и подвижности. У некоторых водорослей мужская и женская гаметы структурно сходны, а у других очень различаются, т.е. представляют собой спермии и яйцеклетки. Поэтому, половое размножение водорослей имеет множество форм и уровней сложности.

Половое размножение у водорослей бывает нескольких типов:

- *гологамия* (конъюгация) – без образования специализированных клеток;
- *гаметогамия* – с помощью специализированных клеток – гамет.

Гологамия. В простейшем случае процесс происходит путем слияния двух неподвижных, лишённых клеточных оболочек вегетативных клеток. У одноклеточных жгутиковых форм водорослей половой процесс осуществляется путём слияния двух клеток. При слиянии содержимого двух безжгутиковых вегетативных клеток процесс называют – конъюгацией. Конъюгация – половой процесс, при котором сливается содержимое двух обычных вегетативных клеток, физиологически выполняющих функцию гамет. Это своеобразная форма полового процесса, при которой оплодотворение происходит путём взаимного обмена

мигрирующими ядрами, перемещающимися из одной клетки в другую через специально образующийся конъюгационный канал. Образуется зигота, которая впоследствии покрывается толстой оболочкой и превращается в зигоспору. При конъюгации обычно не происходит увеличение их количества, а происходит обмен генетическим материалом между клетками, что обеспечивает рекомбинацию наследственных материалов.

Гаметогамия. Половое размножение у водорослей происходит путём деления содержимого клеток и образования в них специализированных клеток – гамет. У примитивных водорослей гаметы образуются в вегетативных клетках. У более высокоорганизованных форм гаметы находятся в особых клетках – гаметангиях. В зависимости от размеров сливающихся гамет различают несколько типов гаметогамии:

1) *изогамия* – наиболее примитивная форма, при которой обе гаметы подвижны и одинаковы по размеру и форме;

2) *гетерогамия*, или *анизогамия* – обе гаметы также подвижны, но одна гамета (женская) крупнее другой (мужской), но сходна с ней по форме;

3) *оогамия* – женская гамета, называемая яйцеклеткой, лишена жгутиков, неподвижна и значительно крупнее мужской, которую называют сперматозоидом (рис. 53).

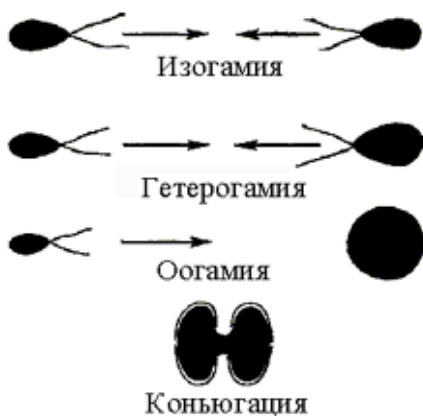


Рис. 53. Формы полового размножения одноклеточных водорослей.

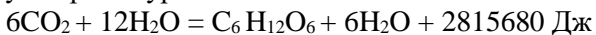
Для большинства одноклеточных водорослей характерен процесс оогамии, который протекает следующим образом: крупная женская гамета, превращаясь в яйцеклетку, оплодотворяется маленькой подвижной мужской гаметой. Образовавшаяся в результате слияния гамет зигота превращается в зигоспору с запасами питательных веществ, одевается многослойной целлюлозной оболочкой и зимует. После периода покоя, длящегося от нескольких недель до нескольких лет в зависимости от вида водорослей, зигоспора начинает расти. При прорастании, сопровождаемом делением, образуется 4 зооспоры, которые дают начало новым особям.

Автогамия – особый тип полового процесса, распространённый у некоторых диатомовых водорослей. Заключается он в том, что ядро клетки предварительно делится в процессе мейоза на 4 ядра, два из них разрушаются, и оставшиеся два ядра сливаются, образуя зиготу (диплоидное ядро), которая без периода покоя увеличивается в размерах и превращается в аукоспору. Автогамия не сопровождается увеличением числа клеток, а лишь их омоложением.

Питание.

Водоросли по способу питания являются автотрофными организмами. В ходе эволюции у них выработалась способность использовать для питания такие полностью окисленные вещества, как углекислота и вода, и создавать на их основе органические соединения. Этот процесс осуществляется за счёт солнечного света и сопровождается выделением кислорода.

Использование световой энергии для биологического синтеза стало возможным благодаря появлению у водорослей комплекса пигментов, поглощающих свет, важнейшим из которых является хлорофилл. Процесс светового и углеродного питания растений получил название фотосинтеза и в общем виде может быть записан следующим суммарным уравнением:



Таким образом, фотосинтез – биохимический процесс преобразования световой энергии в химическую энергию.

Второй не менее важной особенностью питания водорослей является их способность усваивать азот, серу, фосфор, калий и другие минеральные элементы в виде ионов минеральных солей и

использовать их для синтеза таких важнейших компонентов живой клетки, как аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты.

Дыхание.

Процесс дыхания протекает в каждой клетке водоросли. Из окружающей среды клетка поглощает кислород, используя его на окисление органических веществ. При этом освобождается энергия и образуется углекислый газ, который выделяется в окружающую среду. Процесс окисления органических веществ происходит в митохондриях. Освобождаемая при окислении энергия расходуется на поддержание процессов жизнедеятельности – поглощение клеткой веществ, движение, рост и размножение.

Кормовые микроводоросли. В настоящее время в аквакультуре используется около 20 видов микроводорослей, принадлежащих к четырём классам: золотистые, зелёные, диатомовые и криптофитовые.

Зелёные водоросли – одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы, разнообразного строения, зелёного цвета. Зелёная окраска обусловлена содержанием в них хлорофилла. Клеточная оболочка состоит из двух слоев: внутренний (более плотный) – целлюлозный и наружный – пектиновый. Хлоропласты обычно окрашены в различные оттенки зелёного цвета. Окраска обусловлена наличием хлорофиллов *a* и *b*, β -, γ - каротинов. Хлоропласты содержат от одного до нескольких десятков пиреноидов. Предполагают, что пиреноиды зелёных водорослей являются ферментативным центром, продуцирующим энзимы, полимеризующие молекулы глюкозы в крахмал. Крахмал образует вокруг пиреноида сплошную или состоящую из отдельных зёрен обкладку.

У зелёных водорослей имеются как подвижные формы, со жгутиками на переднем конце клеток, так и неподвижные, прикрепленные или пассивно плавающие. Размножаются они вегетативным, бесполом и половым путем. У ряда форм имеется чередование бесполого и полового размножения. Бесполое размножение осуществляется с помощью зооспор со жгутиками одинаковой длины и строения. Половой процесс у них представлен изогамией, гетерогамией и оогамией. Зооспоры и гаметы имеют 2 или 4 жгутика, которые расположены на переднем конце клетки.

Продукт ассимиляции зелёных водорослей – крахмал, жирные кислоты.

Диатомовые водоросли – совершенно особая группа одноклеточных организмов, пассивно плавающих и не связанных с субстратом, поэтому их клетки и панцирь приспособлены к парению в водной среде. Приспособление к парению достигается за счёт облегчения веса протопласта в результате накопления в нём жирных кислот. Самое большое количество жира в клетках водорослей накапливается в условиях длительной вегетации и значительно снижается во время активного деления клеток.

Клетка диатомовой водоросли состоит из протопласта, заключённого в пектиновую оболочку, снаружи которой имеется плотная кремневая оболочка – панцирь. Кремневый панцирь состоит из двух половинок (створок), – нижней (гипотеки) и верхней (эпитеки), входящих друг в друга, как две части мыльницы. При этом эпитека не срастается с гипотекой, а только плотно охватывает её своими краями. Толщина стенок панциря зависит от концентрации кремния в среде и изменяется в значительных пределах: у тонкостенных форм от сотых до десятых долей микрометра, у толстостенных 1-3 мкм.

Цитоплазма образует пристенный слой, ядро всегда одно и лежит в центральной массе цитоплазмы. В клетке имеется одна вакуоля с клеточным соком. В цитоплазме располагаются пластинчатые или зернистые хлоропласты, мелкие в виде зёрнышек или дисков. Окраска хлоропластов у диатомовых водорослей имеет различные оттенки жёлто-бурого цвета в зависимости от набора пигментов, среди которых преобладают β-каротин и ксантофиллы, имеющие жёлтые и бурые оттенки, маскирующие хлорофиллы *a* и *c*.

Размножение у них вегетативное и половое. У диатомовых водорослей особый случай вегетативного размножения. В клетке происходит деление ядра и хроматофоров, затем протопласт материнской клетки делится надвое, при этом одна дочерняя клетка имеет эпитеку, а вторая гипотеку. После деления дочерние протопласты достраивают недостающую им створку. В результате деления одна из дочерних клеток, получившая от материнской эпитеку, точно повторяет размеры материнской клетки. Вторая дочерняя клетка, получившая – гипотеку будет несколько меньших

размеров. В результате многочисленных делений происходит постепенное уменьшение размеров клеток микроводорослей. Некоторые клетки уменьшаются примерно в три раза. Клетки диатомовых водорослей в вегетативном состоянии диплоидны. Гаплоидны у них только гаметы, образующиеся непосредственно перед половым процессом, который может происходить в форме изогамии, гетеро- или оогамии. Перед половым размножением происходит редукционное деление ядра (мейоз). Две клетки диатомей сближаются, створки раздвигаются, гаплоидные (после мейоза) ядра попарно сливаются, и образуются одна или две ауксоспоры – «растущие споры». Ауккоспора некоторое время растёт, а затем образует панцирь и превращается в вегетативную клетку. После завершения роста и созревания ауксоспоры в ней развивается новая клетка, у которой сначала образуется большая (внешняя), а затем меньшая (внутренняя) половина панциря. По размерам эти клетки значительно превышают родительские. Таким образом, половой процесс приводит к восстановлению размеров клеток, измельчавших в результате вегетативного размножения.

Продукт ассимиляции диатомовых водорослей – жирные кислоты, которые накапливаются в вакуолях.

Золотистые водоросли – бывают одноклеточными, колониальными и многоклеточными. Форма клеток – шаровидная или яйцевидная с двумя бичевидными жгутиками различной или одинаковой длины. Размеры клеток водорослей варьируют от 2 до 70 мкм. Клетки в большинстве случаев лишены клеточной оболочки, иногда покрыты только плазмалеммой. В клетке имеется одно небольшое ядро, один или два постенных корытообразных хлоропласта окрашенных в золотисто-жёлтый цвет. У некоторых видов на передней части клетки – одна или две пульсирующие сократительные вакуоли и глазок. Пигменты представлены хлорофиллами *a* и *c*, β -каротином и ксантофиллами (особенно много фукоксантина и лютеина), придающие водорослям характерную окраску. Большинство видов золотистых водорослей размножаются простым делением клетки, а для некоторых видов характерно бесполое размножение с помощью зооспор, реже автоспор. Половой процесс (клетки диплоидны) – изогамия, конъюгация. В результате

полового процесса, а также в неблагоприятных условиях, образуются цисты с толстой оболочкой, содержащей кремний.

Запасные питательные вещества – масла, хризоламинарин, лейкозин, у некоторых – волютин и гликоген.

1.4.2. Роль микроводорослей в аквакультуре

В последние годы в мире значительно вырос спрос на продукцию марикультуры (мидий, устриц, гребешков, креветок и т.д.), поэтому микроводоросли стали представлять особый интерес, так как именно микроводоросли используются в качестве основного корма при получении молоди и выращивании взрослых промысловых организмов. Известно, что пищевые цепи в водных экосистемах и в аквакультуре начинаются с микроводорослей. Их используют для кормления личинок и молоди выращиваемых моллюсков (устриц, мидий, клеммов, гребешков), ракообразных и рыб (морских и пресноводных) непосредственно, или через пищевую цепь «микроводоросли – зоопланктонные организмы» (рис. 54 цветной вкладыш, стр. 485).

Значение микроводорослей особенно велико при выращивании мидий и устриц в контролируемых условиях. В процессе разведения в питомнике устриц микроводоросли используются в качестве основного корма, потребляемого производителями при их кондиционировании, личинками на разных стадиях развития и спатом – при подращивании до определённого размера. Являясь консументами (потребителями) первого порядка, моллюски непосредственно превращают растительный белок в животный. Наибольшую ценность представляют живые водоросли, так как они содержат белки, углеводы, липиды, биологически активные вещества, ферменты. Попытки заменить живые микроводоросли альтернативными кормами (дрожжи, бактерии, водорослевые пасты или концентраты) не дали аналогичного результата.

Кормовые микроводоросли должны отвечать целому ряду требований. Водоросли должны иметь соответствующий размер (от 1 до 15 мкм), чтобы моллюски смогли проглотить клетку, а также хорошо переварить. Они должны обладать быстрым темпом роста, легко адаптироваться к условиям массового культивирования, быть

устойчивыми к колебаниям температуры, света, концентрации питательных веществ. Кроме этого, микроводоросли должны иметь хороший качественный состав и не содержать токсины, которые могут передаваться по пищевой цепи.

Основными видами одноклеточных водорослей, которые используются в качестве корма при выращивании личинок мидий и устриц в питомнике ИМБИ, являются золотистые: изохризис (*Isochrysis galbana* Parke), монохризис (*Monochrysis lutheri* Parke); зелёные: тетраселмис (*Tetraselmis suecica* Butcher, *Tetraselmis viridis* Rouchijajnen), дуналиэлла (*Dunaliella viridis* Teodoresco), хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beyerinck); диатомовые: хетоцерос (*Chaetoceros calcitrans* Meunier), феодактилюм (*Phaeodactylum tricorutum* Bohlin), скелетонема (*Skeletonema costatum* Greville) и криптофитовые – родомонас (*Rhodomonas salina* Wislouch) (рис. 55 цветной вкладыш, стр. 485-488).

Пищевая ценность микроводорослей определяется размером клеток, их усвояемостью, связанной со структурой клеточной оболочки и биохимическим составом (табл. 8).

Таблица 8. Микроводоросли, используемые в качестве корма для личинок мидий и устриц, выращиваемых в питомнике ИМБИ

Вид водорослей	Размер клетки (средний), мкм		Объём клетки, мкм ³	Как используются
	d	h		
<i>I. galbana</i>	5,0 - 6,0	4,0 - 4,5	39,19 ± 5,19	++
<i>M. lutheri</i>	3,0 - 4,0	2,0 - 3,0	13,85 ± 4,17	++
<i>C. calcitrans</i>	8,0 - 9,0	4,0 - 4,5	52,0 ± 12,04	++
<i>P. tricorutum</i>	2,5 - 3,0	9,0 - 10,5	113,0 ± 13,15	+
<i>S. costatum</i>	6,0 - 6,5	9,5 - 10,5	254,0 ± 14,42	+
<i>T. suecica</i>	8,0 - 8,5	11,0 - 11,5	505,3 ± 14,68	+
<i>T. viridis</i>	8,5 - 9,0	7,5 - 8,0	214,4 ± 21,07	+
<i>D. viridis</i>	7,5 - 8,0	10,5 - 11,0	313,5 ± 16,82	+
<i>C. vulgaris</i>	5,5 - 6,0	4,5 - 5,0	82,9 ± 1,59	+
<i>R. salina</i>	11,5 - 12,5	7,0 - 7,5	527 ± 0,43	+

Примечание: d – длина клетки; h – высота клетки; ++ индивидуальная диета; + компоненты смешанной диеты.

Микроводоросли значительно различаются друг от друга по своим пищевым качествам, поэтому очень важно правильно подбирать смесь водорослей, которая оказывала бы положительный эффект на рост и выживаемость личинок моллюсков.

Микроводоросли *I. galbana*, *M. lutheri* и *C. calcitrans*, благодаря своим морфологическим и биохимическим особенностям, используются для кормления личинок и спата двустворчатых моллюсков в виде монокультуры, другие вышеуказанные одноклеточные водоросли лучше использовать как компоненты смешанной диеты.

Микроводоросли применяют и для улучшения пищевых и вкусовых качеств устриц перед продажей (аффинаж в клерах). Во многих питомниках Франции интенсивная технология основана на производстве диатомовой водоросли *S. costatum*, которую используют в качестве корма для молоди устриц. Выращивание спата при температуре 8-12°C в течение 30 дней позволяет увеличить содержание мяса моллюсков в 2 раза, а содержание гликогена – в 3 раза.

1.4.3. Биохимический состав кормовых микроводорослей

Темп роста и выживаемость личинок двустворчатых моллюсков зависит от качества корма, которое определяется биохимическим составом (содержание белка, углеводов, липидов) водорослей. Максимальное содержание белка, углеводов, липидов было получено при оптимальных условиях выращивания: температура 22-24°C, освещённость 10 клюкс, питательная среда, содержащая основные биогенные элементы (азот, фосфор, магний, калий, кальций) и микроэлементы (железо, марганец, медь, кобальт, цинк, молибден).

По суммарному содержанию белка, углеводов, липидов кормовые микроводоросли можно расположить в следующем порядке (по убыванию):

изохризис → монохризис → родомонас → скелетонема → хетоцерос → феодактилюм → тетраселмис → дуналиэлла.

Биохимический состав микроводорослей может изменяться в зависимости от условий их культивирования (фазы роста культуры, режима культивирования, температуры, освещённости, состава

питательной среды и т.д.). Например, повышение интенсивности света приводит к увеличению содержания углеводов в клетках и, следовательно, уменьшению содержания белка. Культивирование микроводорослей при низкой температуре способствует накоплению максимального количества липидов. В начальной (логарифмической) фазе роста водорослей в клетках накапливается максимальное количество белка, а при переходе на стационарную фазу увеличивается количество липидов. Качественный состав микроводорослей изменяется в зависимости от режима культивирования (полупроточный и накопительный). Так, в условиях полупроточного режима культивирования содержание белка, витаминов, ферментов значительно выше, чем при культивировании в накопительном режиме (табл. 9).

Таблица 9. Биохимический состав микроводорослей при полупроточном режиме культивирования на питательной среде Конвея

Вид водорослей	Максимальная биомасса (сухая), мг/л	Содержание белка, % СВ	Содержание углеводов, % СВ
<i>I. galbana</i>	39,19	49,80	28,40
<i>M. lutheri</i>	23, 24	33,00	18,63
<i>T. suecica</i>	220,82	30,40	17,20
<i>D. viridis</i>	117,25	37,10	15,20
<i>C. calcitrans</i>	2,35	40,35	21,32
<i>P. tricornutum</i>	255,11	40,70	20,80
<i>S. costatum</i>	118,18	55,20*	31,40*
<i>R. salina</i>	387,66	29,00	30,10

Примечание: * – содержание белка и углеводов по N. Handa

В тоже время при накопительном режиме культивирования в водорослях накапливается максимальное количество липидов и жирных кислот (табл.10).

Таблица 10. Биохимический состав микроводорослей при накопительном режиме культивирования на питательной среде Конвея

Вид водорослей	Максимальная биомасса (сухая), мг/л	Содержание белка, % СВ	Содержание липидов, % СВ
<i>I. galbana</i>	59,76	26,5	25,60
<i>M. lutheri</i>	33,78	26,9	28,60
<i>T. suecica</i>	336,04	16,0	20,90
<i>D. viridis</i>	208,92	13,5	18,00
<i>C. calcitrans</i>	3,44	25,2	27,00
<i>P.tricornutum</i>	492,37	23,4	20,00
<i>S. costatum</i>	15,79	24,3 *	27,00*
<i>R. salina</i>	429,6	29,0	41,00

Примечание: % СВ – процент к сухому весу ; * – содержание липидов по N. Handa.

При определении кормовой ценности водорослей необходимо знать качественный и количественный состав липидов, причем качество липидов важнее, чем их количество. Говоря о качестве липидов, имеют в виду содержание в них полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), в частности эйкозапентаеновой (20:5n-3) и докозагексаеновой (22:6n-3), незаменимых для морских организмов. Хорошо известно, что морские беспозвоночные (двустворчатые моллюски) не способны синтезировать ряд полиненасыщенных жирных кислот регулярного строения из-за отсутствия некоторых ферментов-десатураз. В частности, животные не способны синтезировать линолевую (18:2n-6) и линоленовую кислоты (18:3n-3). Линолевая и линоленовая кислоты, как и другие полиненасыщенные жирные кислоты, должны поступать в организм водных беспозвоночных с пищей, поэтому часть жирных кислот водных беспозвоночных формируется за счёт жирных кислот микроводорослей. От состава жирных кислот микроводорослей напрямую зависит состав жирных кислот черноморской и гигантской устриц (табл. 11).

Известно, что специфический запах свежих устриц отчасти зависит и от состава жирных кислот тканей моллюска.

Таблица 11. Состав жирных кислот кормовых микроводорослей (по Volkman, 1989.)

Жирные кислоты, % СВ (от сухого веса)	Вид водорослей				
	<i>M. lutheri</i>	<i>I. galbana</i>	<i>T. suecica</i>	<i>P. tricornutum</i>	<i>C. calcitrans</i>
насыщенные 16:0; 18:0	57,30	51,40	5,42	35,84	53,21
моно - ненасыщенные 18:1n-9	38,44	35,69	40,34	46,85	26,14
поли - ненасыщенные 18:2n-6 18:3n-3 18:3n-6 20:4n-6	4,24	12,89	18,58	11,30	8,39
поли-ненасыщенные 20:5n-3 22:6n-3	1,5	9,25	5,88	9,49	8,05

Классификация водорослей по кормовой ценности для личинок мидий и устриц основана на соотношении жирных кислот групп n-6 и n-3. Виды водорослей, у которых соотношение n-6 и n-3 высокое (1:2 или 1:3), считаются хорошим кормом для мидий и устриц, а микроводоросли с более низким соотношением (1:1,5) – кормом средней ценности. Полиненасыщенные жирные кислоты: докозагексаеновая (22:6n-3), эйкозапентаеновая (20:5n-3) и арахидиновая (20:4n-6), присутствующие в микроводорослях, являются необходимыми для развития личинок двустворчатых моллюсков. Содержание жирных кислот у водорослей, принадлежащих к различным таксонам, существенно отличается, хотя известны примеры различий между водорослями одного и того же класса. У микроводорослей *I. galbana* и *M. lutheri* содержание

эйкозапентаеновой кислоты (20:5n-3) варьирует от 7 до 34%, а концентрация докозагексаеновой кислоты 22:6(n-3) составляет 10-12%. Среди одноклеточных водорослей самое высокое содержание арахидиновой кислоты 20:4n-6 (до 2,5%) отмечается у диатомовых водорослей.

Зелёные водоросли из рода *Dunaliella* не содержат C22 полиненасыщенных жирных кислот, но обладают небольшим количеством эйкозапентаеновой кислоты (до 3,2%). Из-за недостатка полиненасыщенных жирных кислот они имеют низкую пищевую ценность и поэтому не могут использоваться в монодиетах.

Учитывая важность полиненасыщенных жирных кислот для личинок и спата двустворчатых моллюсков, в пищевой рацион необходимо включать водоросли с высоким содержанием этих кислот, а именно: изохризис, феодактилюм и хетоцерос. Точно не определено количество жирных кислот, необходимое для роста личинок и спата. Установлено, что рост личинок гигантской устрицы не увеличивался, если их кормили микроводорослями, содержащими до 2% докозагексаеновой кислоты. Корреляция между темпом роста и содержанием кислоты была отрицательной. Однако исследователи нашли связь между содержанием насыщенных жирных кислот и темпом роста личинок. Диеты с высоким содержанием насыщенных жирных кислот способствуют быстрому росту личинок, т. к. энергия, высвобождаемая от насыщенных жиров, значительно эффективнее, чем от ненасыщенных кислот. Содержание насыщенных жиров в микроводорослях можно увеличивать, путем культивирования их при высокой освещённости.

Липиды являются главным источником энергии в период развития личинок. Для завершения метаморфоза устриц, содержание липидов в корме должно достигать определенного уровня. При кормлении спата устриц микроводорослями с высоким содержанием липидов, у него наблюдается более высокая скорость роста и выживаемость. В дальнейшем, при подрачивании его в естественных условиях, он растет значительно быстрее.

Витамины, хотя и в незначительных количествах, но должны присутствовать в пище животных для поддержания нормальной жизнедеятельности. Известно, что корм, состоящий из одноклеточных водорослей с высоким содержанием витаминов,

оказывают положительный эффект на рост и выживаемость моллюсков. Некоторые витамины нужны ещё и потому, что они служат важным предшественником коферментов. Витаминный состав кормовых микроводорослей представлен жирорастворимыми (провитамины А, Е, К) и водорастворимыми (В₁, В₂, В₆, В₁₂, С, РР) витаминами (табл. 12).

Таблица 12. Содержание витаминов в микроводорослях (по Roesch-Holtzhauer, 1991г.)

Витамины	Вид водорослей	Концентрация, мкг·г ⁻¹ сухого веса
А	<i>T. suecica</i>	4280
	<i>C. calcitrans</i>	970
	<i>I. galbana</i>	270
D	<i>T. suecica</i>	14
	<i>I. galbana</i>	5
Е	<i>T. suecica</i>	6323
	<i>C. calcitrans</i>	1628
	<i>I. galbana</i>	117
К	<i>T. suecica</i>	28
	<i>I. galbana</i>	8
В ₁	<i>C. calcitrans</i>	655
	<i>T. suecica</i>	627
	<i>I. galbana</i>	462
В ₂	<i>T. suecica</i>	42
	<i>I. galbana</i>	14
	<i>C. calcitrans</i>	12
В ₆	<i>I. galbana</i>	183
	<i>T. suecica</i>	155
	<i>C. calcitrans</i>	4
В ₁₂	<i>I. galbana</i>	89
	<i>T. suecica</i>	9
	<i>C. calcitrans</i>	8
С	<i>I. galbana</i>	772
	<i>T. suecica</i>	498
	<i>C. calcitrans</i>	121

Микроводоросль тетраселмис содержит самое большое количество провитамина А – 4280 мкг·г⁻¹ и витамина Е – 6323 мкг·г⁻¹. У изохризиса максимальное содержание витамина РР – 2690 мкг·г⁻¹ и витамина С – 183 мкг·г⁻¹, а у скелетонемы и хетоцероса содержание витамина В₁ составляет соответственно – 710 и 655 мкг·г⁻¹. Количество аскорбиновой кислоты, содержащейся в микроводорослях, в десятки раз превышает потребности моллюсков. Так, микроводоросли *I. galbana* и *T. suecica* содержат соответственно 772 и 498 мкг·г⁻¹ аскорбиновой кислоты. Количество витамина С, необходимое для развития личинок моллюсков, точно не установлено.

Однако известно, что личинки имеют высокую интенсивность обмена и высокий уровень синтеза коллагена, поэтому аскорбиновая кислота будет быстрее расходоваться в период метаморфоза, и потребности в ней могут возрастать. Таким образом, для успешного выращивания двустворчатых моллюсков, необходимо на всех стадиях их развития использовать полноценные корма, содержащие в достаточных количествах белки, углеводы, полиненасыщенные жирные кислоты и витамины.

Глава 2

МИДИЕВОДСТВО

Нужно ли вообще выращивать мидий в Чёрном море, точнее найдёт ли спрос выращенная продукция? Исследование рынка продуктов из мидий в Украине выполнили в 1999 г. специалисты Керченского морского технологического института (ныне университета): Н.В. Наумова и А.Х. Козыряцкая. Согласно их исследованиям, рынок мидий в Украине состоит из трёх основных сегментов:

1. Рынок отдельных лиц и домохозяйств, приобретающих мидий и продукты из них для личного потребления;
2. Рынок организаций, приобретающих мидий для переработки или для общественного питания;
3. Рынок предприятий и организаций для фармацевтической и медицинской промышленности.

Разработаны технологии изготовления различных продуктов из мидий: мидии живые товарные; варёно-мороженное мясо мидий, сухой мидийный бульон; гидролизат пищевой; несколько видов консервов и пресервов; медицинские препараты; кормовые добавки для с/х животных. Показано, что ёмкость рынка мидий только в Крыму составляет 7238 т мидий в год.

Согласно исследованиям специалистов ЮгНИРО объёмы реализации в Украине лечебно-профилактических препаратов и пищевых продуктов из мидий могут составлять более 50 млн. \$. США.

Однако анализ коммерческой деятельности предприятий, существовавших ранее и функционирующих в настоящее время, свидетельствует о недооценке руководителями предприятий важности формирования и развития рынка мидий в России. Практически никто из мидиеводов не занимается рекламой своей продукции, ни в местах реализации, ни в Интернете, ни в СМИ. Пассивность в отношении маркетинга создаёт серьёзные трудности при реализации мидий.

На Западе, даже в странах с традиционным потреблением моллюсков, издаются массовыми тиражами красочные проспекты с рецептами приготовления мидий. Эти рецепты покупатель может

взять бесплатно при покупке моллюсков. Там же, а также в барах, книжных магазинах, отелях можно увидеть красивые плакаты с изображением моллюсков и, например, с такими текстами: «Чтобы быть в форме – ешьте мидий», «Открыть устриц означает открыть праздник», «Хочу устриц сейчас же!» и т.д. Выпускаются сборники рецептов приготовления морепродуктов; популярная литература, пропагандирующая знания о морепродуктах, их выращивании, потреблении и т.д. В ресторанах используют салфетки, бумажные скатерти и подложки с изображением блюд и рецептов приготовления морепродуктов. Наш собственный опыт свидетельствует о высокой эффективности газетных публикаций, выступлений на телевидении с информацией о своих мидийных, либо устричных хозяйствах.

Каждое предприятие, заинтересованное в реализации продукции, должно иметь в Интернете профессионально построенный собственный сайт. Большая часть клиентов, оптовых покупателей и партнёров, также отыскивается через Интернет.

Итак, если Вы решили заняться выращиванием мидий, то сразу же начинайте работать над организацией реализации своей будущей продукции, над созданием пока ещё не существующего рынка живых мидий и устриц, которые имеют неоспоримые преимущества перед импортным мороженым мясом моллюсков.

2.1. Технические средства выращивания

Основные составляющие мидийно-устричного хозяйства следующие: 1) морская ферма; 2) береговая база; 3) плавсредства (специализированное судно, дополнительные плавсредства). Перечисленные три компонента являются обязательными; отсутствие, пусть даже временное, одной из компонент приводит к негативным и трудно устранимым последствиям. Не следует устанавливать ферму в море, не имея береговой базы, или судна для обслуживания фермы и контроля её технического состояния. Повреждения элементов фермы от внезапного шторма должны быть незамедлительно устранены, т.к. в дальнейшем эти повреждения могут привести к ещё более серьёзным нарушениям (наваливание оторвавшейся хребтины на другой неповреждённый носитель и

последующее перепутывание коллекторов и рукавов и т.д.). С другой стороны, опыт учит, что морская ферма, оставленная без надзора, быстро становится привлекательным объектом для любителей поживиться за чужой счёт. Поэтому и судно и береговая база должны постоянно находиться в рабочем состоянии.

2.1.1. Морская ферма

Мировая конхиокультура насчитывает огромное количество различных конструкций, предназначенных для выращивания моллюсков. Ещё больше было запатентовано мидийных и устричных установок, которые никогда не были реализованы. Большинство из предлагавшихся и испытывавшихся технических средств обладали серьёзными недостатками: высокой ценой, нетехнологичностью, неустойчивостью к штормам и т.д., поэтому они не получили распространения.

Технологии и технические средства современного мидиеводства довольно разнообразны. Мидий выращивают на дне (Голландия, США), на вертикальных сваях (Франция), на жердях (Юго-Восточная Азия), на плотках (Испания, Япония), на рамах «столах» (Франция, Средиземное море), на ярусах (Европа, Америка, Юго-Восточная Азия).

Здесь мы рассмотрим только хорошо зарекомендовавшие себя установки, т.е. такие, которые широко применяются в мировой практике и показали хорошие результаты при их эксплуатации в условиях Чёрного моря. Речь пойдёт о сооружениях, напоминающих яруса, которые первоначально применялись в Японии для выращивания устриц и морских гребешков, а затем послужили прототипом мидийных установок, эксплуатируемых в Европе и в водах других континентов, а затем были адаптированы к условиям Чёрного моря.

Отметим, что в русской литературе, в отличие от других языков, (например, long-line – в английском; или filiere – во французском) ещё нет общепринятого названия для устройства, предназначенного для выращивания моллюсков. Наиболее часто используют термины «мидийный носитель» и «гидро-биотехническое сооружение»,

сокращённо – ГБТС. Первый термин проще и точнее, поэтому мы остановимся на нём.

На схеме типового носителя, изображенной на рисунке 56, указаны основные узлы носителя: хребтина, наплава (буи), якоря, оттяжки, коллекторы и рукава, устричные садки.

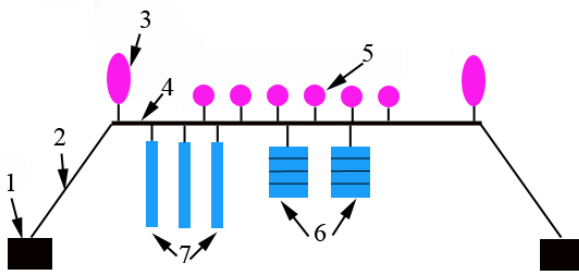


Рис. 56. Схема мидийно-устричного носителя: 1 – якорь (бетонный массив); 2 – боковая оттяжка; 3 – головной буй; 4 – хребтина; 5 – промежуточный буй; 6 – устричные садки; 7 – сетные рукава с мидиями.

Рассмотрим детально каждый из перечисленных узлов.

1. Хребтина является центральным узлом и основой носителя; к ней крепятся все остальные узлы. На хребтину навешиваются приспособления с моллюсками (коллекторы, рукава, садки), т.е. весь урожай, поэтому хребтина должна быть достаточно прочной, а её положение в пространстве – устойчивым. Обычно хребтины делают из каната, как правило, изготовленного из капрона (нейлона), либо из полипропилена, а в последнее время используют синтетические комбинированные канаты, изготовленные из синтетических (полистил, полипропилен) и стальных нитей. Длина хребтины 100, реже 200 м. На обоих концах хребтины делаются своеобразные петли, называемые огонами.

Канаты различают по материалу, использованному для их изготовления. Например: а) волокнистые канаты, которые подразделяют: на растительные, изготовленные из пеньки, манилы, сизаля; и синтетические – изготовленные из капрона, лавсана, хлорина, нейлона, полипропилена, полиэстера и др.; б) стальные (или проволочные), канаты. Для канатов используется как оцинкованная,

так и неоцинкованная стальная проволока, а также проволока из нержавеющей стали; в) комбинированные канаты – канаты, изготовленные из жгутов, сделанных из стальной проволоки (оцинкованной и неоцинкованной) с волокнистым покрытием из синтетики.

Одна из основных характеристик каната – его толщина, она характеризуется диаметром каната и измеряется при помощи штангенциркуля. Вместо толщины в русскоязычной литературе чаще дают длину окружности поперечного сечения (в мм). В западных документах всегда приводят только диаметр каната. Кручёные канаты характеризуются также круткой, т.е. числом витков на единицу длины каната (как правило, на 1 м). От крутки зависят такие параметры канатов, как устойчивость к механическим повреждениям, плотность и т. д. Среди других технических свойств канатов можно указать: прочность, растяжимость и др. При выборе стальных и комбинированных канатов следует обратить внимание на сердечник, который служит внутренней опорой и противостоит радиальному давлению при нагрузках. Качественный и прочный сердечник позволяет избежать поперечных деформаций.

Чтобы продлить эксплуатационный срок стальных канатов и сохранить все их технические свойства, рекомендуется использовать канатные смазки. Современные смазки способны не только защитить металл от коррозии, но и обеспечить сохранность сердечника, уменьшая износ и сокращая трение. Следует учитывать, что производство канатов постоянно развивается, поскольку продукция находит широкое применение в самых различных областях промышленности, сельского хозяйства, строительства и т. д.

Так, во Франции хребтины обычно делали из плетёных полипропиленовых канатов, сплетённых из четырёх, либо восьми прядей (жгутов). Диаметр таких канатов равнялся 40, либо 50 мм; цвет: предпочтительнее чёрный, так как чёрные канаты наиболее устойчивы к воздействию ультрафиолета. Синтетические канаты хорошо сохраняются в морской воде, но быстро разрушаются на воздухе под прямым солнечным освещением. Существенным недостатком неметаллических канатов является их «ползучесть», проявляющаяся в увеличении длины под воздействием нагрузки. У новых канатов в начальный период их работы, нити занимают своё

рабочее положение, что приводит к удлинению каната. В дальнейшем нагруженные канаты также продолжают вытягиваться, (хотя и слабее), за счёт необратимого растягивания волокон.

Некоторые фирмы выпускают синтетические канаты, прошедшие на заводе предварительную вытяжку. Такие канаты, в процессе эксплуатации меньше вытягиваются. Предварительную вытяжку можно выполнить и самостоятельно, если вымоченный в воде канат растянуть с помощью тали или полиспафта и, в натянутом состоянии, высушить его.

Постоянное удлинение хребтины, сопровождаемое ослаблением её натяжения, является серьёзным недостатком, сильно ухудшающим работу носителя. Во-первых, на ненатянутой хребтине образуются провисания, в результате чего коллекторы и рукава с моллюсками могут тереться и биться друг о друга и даже доставать до дна, что не допустимо. Во-вторых, на ослабленной хребтине, вслед за перемещением морских волн, образуются бегущие волны, приводящие к отрыву и опаданию мидий.

Удлинения хребтины приходится компенсировать периодическими перемещениями якорей, если это, конечно, возможно. Нередко якоря погружаются в илистое дно, что сильно затрудняет их извлечение из грунта. Компенсировать удлинение хребтины можно также с помощью специальных натяжных устройств, описание которых приведено в разделе о боковых оттяжках.

Хорошей альтернативой растягивающимся канатам являются комбинированные канаты. Внешне они выглядят как обычные полипропиленовые или капроновые канаты, однако, они более жёсткие и тяжёлые. Основные их достоинства: высокая прочность и нерастяжимость (сохранение постоянства длины). Во Франции они стали вытеснять классические хребтины, начиная с 1985 г., показав при этом высокую устойчивость к коррозии при условии сохранности внешнего защитного слоя из синтетического волокна. Повышенная прочность комбинированных канатов позволяет использовать относительно тонкие канаты. Однако практика показала, что на тонких канатах не удерживаются на постоянных местах подвязанные самозатягивающимися узлами коллекторы, рукава и наплава. Оптимальными оказались канаты диаметром 30-32

мм: они ещё не слишком громоздкие, но на них уже надёжно фиксируются подвязанные устройства. Здесь не лишним будет напоминание о внимательном обращении с комбинированными канатами: их нельзя скоблить, нельзя допускать их трения о дно, о буи и технические сооружения. При разматывании канатов нельзя допускать образование на них «барашек», формирующих места постепенного разрушения каната. Поэтому такие канаты желательно хранить намотанными на барабаны, либо на вьюшки. Можно сматывать канаты и в бухту, но не круглой формы, а в виде восьмёрки. В этом случае можно стягивать канат, не опасаясь образования «барашек».

Информацию о комбинированных канатах, как и о прочем оборудовании можно найти в Интернете, где предлагаются следующие типы комбинированных канатов: Нептун, Альбатрос, Тайфун, Геркулес. Самым оптимальным канатом по гибкости и прочности среди перечисленных канатов является Альбатрос, Нептун – самый гибкий, Геркулес – самый жесткий.

В качестве примера приводим таблицу 13 с характеристиками на Альбатрос (<http://www.promsteel.ru>).

Таблица 13. Характеристики каната «Альбатрос»

Диаметр, мм	Число прядей	Длина, м	Вес 1000 м, кг	Разрывное усилие, кгс не менее
8	6	500-3000	74	1350
10	6	500-3000	111	2100
12	6	500-3000	159	2600
13	6	500-2000	177	3200
14	6	500-2000	210	3600
16	6	500-2000	276	4500
18	6	500-2000	350	5500
20	6	500-2000	440	6900

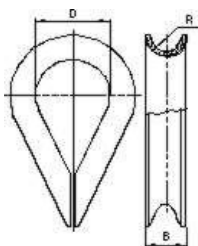
Продолжение таблицы 13

22	6	500-2000	590	9700
24	6	500-2000	693	11000
26	6	500-1500	820	12700
28	6	500-1500	963	14000
30	6	500-1500	1097	15600
32	6	500-1500	1232	17200
Канат «Альбатрос» облегчённый				
24	6	500-2000	575	8000
27	6	500-1500	645	9000
29	6	500-1500	765	10000
32	6	500-1500	950	12000

Детали носителя, состоящие в основном из канатов, необходимо соединить друг с другом. Очевидно, что собрать носитель из составных частей можно двумя путями: 1 – связывая их специальными самозатягивающимися узлами; 2 – соединяя их с помощью скоб, колец, зажимов и т.д. Первый способ применяется при изготовлении носителей малой производительности, когда можно использовать относительно тонкие синтетические канаты. Соответственно второй способ необходим при сборке более мощных и штормоустойчивых носителей, изготовленных из комбинированных канатов. В этом случае на концах канатов, например, хребтин, оттяжек делаются огоны. Для изготовления огона необходимы своеобразные искривлённые жёлоба – коуши, информацию о которых также можно найти в Интернете (рис. 57).

Коуши выполняются из стали и делаются они для канатов диаметров от 4 до 40 мм. Вокруг коуша укладывается канат, свободный конец которого вплетается в участок каната перед коушем. Выполнение этой операции требует специальных навыков, особенно при работе с комбинированными канатами. Поэтому изготовление огонов лучше поручить специалистам по такелажным

или траловым работам (морьякам, рыбакам, рабочим сетевязальных фабрик, такелажникам и т.д.).



Обозначение, №	Диаметр каната, мм	D, мм	B, мм	R, мм	Масса, кг
15	3,5 – 4,6	15	10	3,0	0,015
20	4,6 – 5,7	20	11	3,5	0,025
25	5,7 – 7,0	25	12	4,0	0,035
30	7,0 – 8,6	30	14	5,0	0,058
34	8,6 – 10,2	34	18	6,0	0,11
40	10,2 – 12,5	40	20	7,0	0,15
45	12,5 – 15,5	45	24	9,0	0,20
56	15,5 – 18,5	56	28	10,0	0,40
63	18,5 – 22,0	63	32	12,0	0,55
75	22,0 – 25,5	75	38	14,0	0,97
85	26,5 – 30,0	85	42	16,0	1,32
95	30,0 – 34,5	95	50	19,0	1,85
105	34,5 – 39,5	105	56	22,0	2,30

Рис. 57. Технические характеристики коушей (взято из <http://ukrlashing.com.ua/BZPTO/Koushi.htm>).

Свободный конец каната можно не заплетать, а закрепить его на канате у основания огона с помощью трёх зажимов, выпускаемых промышленностью для канатов различных диаметров. Нужно учитывать, что зажимы работают эффективнее на канатах с жёсткой сердцевинной. Есть ещё одно обстоятельство: наиболее сильное давящее воздействие, способное ослабить прочность каната, оказывает арка (дужка) зажима. Поэтому нужно так располагать

зажимы, чтобы дужка приходилась на свободный (не нагруженный) конец.

2. *Наплава* (буи, кухтыли, поплавки) обеспечивают плавучесть носителя и удерживают выращиваемых моллюсков в толще воды, где они омываются течением, приносящим корм, кислород и уносящим продукты жизнедеятельности. Наплава изготавливаются из металла, либо из пластических материалов, например из полиэтилена высокого давления (высокой плотности). Обычно металлические буй делают большого объёма до 500-1200 л и применяют их там, где требуется большая несущая способность, например в качестве головных, т.е. концевых буюв, удерживающих тяжёлые якорные цепи. В иных случаях отдают предпочтение пластиковым наплавам. Основные недостатки металлических буюв: большая масса, способствующая возникновению повышенных динамических (ударных) нагрузок на носитель, подверженность коррозии.

Для борьбы с коррозией применяют специальные покрытия, например напыление цинком (горячее покрытие), либо ставят на буй цинковые протекторы. Эффективной может быть и специальная покраска, если она выполняется с соблюдением технологических требований (тщательная очистка поверхности от ржавчины и грязи, затем нанесение слоя преобразователя ржавчины (фосфатирование), потом слоя силиката цинка, а сверху – защитное покрытие на основе эпоксидной смолы).

Очень важно не допускать образование пар разных металлов или сплавов, вызывающих в морской воде электрохимическую коррозию. Например, если металлический буй будет присоединён к цепи или к хребтине скобой из нержавеющей стали, то это вызовет ускоренное разрушение бую. Нельзя сочетать (что часто делают!) стальные детали с медными, или с алюминиевыми, или с нержавеющими. Например, на стальном тросе делают огон и закрепляют его с помощью медной или алюминиевой трубки. В первом случае в морской воде разрушится трос, а во втором – трубка, а, следовательно, и огон. Нередко наблюдается повышенная коррозия вдоль сварного шва, т.е. в зоне контакта двух сплавов: электрода и материала бую.

Пластиковые буй не подвержены электрохимической коррозии, но они становятся ломкими и разрушаются под воздействием

ультрафиолетовых лучей. Качественный буй можно изготовить только из нового сырья (без использования в качестве сырья изделий б/у). Кроме этого, для защиты от УФ-лучей применяют специальный наполнитель на основе сажи (carbon-black). Поэтому, перед приобретением буйёв, рекомендуется изучить техническую документацию на данные изделия. Устойчивые к воздействию ультрафиолета пластиковые наплава имеют чёрный цвет.

Прочность пластикового бую зависит от толщины стенки, а также от его формы и конструктивных особенностей. Принято считать, что минимально допустимая толщина стенки равна 8-10 мм. Растущий на носителе урожай мидий, иногда затягивает хребтину с наплавами на глубину, где они сплющиваются и ломаются под воздействием взрослого внешнего давления. При этом наиболее прочными оказываются шарообразные наплава, а наименее – вытянутые. К сожалению, нельзя во всех случаях использовать шарообразные буи, потому что на поверхности они по своим гидродинамическим свойствам уступают вытянутым.

Прочность бую можно существенно увеличить, заполнив его объём пенополиуретаном. Конечно, при этом увеличивается его вес и снижается несущая способность. Альтернативное решение: закачивание воздуха в буй, снабжённый ниппелем. Хорошие и сравнительно недорогие буи с поддувом выпускают итальянские фирмы: TEAM MARE, а также LUCIANO COCCI. Эти буи имеют, так называемую, «гидродинамическую» (овальную) форму, смягчающую удары волн (рис. 58). За счёт своеобразной конструкции стенок удалось уменьшить их толщину до 5-7 мм, сохранив при этом прочность всего бую. Отметим, что избыточное внутреннее давление в бую не должно превышать 0,5 атм.

«Узким местом» как металлического, так и пластикового бую является его рым, т.е. скоба, за которую его прикрепляют к носителю. Если соединение осуществляется с помощью такелажной скобы, то это приводит к перетиранию рыма пальцем скобы. Поэтому рым металлического бую делают из твёрдой стали, а в пластиковых буюх в отверстия рымов вставляют сменные втулки из твёрдой пластмассы.



Рис. 58. Пластиковые буи для мидийных и устричных носителей (причал ИМБИ).

Выбор наплава производится не только по таким его характеристикам, как материал, объём, вес, форма, прочность, устойчивость к коррозии и УФ, особенности рымов и их количество, но и, конечно, по цене изделия. При этом цену приводят к объёму буя, иными словами выясняют, сколько стоит 1 л плавучести и именно этим показателем руководствуются при суждении о приемлемости предлагаемой цены. Можно для себя принять верхний порог цены 1 л наплавов и тем самым сократить возможный выбор большого ассортимента наплавов, изготавливаемых во многих странах.

3. *Якоря* для постановки мидийно-устричных носителей могут быть металлическими или железобетонными, называемыми «массивами».

Хорошие чугунные якоря овальной формы, массой 500, 1000 и 1500 кг, использует морская гидрография. Такие якоря отливает Севастопольский морской завод. В нижней части якоря имеется присоска, увеличивающая силу сцепления якоря с грунтом. В

настоящее время якоря данного типа считаются слишком дорогими и используются редко.

Бетонные якоря (массивы) в мировой марикультуре получили очень широкое распространение. Плотность бетона находится в пределах между 2,2 и 2,4 г/см³. Поэтому бетонный массив массой 5 т занимает объём 2-2,3 м³. Основными параметрами массива являются его вес, удерживающая способность и надёжный рым.

Согласно европейскому опыту выращивания мидий в незащищённых акваториях, для надёжного удержания носителей необходимо использовать массивы массой минимум 5 т (рис. 59).

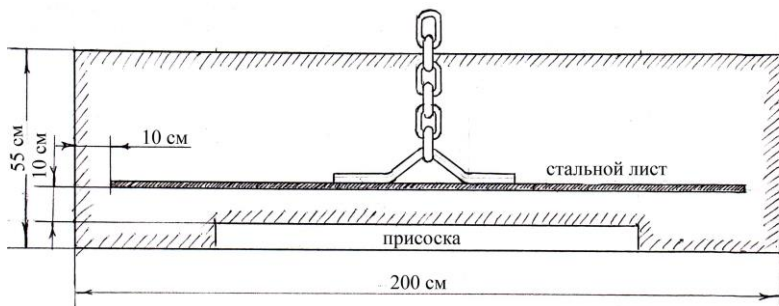


Рис. 59. Конструкция бетонного массива (якоря).

При постановке поверхностных носителей в бухтах, заливах, лагунах берут массивы весом 3т и меньше. Удерживающая способность массива зависит от его формы. Нельзя массив делать кубическим: во-первых, он плохо сцепливается с дном; во-вторых, может опрокинуться, если усилие, прилагаемое к рыму, будет достаточно велико. Поэтому массивы изготавливают уплощённой формы. С нижней стороны массива делают присоску. Для этого перед заливкой формы на её дно кладут квадрат из пенопласта толщиной 5 см. Затем, после подъёма массива, пенопласт извлекают ломиком. После постановки массива на дно, желательно, чтобы водолаз его прикопал грунтом. В этом случае вертикальные стенки массива делают с некоторым наклоном, т.е. массив должен расширяться книзу.

Надлежащее внимание нужно уделить изготовлению рыма. Он должен быть надёжно закреплен в бетоне и не изнашиваться

продолжительное время. Лучше предусмотреть постановку 2-3 рымов. Вместо рыма хорошо использовать кусок цепи без перемычек калибра 30-32 мм (толщина прутка, из которого сделана цепь). В нижнее звено цепи вставляются крест-накрест две арматуры, которые привариваются к стальному листу. Массив желательно утяжелить, вмонтировав в бетон металлолом. При этом концы металла должны располагаться по отношению к краю массива не ближе 5-10 см.

После изготовления массива, его выдерживают на воздухе в течение недели, для завершения процесса схватывания бетона, после чего массивы грузят на судно (либо плавкран) для постановки в море. Именно постановка гораздо предпочтительнее простого сбрасывания массива в море, т.к. в воде массив не падает, а движется наподобие падающего в воздухе листа. Поэтому массив достигает дна не в нужном месте, а в стороне от него, причём может лечь присоской вверх, а рымами вниз. Если массивы будут всё-таки сбрасываться, нужно в верхней части массива привязать временные прочные буйки, которые не позволят массиву перевернуться. В дальнейшем водолаз должен будет обрезать эти буйки. До постановки массивов к ним присоединяют боковые оттяжки, что гораздо проще и надёжнее выполнить на берегу, а не под водой.

В местах с сильным течением массивы ползут при воздействии на них больших нагрузок, передаваемых от носителей, работающих как подводный парус. В этом случае за массивом вгоняют в грунт анкер (свайный якорь), который соединяется с массивом цепью. В качестве анкера можно взять стальную трубу диаметром 16-20 см и длиной 2,5-3 м. К верхней части трубы приваривается кольцо из прутка. В это кольцо будет входить направляющая (лом) при замыкании якоря в грунт. После постановки анкера, его соединяют через кольцо скобой и цепью с массивом.

Установка свайного якоря производится водолазом с участием плавсредства, оборудованного для работы с гидромонитором. Водолаз опускается на грунт, находит нужный массив и по нему конец якорной цепи. Цепь вытягивается на полную длину. В месте, где находится конец цепи, в грунт заглубляется направляющий штырь длиной 2,5-3 м, диаметром 14-18 мм, заострённый с одной стороны. Штырь заглубляется в грунт покачиванием с помощью рук.

На штырь надевается свайный якорь (через кольцо) с уже установленным на поверхности внутри якоря гидромонитором.

Затем по команде водолаза гидромонитор включают и, водолаз, держась за штырь и сваю, направляет и придерживает всю систему, помогая свае уходить в грунт.

Однако имеющийся опыт эксплуатации мидийных носителей позволяет утверждать, что правильно изготовленные и хорошо поставленные на дно 5-ти тонные железобетонные массивы обеспечивают надёжное удержание носителей в местах их постановки.

4. Оттяжки предназначены для удержания носителя на месте, а также для амортизации рывков и предотвращения других динамических воздействий на носитель, негативно влияющих на сохранность урожая и сохранность самого носителя. Оттяжки подразделяются на основные (или боковые) и промежуточные (или вертикальные).

Основные оттяжки соединяют концы хребтины с основными якорями, передавая при этом хребтине растягивающие усилия. Схема механизма натяжения хребтины такова. Длина боковых (основных) оттяжек втрое превышают глубину в местах положения огонов хребтины. Поэтому оттяжки уходят под воду не вертикально, а под острым углом ко дну. Головной буй, привязанный к концу хребтины, тянет её к поверхности, а оттяжка тянет хребтину к якорю под углом ко дну. Можно разложить по правилу параллелограмма силу выталкивания, производимую головным бумом (она направлена вверх) на силу реакции в направлении оттяжки и определить графически силу растяжения хребтины, направленной горизонтально (рис. 60).

Из схемы следует, что чем объёмнее буй и чем длиннее оттяжка, тем больше будет растягивающее усилие. С другой стороны, видно также, что, если боковую оттяжку сделать вертикальной, тогда растягивающее усилие будет равным нулю.

Именно поэтому длину оттяжки выбирают равной минимум трём глубинам. Можно сделать оттяжки и длиннее, что сделало бы её работу эффективнее, но это увеличит стоимость носителя.

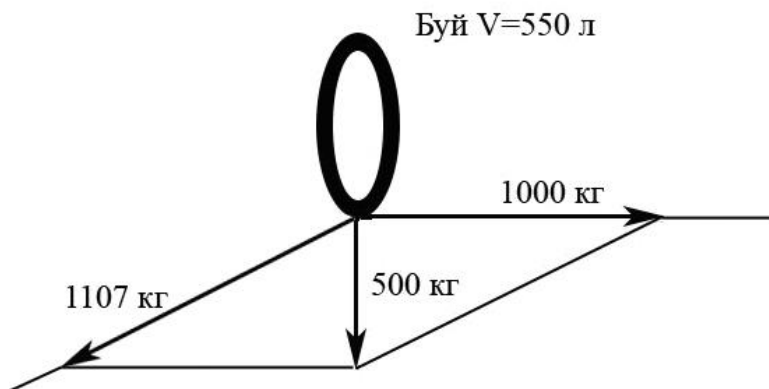


Рис. 60. Силы, действующие на элементы носителя.

Для чего необходимо растягивать хребтину? Основные причины – это предотвращение: 1) образования на хребтине волн и последующего стряхивания мидий на дно; 2) слишком большого изгиба и вытягивания носителя в направлении течения; 3) образования провисаний хребтины, что ведёт к перепутыванию коллекторов и залеганию их на дне. Выполнение этих задач возможно при использовании оттяжек разной конструкции.

Самым простым и, пожалуй, самым распространённым типом основной оттяжки является оттяжка, изготовленная из каната. Она представляет собой капроновый, полипропиленовый или комбинированный канат, длина которого равна трём глубинам в месте постановки головного буйа. Оба конца оттяжки заделаны в коуши, т.е. сделаны огоны, что не обязательно, если сборка носителя выполняется с применением узлов. Растягивающее усилие, производимое такой оттяжкой, легко может определить графически или путём вычислений сам конструктор носителя. При этом для нахождения выталкивающей силы головного буйа, нужно из его объёма вычесть его вес и вес оттяжки под водой. Получаемая величина будет оценкой максимально возможного растягивающего усилия, возникающего при полном погружении одного головного буйа. Общее растягивающее усилие, производимое обоими головными

буями, будет вдвое больше. Понятно, что если головной буй будет мал, а оттяжка довольно тяжёлой, тогда и растягивающее усилие будет слишком мало, что потребует подбора других элементов системы натяжения. Обычно в качестве головных используют буй объёмом 150-600 л, реже 900-1200 л. Если нет в распоряжении больших буйёв, можно их заменить двумя или несколькими буями меньшего объёма, расположенными на достаточном удалении друг от друга, предотвращающем столкновения буйёв.

Другой тип основной оттяжки: *оттяжка из цепи* калибра 30 (диаметр прутка цепи – 30 мм), что соответствует примерно 20 кг на погонный метр. Оттяжка из такой тяжёлой цепи в натянутом состоянии прогибается и дополнительно оттягивает головной буй. Длину оттяжки в этом случае делают короче – 2-2,5 глубины. В настоящее время цепи стоят дорого, поэтому реально использовать только цепи б/у. Известно, что цепи со временем изнашиваются, точнее их звенья перетираются. Поэтому перед покупкой необходимо тщательно осмотреть цепи, обращая внимание на наиболее изношенные звенья, помня о том, что надёжность цепи определяется самым изношенным звеном. Головной буй должен быть достаточно объёмным. Так, если планируется постановка носителя на акватории с глубинами 15 м, потребуется оттяжка длиной не менее 30 м, вес которой равен 600 кг. Для удержания такой цепи в толще воды и осуществления натяжения хребтины потребуется головной буй с положительной плавучестью 800 кг, что соответствует бую, объёмом 900-1000 л. Однако у мидиеводов существует правило: объём головного буя должен вдвое превышать вес удерживаемой цепи. Поэтому в данном случае нужно взять буй объёмом 1200 л. Следует отметить, что столь мощные натяжные устройства применяют в местах с частыми и сильными штормами, а также в местах с сильными течениями. Рекомендуется при использовании оттяжек из канатов устанавливать пластиковые головные буй объёмом 200-300 л, или два буя по 150 л.

Боковая оттяжка с натяжным буйём. В данном устройстве, кроме головного буя, используется дополнительно натяжной буй объёмом 150-300 л. Этот буй постоянно находится под водой, поэтому он должен быть прочным (металлическим или пластиковым, но заполненным полиуретаном). Натяжной буй закрепляется на

оттяжке на расстоянии $1/3$ её длины, отмеренный от массива. Закрепление буй выполняется либо подвязыванием его с помощью двух капроновых концов, либо с помощью скобы. Во втором случае оттяжку делают из двух отрезков с длинами равными $1/3$ и $2/3$ общей длины оттяжки. Концы каждого отрезка заканчиваются огонами. Оба отрезка соединяются друг с другом с помощью кольца, в которое предварительно вставляются оба коуша, после чего делаются огоны. Натяжной буй прикрепляется к кольцу с помощью скобы. Обычно для этой цели используют кольца и скобы калибра 30-32. Предпочтительнее приобрести тройные кольца, т. е. приспособления, состоящие из одного центрального кольца, на которые одеты два дополнительных кольца меньшего калибра. В этом случае коуши продеваются в дополнительные кольца.

Боковая оттяжка с натяжным бумом производит дополнительное и стабильное растягивающее воздействие, сила которого не зависит от прохождения волн через головной буй.

Боковая оттяжка с балластом. Работа этого типа оттяжки аналогична работе оттяжки, изготовленной из цепи. Как и в предыдущем случае, оттяжка выполняется из двух отрезков каната, соединённых кольцом. Однако в данном типе, короткий отрезок присоединяется не к якорю, а к головному бую. К кольцу подвешивается балласт весом под водой примерно в 200 кг. Для работы оттяжки большое значение имеет не только вес балласта, но и его форма. Практика показала, что компактный балласт сильно раскачивается на оттяжке даже при слабом волнении. Избежать раскачивания можно, придав ему вытянутую форму. Хорошим решением этой проблемы является использование кусков цепи, а именно: 5 кусков старой цепи калибра 30, длиной по 2 м, соединяют с одного края сварным кольцом и подвешивают скобой к кольцу на оттяжке. Такая оттяжка работает эффективнее, чем изготовленная из каната, но требует использования более объёмного головного буй. Данное устройство, как и два предыдущих, целесообразно применять в местах с сильным течением (1-1,5 м/сек) или с повышенным волнением.

Комбинированный тип боковой оттяжки представляет собой комбинацию оттяжек с натяжным бумом и с балластом. В данном случае она разбивается на три отрезка и, в месте соединения

верхнего отрезка со средним отрезком подвешивается балласт, а между средним и нижним – натяжной буй. Такие оттяжки эффективны в морях с большой амплитудой приливов, (что в Чёрном море не наблюдается), а также в подповерхностных носителях, при обслуживании которых хребтину требуется поднимать на поверхность. При необходимости постоянной компенсации удлинения хребтины, когда ползут якоря или удлиняются канаты, также можно использовать комбинированный тип боковых оттяжек.

Промежуточные (вертикальные) оттяжки устанавливаются редко и применяют их совместно с промежуточными якорями. Необходимость в них возникает при эксплуатации подповерхностных носителей, хребтины которых удерживаются на заданной глубине (5 м) с помощью промежуточных оттяжек. Также этот тип оттяжек применяется в поверхностных носителях большой длины (200-500 м), которые устанавливают в защищённых акваториях.

5. *Коллекторы* – это субстраты, применяемые для оседания в море личинок мидий с последующим их подращиванием с целью получения молоди длиной 10-30 мм. Дорастивание мидий до товарных размеров проводят в сетных рукавах или прямо на коллекторах. В мидиеводстве используются самые разнообразные коллекторы, изготовленные из синтетических и натуральных материалов. Часто для их изготовления берут изделия б/у и даже бросовые материалы, например фрагменты старых автопокрышек. И наоборот, коллекторы из новых синтетических канатов и сетной дели, не годятся для непосредственного использования. Новые синтетические коллекторы должны пройти предварительную выдержку («вымокание») в морской воде в течение двух месяцев.

Основные требования к коллектору следующие: на него хорошо должны оседать личинки мидий; осевшие мидии должны надёжно удерживаться на коллекторе в процессе их роста; коллектор должен быть дешёвым, прочным; быть высокоэффективным (компактным и с большой рабочей поверхностью), т.е. должен обеспечивать возможность получения на носителе высоких урожаев. Установлено, что на ворсистую поверхность коллектора личинки оседают лучше, чем на гладкую поверхность. Мидии хорошо оседают на нитчатые водоросли, обрастающие коллекторы.

Некоторые из распространённых коллекторов представлены на рис. 61.

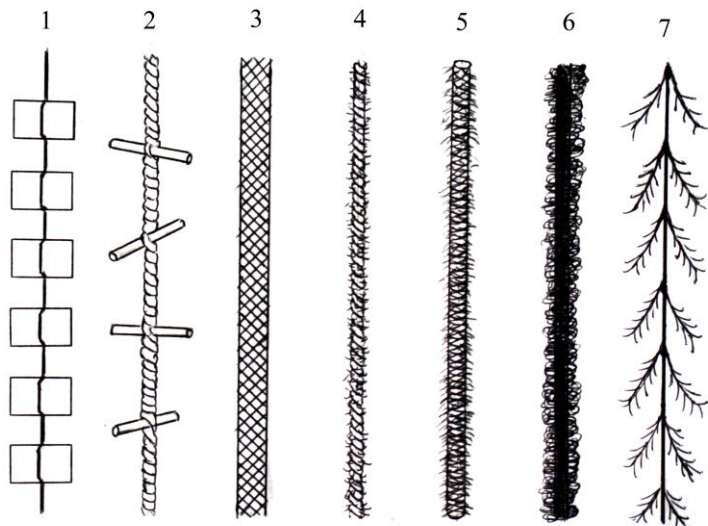


Рис. 61. Образцы коллекторов для сбора спата мидий: 1 – коллектор с пенопластовыми вставками конструкции Крымрыбакколхозсоюза, 1984 г.; 2 – коллектор из каната с деревянными, либо пластиковыми вставками; 3 – полоса из сетной дели (Чёрное море); 4 – кокосовый канат (Франция, Испания); 5 – сетчатая трубка из ворсистой дели; 6 – верёвка со слоем петель (Канада); 7 – коллектор «искусственная водоросль» (Канада – Япония).

Некоторые фирмы выпускают коллекторы в виде еловых веток, либо водорослей; в качестве коллекторов используют также «мохнатые» недорогие кокосовые канаты, которые широко применяют в Европе.

Коллекторы, пожалуй, наиболее часто изготавливают из старых полипропиленовых и капроновых канатов разной толщины: от 8 до 100 мм. Из полипропиленовых верёвок диаметром 18 мм плетут косички (коллектор «косичка») и т.д. При изготовлении коллекторов необходимо учитывать, что при разрезании капроновых изделий быстро тупятся ножи, поэтому ножи делают из твёрдой стали. Толстые канаты разрезают циркулярной пилой, а тонкие – ножом с

подогревом, который плавит канат и, оплавляя край, предотвращает его распутывание. Концы толстых канатов закрепляют марками.

Типичный коллектор изготовлен из старого каната диаметром 10-30 мм с поперечными вставками, либо из полосы сетной дели шириной 10-15 см и размером ячеей 40-70 мм. Поперечные вставки (из пластика, либо дерева длиной 20-25 см), закреплённые через каждые 30-50 см предотвращают опадание мидий под действием их тяжести или от встряхивания волнами. В сетной полосе функцию поперечных вставок выполняют нити дели, причём, чем толще и грубее нить, тем лучше коллектор. Длина коллектора обычно находится в пределах 4-8 м. Оптимальной считается длина 5-6 м. Действительно, слишком короткие коллекторы не позволяют обеспечить рентабельность, а слишком длинные – тяжёлые по весу, поэтому с ними трудно работать.

К верхней части коллектора подвязывается поводок с помощью самозатягивающегося узла. Поводок служит для подвязывания коллектора к хребтине, для чего обычно применяют выбленочный узел. Данный тип узла прост и он надёжно фиксирует коллектор в заданном месте и исключает ослабление затяжки. Подчеркнём, что подвязывание коллекторов к хребтине осуществляется только самозатягивающимися узлами. Подвязывание коллекторов, рукавов, наплавов и т.д. обычными «непрофессиональными» узлами приводит к перетиранию верёвок и канатов и к саморазрушению носителя. Здесь уместно вспомнить морскую поговорку: «Море ошибок не прощает». К нижней части выставляемого коллектора подвязывается груз весом 2-5 кг, который можно удалить после заселения коллектора мидиями. Однако, в местах с сильным течением (1-3 м/сек) вес груза берут в пределах 5-10 кг. Коллекторы можно подвязывать к хребтине и петлём с поводком, изготовленными из сеточника диаметром 4-6 мм (рис. 62).

Расстояние между коллекторами зависит от скорости течения и прибойности в месте размещения мидийного носителя и варьирует в пределах 0,4-1,2 м. Мидии, подросшие на коллекторах до размеров 10-30 мм, называют молодью, посадочным материалом или, более профессионально, спатом (spat, seed – англ.; naissain – франц.). Спат отделяют от коллекторов, сортируют его по размерам и засыпают в рукава из сетной дели.

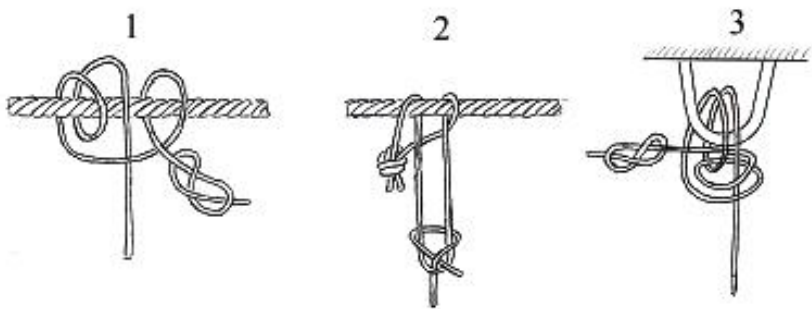


Рис. 62. Основные узлы, используемые в марикультуре: 1– выбленочный; 2 – петля и рыбачий узел; 3 – привязывание буй.

Рукава предназначены для дорастивания спата до товарного размера. В мидиеводстве применяются рукава различных конструкций. Первоначально использовали, главным образом двойные рукава, то есть состоящие из двух, вложенных друг в друга рукавов: рукав из хлопчатобумажной дели помещался внутри рукава из синтетической дели. В хлопчатобумажном рукаве из мелкоячеистой дели находились мидии, которые прикреплялись друг к другу с помощью биссуса. Тем временем хлопчатобумажная дель перегнивала и мидии оставались в синтетической крупноячеистой дели. Если синтетический рукав не был достаточно прочным, внутри рукава пропускали несущую верёвку. Иногда рукава прикрепляют к коллекторам с помощью резиновых колец, вырезанных из мотоциклетных либо велосипедных камер. Выпускаются узкие и широкие рукава. Последние, при заполнении мидиями разделяются на отдельные камеры (пакеты), либо оборачиваются тонкой верёвкой, ограничивающей диаметр рукава. В последние годы чаще применяют узкие и прочные синтетические рукава, в которых не используется несущая верёвка.

В настоящее время фирмы Испании, Франции, Италии и т.д. выпускают универсальные рукава DUPLEX, пригодные для размещения в них мидий любого размера. Особенности их конструкции заключаются в том, что между основными нитями сети проходят очень тонкие нити не спаянные между собой, которые вначале удерживают мидий от выпадения, а затем, под воздействием мидий, раздвигаются и позволяют мидиям выходить на наружную

поверхность рукава, где мидии образуют плотные поселения и хорошо растут.

Сетные рукава поставляются в бобинах длиной по 500 м (иногда 1000 и 1500 м) и ориентировочной стоимостью 20 \$ за 500 м. Хорошие рукава производит испанская фирма Intermas и итальянская ROM plastica. Овощные сетки отечественного производства для подращивания мидий не годятся.

Можно изготовить самодельные рукава из старых тралов, либо крупноячеистой дели (ячей 6-8 см). Из дели нарезают полосы шириной 25 см и длиной 4-7 м. Их раскладывают на рабочем столе и покрывают двойным слоем газеты или плотной бумаги. На бумагу насыпают валик мидий и раскладывают мидийные друзы. Затем края полосы соединяют и прошивают. При этом края бумаги не доходят друг до друга, образуя щель шириной 2-3 см (иначе мидии могут задохнуться). После размещения рукавов на носителе бумага разрушается и мидии постепенно выходят на внешнюю поверхность рукава.

Сборка носителя.

После приобретения основных материалов можно приступить к сборке носителя, для чего потребуются такие такелажные изделия как скобы, кольца, коуши, зажимы, о которых уже речь шла выше. Вся сборка разбивается на два этапа: предварительный монтаж на берегу и полная постройка носителя в море. Конечно, сборка и постройка каждого конкретного типа носителя имеет свои особенности, которые и будут рассмотрены ниже при изложении материала по каждому основному типу. В данном разделе обсуждаются общие правила и основные приёмы сборки мидийных носителей.

Считается, что носители, собранные с помощью скоб, колец и других такелажных изделий долговечнее носителей, собранных с помощью морских узлов. Действительно, в первом случае работают металлические изделия, а во втором – синтетические. Но сборка с помощью узлов проще и дешевле, поэтому её целесообразнее применять при постройке периодически извлекаемых из моря носителей, (например, типа «Поверхностный носитель», «Непрерывный коллектор»), а также носителей, легко поддающихся ремонту прямо в море. Необходимо учитывать, что канат может

разрушаться не только снаружи при трении о некоторый предмет, но и изнутри, если канат попеременно сгибается и разгибается или скручивается и раскручивается. В этом случае жгуты и отдельные волокна трутся друг о друга, что и приводит к «усталости материала» и разрыву каната. Особенно это характерно для полипропиленовых канатов, слабо противостоящих истиранию. При этом внешний осмотр не всегда позволяет обнаружить начало разрушения каната.

Прежде, чем приобретать такелажное оборудование нужно проверить по основным и габаритным размерам возможность его совместного использования в монтажных работах. Размерные и прочностные характеристики изделий приведены в специальной литературе, а также в Интернете. Эти размеры позволяют, в частности, проверить зайдёт ли выбранная скоба на рым буя или якоря и пройдёт ли эта скоба сквозь звено цепи, а также проверить одевается ли скоба на кольцо и при этом в ней останется достаточно места для огона и т.д. Проверить также надо правильность выбора коушей и зажимов. Возможно, что после такой проверки придётся заменить часть изделий другими марками или другими номерами.

В продаже предлагаются различные типы скоб (рис. 63). Они изготавливаются из различных сортов стали, в том числе из мягкой, твёрдой и стали высокой твёрдости. Следует избегать скоб, как из мягкой стали (быстро изнашиваются), так и из очень твёрдой стали (ломаются). Необходимо также обратить внимание на допускаемые нагрузки. Калибр скобы, то есть диаметр её щеки может быть указан в дюймах (1 дюйм = 2,54 см), тогда калибр скобы в таблице изменяется с шагом 1/8 дюйма (примерно 3мм).

Скобы подразделяются в зависимости от их формы, особенностей пальца (оси) и формы головки пальца. По форме скобы разделяют на прямые, с-образные и омегаобразные. Омегаобразные скобы более просторные, что позволяют разместить на них больше изделий, чем на с-образных. Пальцы делают либо ввинчивающимися в тело скобы, либо с навинчивающейся гайкой.

При этом головка пальца может быть шестигранной, четырёхгранной, либо круглой, но с выступом для удержания пальца от вращения. Нужно выбирать скобы, у которых в завинченном виде палец не может вращаться даже при приложении к скобе значительных усилий.

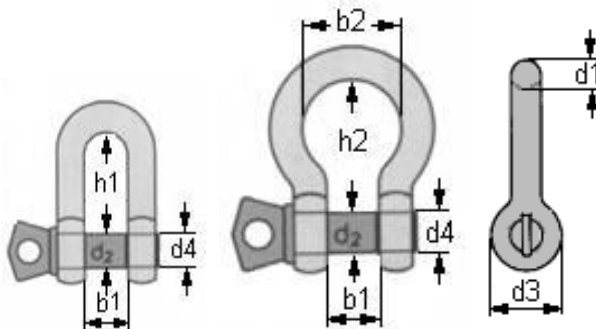


Рис. 63. Технические характеристики такелажных скоб (см. табл. ниже).

Скобы такелажные Типа СА (с-образные) и СИ (омега-образные)									
Типо-размер	Нагрузка, т	d1, мм	d2, мм	d3, мм	d4, дюйм	b1, мм	b2, мм	h1, мм	h2, мм
1/4	0,5 / 0,6	6,5	8	17	5/16	12	20	-	28
5/16	0,75 / 0,90	8	10	21	3/8	13	21	26	31
3/8	1 / 1,2	10	11	25	7/16	16	26	31	36
7/16	1,5 / 1,8	11	13	27	1/2	18	29	36	42
1/2	2 / 2,4	13	16	30	5/8	21	33	41	48
5/8	3,25 / 3,9	16	19	40	3/8	27	43	51	60
3/4	4,75 / 5,7	19	22	48	7/8	32	51	60	71
7/8	6,5 / 7,8	22	25	54	1	36	58	71	84
1	8,5 / 10,2	25	29	60	1/8	43	68	81	95
1 1/8	9,5 / 11,4	29	32	67	1/4	46	74	90	108
1 1/4	12 / 14,4	32	35	76	3/8	52	82	100	119
1 3/8	13,5 / 16,2	35	38	84	1/2	57	92	113	133
1 1/2	17 / 20,4	38	41	92	5/8	60	98	124	146
1 3/4	25 / 30	44	51	110	2	73	127	146	178
2	35 / 42	51	57	127	2 1/4	83	146	171	197

Например, если гранёная головка пальца утапливается в соответствующее углубление на щеке скобы, то это предотвратит проворачивание пальца даже при сильных крутящих нагрузках на палец. Отметим, что нередко причиной разрушения мидийных носителей является срыв или срезание шплинтов и раскручивание,

казалось бы, надёжно завинченных и зашплинтованных скоб. Для предотвращения раскручивания скоб их можно заварить, либо зачеканить резьбу на конце пальца. Эта, казалось бы, не технологичная процедура, надёжно защищает морского фермера от серьёзных аварий.

Купленные скобы нужно обязательно заранее раскрутить, что не всегда легко выполняется; следует убедиться в наличии медного шплинта; указать рисккой (царапиной или краской), или накернить положение пальца, в котором вставляется шплинт. Раскрученные скобы смазывают и собирают, слегка ввинтив пальцы.

Кольца бывают круглые, овальные, тройные. В мидийных носителях кольца применяют для соединения вместе трёх узлов: хребтины, боковой оттяжки, натяжного буя. Вместо кольца можно взять так называемую треугольную планку. Планка прочнее кольца, она выдерживает более высокие нагрузки и лучше работает на истирание. Но у планки имеется серьёзный недостаток: в её отверстиях заклиниваются пальцы скоб, в результате чего рвутся шплинты и затем раскручивается скоба и разваливается носитель. Поэтому, если для соединений хребтины с оттяжками Вы выбрали треугольные планки, продумайте, как Вы будете закреплять пальцы в скобах, т. к. обычного шплинтования в данном случае не достаточно. Желательно дополнительно зафиксировать палец в скобе сваркой, чеканкой (смятием резьбы), или прикрутить медной проволокой головку пальца к скобе. Вместо одной скобы, можно взять две, что улучшит подвижность всего соединения.

Учитывая, что наиболее проблемное звено в носителе – это место соединения трёх элементов: хребтины, оттяжки и головного буя, необходимо особенно тщательно отнестись к изготовлению этого звена. Под действием волн головной буй совершает в вертикальной плоскости возвратно-поступательные движения, которым противодействует оттяжка. Кроме этого, на данное звено передаются рывки от хребтины. В результате канаты подвергаются как переменным продольным нагрузкам, так и бесчисленным изгибам. Если соединения всех перечисленных элементов выполняют за счёт морских узлов, то канаты изнашиваются вблизи этих узлов. Гораздо долговечнее соединения с применением металлических деталей (рис. 64).

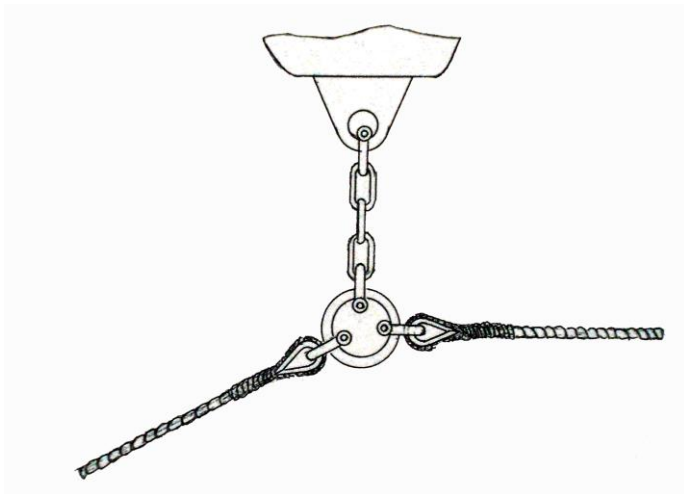


Рис. 64. Соединение хребтины, оттяжки и головного буя.

Однако и в данном случае должны быть приняты меры, повышающие надёжность работы данного звена. Например, между головным буюм и кольцом следует вмонтировать кусок цепи из трёх звеньев, что продлит срок службы скоб и рыма. Вместо обычного кольца взять тройное кольцо, либо для соединений оттяжки и хребтины через кольцо взять не по одной скобе, а по две – это увеличит подвижность соединений, а, следовательно, и срок их службы. Если вместо кольца используется треугольная планка, тогда, во избежание заклинивания скоб, их число нужно, как это отмечено выше, увеличить вдвое, соединив их последовательно, что увеличит надёжность соединений.

Не лишним оказывается и тщательный осмотр огонов. Иногда, коуши выворачиваются из петли и, оставшийся без металлической защиты канат, быстро перетирается о другую металлическую деталь. Для предотвращения выпадения коуша его боковые части подвязывают к канату шнуром; можно в этих местах наложить марки.

Кроме головного буя, к хребтине подвязывают промежуточные буйи, объём которых обычно меньше объёмов головных буюв. При постановке носителя подвязывается минимальное количество

промежуточных наплавов, но достаточное для удержания хребтины в толще воды. Промежуточные наплава надо привязывать к хребтине двумя концами (канатами), причём эти концы должны расходиться в направлении хребтины, образуя равносторонний треугольник. Длина одного конца – 2,5 м; его диаметр для наплавов объёмом 100-200 л равен 18 мм. На свободном конце каната необходимо сделать стопорный узел, завязав обыкновенный узел или восьмёрку. Канат не должен быть слишком жёстким, иначе узлы надёжно не затянутся. После привязки наплавов длины канатов уменьшатся примерно до 1 м. Обычно расстояние между хребтиной и наплавом находится в пределах 0,5-1 м. Этого расстояния достаточно для предотвращения соударений в штормовую погоду буя с хребтиной.

Привязывать промежуточные наплава одним канатом не рекомендуется, так как в этом случае буй совершает вращательные движения, что ускоряет износ каната. Можно использовать вертлюги, но это дорого и менее надёжно, чем привязка двумя концами. Во втором случае износ одного каната не приводит к потере буя, а является всего лишь сигналом о необходимости ремонта подвязки.

Натяжные буи можно привязать так же, как и промежуточные буи, двумя концами. Если оттяжка состоит из двух отрезков, соединённых кольцом и скобами, тогда натяжной буй присоединяется с помощью скоб и 3-х звенного фрагмента цепи, аналогично креплению головного буя.

После завершения предварительного монтажа носителей на берегу, приступают к постановке носителей в море. В следующем разделе обсуждаются вопросы поиска участка, пригодного для создания морской фермы.

2.1.2. Выбор и разметка участков для морской фермы

Прежде чем создавать морскую ферму, необходимо выбрать место для её размещения. На этом начальном этапе нельзя допускать серьёзных ошибок, которые могут свести на нет дальнейшие усилия и финансовые затраты. Выбираемый участок должен отвечать различным требованиям: океанологическим, биологическим, санитарным, экономическим, социально-административным,

поэтому выбрать идеальный участок очень затруднительно, но необходимо выбирать лучший из возможных.

Упрощая ситуацию, можно сформулировать следующее краткое утверждение: участок должен иметь оптимальную глубину, ровное дно, с умеренным течением; желательно, (но не обязательно), чтобы он был защищён от воздействия волн; не загрязнялся бытовыми и промышленными стоками; с хорошей кормовой базой и с достаточной концентрацией личинок мидий (посадочный материал). Участок не должен располагаться на значительном удалении от береговой базы, а будущая ферма не должна мешать функционированию других морских организаций (морской транспорт, прибрежное рыболовство, водный туризм, парусный спорт, дайвинг, другие виды спорта, пляжи, военные организации и т.д.).

Разберём подробнее критерии выбора участка в море. Прежде всего, надо учитывать, что площадь, занимаемая якорями фермы, гораздо больше, площади участка, на поверхности которого плавают наплава (буи, кухтыли, поплавки). Это обстоятельство необходимо принимать во внимание при проектировании фермы и определении её площади, а также при составлении заявки на выделение морского участка, т.к. площадь предоставляемого участка измеряется по дну, а не по поверхности. Действительно, якоря (массивы) устанавливаются на дне и на их постановку надо получить разрешение, указав при этом координаты рабочего участка.

Конечно, предпочтительнее ферму размещать на защищённых от штормового воздействия акваториях, например в бухтах, лиманах и т.д., где не требуется устанавливать сооружения с повышенной штормоустойчивостью. Однако, на побережье Крыма, за исключением оз. Донузлав, свободных бухт с чистой водой практически не осталось. Поэтому следует рассчитывать на организацию мидиеводства и устрицеводства у открытого побережья. Глубины на выбранном участке должны находиться в пределах 10-30 м, а оптимальными считаются глубины 15-20 м. Глубина участка выбирается из расчёта предотвращения касания морского дна коллекторами и рукавами с мидиями. Если длина коллектора равна 6 м, а перегруженный несущий канат (хребтина) может прогнуться вниз на 3 м, тогда нижний конец коллектора

окажется на глубине 9 м. В качестве запаса добавим 1 м, что даст суммарную минимально допустимую глубину, равную 10 м.

На защищённых участках, при использовании поверхностных (не штормоустойчивых) носителей, минимальная глубина равна 6-7 м.

Максимально допустимая глубина ограничивается необходимостью экономии материалов, прежде всего, канатов, с помощью которых ферма удерживается на месте. Следует учитывать, что длина этих канатов (оттяжек) равна тройной глубине в месте постановки. Если глубина под фермой равна 30 м, то длины оттяжек должны быть по 90 м, что существенно увеличит стоимость фермы. Каждый фермер может выбрать оптимальную глубину своего участка только после окончательного выбора типа технических средств выращивания.

Немаловажное значение имеет и характер дна под фермой. Дно должно быть по-возможности ровное, желательно, с минимальным перепадом глубин; наличие резкого свала глубин не допускается. Известны случаи сползания бетонных якорей, установленных на наклонном дне. Характер грунта – песок, ил, ракушка, галечник. В местах постановки якорей не должно быть ни валунов, ни скальных массивов.

Мидийно-устричная ферма должна достаточно хорошо промываться течением, которое приносит моллюскам корм, кислород и выносит продукты их жизнедеятельности, т.е. распада. В стоячей воде моллюски плохо растут, а технические средства выращивания сильно обрастают, в результате чего дополнительно нарушается поступление корма и кислорода. Однако слишком сильное течение осложняет работы по обслуживанию фермы: течение сносит плавсредства (наваливает на носитель, либо отрывает судно от обслуживаемого носителя); коллектора, рукава, садки поднимаются течением к поверхности и могут быть намотаны на винт судна; под напором течения хребтина оказывается чересчур натянутой, что сильно затрудняет её подъём на поверхность. При этом якоря могут оказаться сдвинутыми к центру, что не допустимо. При сильном течении коллектора и рукава с мидиями бьются друг о друга, сбрасывая мидий на дно. Опыт показывает, что допустимым считается течение в пределах от 10 до 100 см/с. В течение суток изменяется обычно не только величина скорости течения, но и его

направление. Поэтому на предполагаемом участке нужно несколько раз проследить за течением. Если скорость изменяется в пределах 10-50 см/с и только изредка принимает значения близкие к 0, либо 100 см/с и более это значит, что участок пригоден для выращивания моллюсков.

Следующее важное требование: вблизи участка не должно быть канализационных стоков, а по санитарным показателям участок должен отвечать требованиям Санитарных правил и норм СанПиН 2.3.4.050-96 (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 11 марта 1996г. № 6). Согласно им морская вода в зоне выращивания по бактериальным показателям должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 14. Концентрация тяжёлых металлов и других химических загрязнителей **в воде** не должна превышать ПДК (предельно допустимые концентрации) для воды (мкг/л): ртуть – 0,1; свинец – 10,0; кадмий – 10,0; хром – 1,0; медь – 5,0; никель – 10,0; углеводороды (НУ) – 50; хлорорганические соединения (ХОС) – 0.

Таблица 14. Рекомендуемые микробиологические нормативы для морской воды в районах выращивания мидий и устриц

Показатели	Допустимые уровни (в 1 дм ³ не более)
Бактерии группы кишечных палочек	1000
Фекальные кишечные палочки	500
Энтерококки	500
Сальмонеллы	0
Патогенные галофильные вибрионы	0

Необходимо собрать моллюсков, населяющих выбираемый участок и сдать их в СЭС для микробиологического анализа. Требования к мясу моллюсков содержатся в таблице раздела о санитарно-бактериологическом контроле (см. табл. 56 и 57).

Кроме соблюдения требований к микробиологическому загрязнению, необходимо, чтобы содержание в мясе токсических

веществ (кадмий, свинец, мышьяк, ртуть) не превышало нормативы, утвержденные Министерством охраны здоровья. Концентрация тяжёлых металлов и мышьяка в мясе мидий не должна превышать ПДК (мг/г сырого мяса): ртуть – 0,2; кадмий – 2,0; свинец – 10,0; медь – 30; мышьяк – 2,0.

Всем перечисленным выше требованиям отвечает, в условиях Крыма, например, акватория Каламитского залива, расположенного южнее г. Евпатории (рис.65 цветной вкладыш, стр. 489). Площади пригодных для марикультуры акваторий в этом заливе, измеряются сотнями квадратных километров. Они расположены на удалении от берега на 2-4 км, что благоприятно сказывается на санитарном режиме вод и не мешает развитию на побережье индустрии отдыха. Берега в этом районе пока ещё сравнительно свободны, поэтому возможно строительство береговых баз. Возможна также организация крупных и многочисленных мелких морских хозяйств в Каркинитском заливе (северо-западный Крым). Прекрасные возможности для развития марикультуры имеются у озера Донузлав (северо-западный Крым). Озеро Донузлав – это фактически морской залив с благоприятными условиями для марикультуры мидий и устриц: хорошая кормовая база, высокий репродукционный потенциал мидийных банок, высокие темпы роста мидий и устриц, хорошее состояние природных поселений мидий, положительный опыт работы, пока ещё немногочисленных, местных фермеров, слабый пресс хищников. Защищённость водоёма от воздействия штормовых волн позволяет использовать простые и дешёвые технические средства выращивания, в том числе плавсредства упрощённой конструкции (плоты, понтоны) и лёгкие недорогие причалы, в том числе плавучие причалы. Берега озера, особенно северные, пустынные и не заняты хозяйственной деятельностью.

Разметка акватории.

На выбранном участке, с помощью буйков и в соответствии с начерченным на карте планом морской фермы, размечаются места для постановки якорных массивов. Прежде всего, на карте снимаются координаты положения массивов и далее переходят к выполнению работ непосредственно в море. Для этого выбирается день с тихой погодой и минимальным волнением, перед самой постановкой массивов.

Делать разметку заранее не желательно, потому что штормовая погода, либо просто любопытствующие, могут сорвать или отодвинуть буйки. Предварительно нужно промерить глубины и сравнить их с глубинами, обозначенными на карте, т.к. не всегда истинные глубины совпадают с указанными на карте.

Необходимо подготовить материалы, которые будут использоваться во время разметки: прибор GPS; куктыли (поплавки) на 2,5-3 л, соединённые сеточником с якорем (например, корабельный балласт, бетонный блок) массой 20-30 кг; нерастягивающийся шнур (телефонная проволока, струна) длина которой рассчитывается на основе плана фермы, сеточник.

Если ферма создаётся в районе открытого побережья, то носители ориентируются перпендикулярно к берегу. Поэтому массивы выставляются в виде двух параллельных рядов тянущихся вдоль берега. Разметка выполняется в следующей последовательности. На участке по заданным координатам с помощью прибора GPS выбирается базовая точка, допустим, крайняя и в этой точке устанавливается указательный буй. В дальнейшем здесь будет установлен крайний бетонный якорь (массив). От базовой точки откладывается перпендикулярно к берегу расстояние, равное длине хребтины, плюс длины проекций на дно двух оттяжек. Чтобы отложить это расстояние нужно в базовую точку опустить балласт с привязанной к нему проволокой и на шлюпке, разматывая проволоку, медленно перемещаться перпендикулярно к берегу в направлении места постановки следующего массива. Установить в этой точке второй указательный буй с якорем; проволоку смотать. Затем нужно перейти в другой конец участка и аналогично установить два других крайних бую.

Таким образом, на участке указаны четыре крайних точки и остаётся только разметить промежуточные точки. Если имеется в распоряжении длинная телефонная проволока, тогда эта операция выполняется легко: нужно разметить марочками проволоку на участки, равные расстоянию между носителями (25-30 м) и натянуть её между крайними буюми одного ряда. Далее, с помощью поплавков и балластов, отмечают места постановки промежуточных массивов и, аналогично, производится разметка другого ряда.

2.1.3. Монтаж морской фермы

Общие правила постановки носителей.

Постановка каждого типа носителя имеет свои особенности, которые также зависят и от структуры всей фермы, гидрологических характеристик участка и технических возможностей работающих плавсредств. Однако имеются общие правила, которые следует соблюдать при монтаже любой мидийно-устричной фермы. Процесс постановки носителя включает в себя: постановку массивов с оттяжками и головными буями; присоединение хребтины к одной из оттяжек; протягивание хребтины в направлении другого головного буя; натяжение носителя и окончательное закрепление хребтины. Для контроля качества проведения работ желательно, (но не обязательно!) участие водолаза.

Для выполнения морских операций, желательно, чтобы, кроме основного судна, оснащённого лебёдкой, грузовой стрелой, работала ещё и моторная шлюпка. Её использование поможет сократить количество переходов и сложных манёвров, выполняемых большим судном, а также осуществлять связь с берегом. В последние годы якорные массивы выставляют с помощью плавкранов, что, хотя и дорого, но довольно удобно, т.к. на плавкран можно загрузить сразу все массивы фермы средней производительности. Кроме этого, плавкран опускает массивы до самого дна; не раскачивается на волне и т.д.

Перед погрузкой массивов с оттяжками на судно проверяют качество сборки всего узла. Глубины на различных участках будущей фермы – разные, соответственно разные длины оттяжек. Поэтому все массивы должны быть пронумерованы и расставлены на борту таким образом, чтобы можно было их выставлять в требуемой последовательности. Напомним, что массивы, выставляемые первыми, должны быть погружены в последнюю очередь. Учитывая, что длина оттяжки втрое превышает глубину, можно предположить, что после постановки их в море оттяжки перепутаются. Поэтому верхние части оттяжек сворачиваются в бухты и подвязываются к головным буям. Можно головные буи каждого носителя притянуть друг к другу на минимальное расстояние и связать оба буя верёвкой. Нельзя допускать при этом, чтобы канат мог волочиться по дну –

иначе возможны зацепы за дно, либо перетирание наружных защитных слоёв комбинированного каната.

Возможно, что массивы с оттяжками и буями придётся размещать на палубе штабелями. В этом случае надо пользоваться прокладками из деревянных брусьев, которые предотвратят повреждения канатов.

После выставления массивов приступают к монтажу хребтин. Доставленная на судне хребтина присоединяется скобой к кольцу под головным бумом, а свободный конец хребтины должен затем буксироваться в направлении противоположного бую. При этом для того, чтобы удержать размотанную хребтину на плаву, к ней подвязывают через 15-20 м временные буйки. Буксировка и натяжение хребтины хорошо выполняется с помощью, так называемого, проводника. Проводник, в данном случае, это верёвка, которую продевают в рым противоположного (свободного) головного бую. Затем протягивают её сквозь рым и привязывают к свободному концу хребтины в 1 м от огона. Другой конец проводника находится на шлюпке. Свободный буй крепко привязывают к шлюпке. Затем вытягивают проводник, который, проходя через рым свободного бую, сокращает расстояние между концом хребтины и бумом. При этом прикладываемое усилие быстро нарастает, поэтому придётся использовать ручную лебёдку или таль. Можно также передать свободный конец проводника на лебёдку судна. Как только огон хребтины вплотную подойдёт к рыму бую, их соединяют скобой, которую тщательно зашплевывают.

Завершением постановки носителя является проверка натяжения хребтины: у правильно выставленного носителя головные буйки должны стоять вертикально, погрузившись в воду наполовину. Если хребтина окажется не натянутой, нужно её отдать и немного отбуксировать якорный массив. Если хребтина слишком коротка, её можно удлинить куском цепи или таким же канатом.

Акватория морской фермы ограждается буями с отражателями, которые чётко видны на экранах судовых радиолокаторов. Для ограждения участка применяют достаточно объёмные буйки (1000 л и более), которые соединяются с якорем цепью (не канатом!). Места постановки буйков с отражателями согласовываются с Гидрографией. Очень важно (!) к моменту постановки фермы вести рабочий журнал,

в который заносится схема размещения носителей с нумерацией каждого носителя и их головных буёв. Для каждого носителя должна быть указана дата постановки, а для каждого головного бую – глубина под ним. Также для каждого носителя указывают количество наплавов, их объём; количество коллекторов, садков, рукавов и сроки их постановки или изъятия. Без такой информации не возможен учёт работы фермы, получения оценки её состояния и расчёта производительности, других экономических показателей, а также планирования последующих работ и прогноз сроков и объёмов ожидаемых урожаев. В этот же журнал вносятся данные о размерах моллюсков, их кондиции, смертности, оседании спата и о всех работах, проводимых на ферме.

После получения морского участка и предварительного изучения его океанологических свойств, становится возможным выбор типа носителя, наиболее подходящего для условий данной зоны.

Выбор типа носителя.

Как уже отмечалось, на крымском побережье Чёрного моря практически отсутствуют незанятые достаточно глубокие бухты с незагрязнённой водой, пригодные для развития мидиеводства. Негативное воздействие моря на технические средства выращивания многообразно: бесконечно повторяющиеся рывки, приводящие к старению, истиранию и разрушению любых материалов; динамическая природа нагрузок, особенно во время шторма; статические нагрузки, вызываемые течениями; электрохимическая коррозия в морской воде; разрушающее действие ультрафиолета солнечной радиации и т.д.

Как технически разрешить задачу выращивания моллюсков в открытых акваториях и обеспечить при этом требование высокой технологичности носителя, не использовать труд водолаза, механизировать трудоёмкие работы? Очевидно, что защититься от повреждающего воздействия волн можно, переместив ферму под поверхность, либо установив её на дне. Однако носитель не только не должен разрушаться во время штормов, но он должен ещё и обеспечивать сохранность моллюсков, которые опадают на дно от резких рывков. Конструкция носителя должна быть либо очень жёсткой и прочной, либо напротив, эластичной и в то же время достаточно прочной и, кроме этого, конструкция должна

предотвращать либо гасить рывки, встряхивание коллекторов и садков.

Очевидно, что, если ориентировать поверхностный носитель перпендикулярно к берегу, то проходящие волны вызовут образование и продвижение изгибов (бегущей волны) на самой хребтине, что приведёт к стряхиванию моллюсков с коллекторов. Этот феномен у мидиеводов получил название «эффект кнута». Не сложно себе представить, как поплавок взлетает на гребень волны, резко поднимая участок хребтины с коллекторами, которые при этом растягиваются. Затем поплавок, вместе с хребтиной, падает к подножью волны, вследствие чего резко опускающиеся коллектора расслабляются и в этом положении следует очередной резкий рывок вверх, когда и возникает «эффект кнута», отрывающий мидий от коллекторов. Избежать «эффекта кнута» возможно, по крайней мере, тремя путями:

- ориентировать носитель параллельно фронту волны (параллельно берегу);
- при ориентировании носителя перпендикулярно к берегу, необходимо обеспечить натяжение хребтины носителя, причём достаточное для предотвращения появления изгибов на хребтине;
- выращивать моллюсков на удалении от поверхности, т. е. на глубине.

Перечисленные варианты стратегий технических решений воплощены в конструкциях носителей следующих типов: поверхностный, полупогружной, подповерхностный, донный (рис. 66). Каждый из перечисленных типов носителей обладает своими преимуществами и недостатками. Ниже дано описание и приводится сравнительный анализ различных типов мидийных носителей, которые применяются для выращивания в открытом море, как мидий, так и других двустворчатых моллюсков (устриц, гребешков, клемов).

Кроме носителей, рассматриваемых в данной главе, применяются и другие технические средства: плоты, стойки, (гундерные установки), выращивание на дне и др. Также существуют различные модификации каждого из описанных ниже типов носителей. Однако мы ограничились подробным рассмотрением

четырёх типов носителей, наиболее адаптированных к условиям акваторий открытого побережья Чёрного моря.

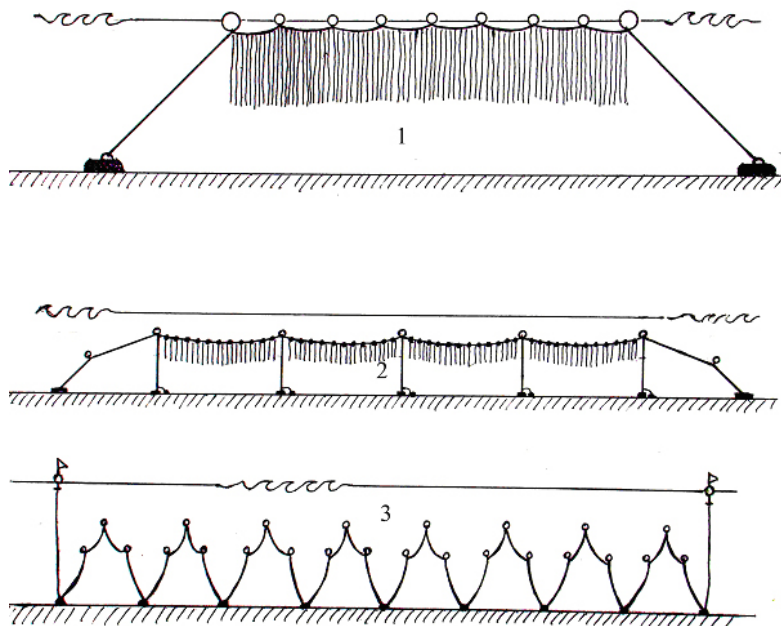


Рис. 66. Типы мидийно-устричных носителей: 1 – поверхностный, 2 – подповерхностный, 3 – донный.

Поверхностный носитель.

Поверхностные носители, как наиболее простые и дешёвые, широко используют для выращивания моллюсков только в защищённых от штормов акваториях. Однако разработан и успешно эксплуатируется у открытых берегов штормоустойчивый вариант поверхностного носителя в Венецианском заливе (рис. 67 цветной вкладыш, стр. 490), который явился прототипом поверхностных носителей для Чёрного моря (рис. 68 цветной вкладыш, стр. 490).

Конструкция такого сооружения исключает возникновение резких рывков и его быстрый износ. Это достигается за счёт образования на хребтине серии провисаний в виде перевёрнутых арок, вследствие чего хребтина работает как пружина, удерживаемая концевыми оттяжками.

Носитель устанавливается на защищённых, а также и на открытых акваториях с глубинами 10-20 м параллельно фронту волны (вдоль берега). При прохождении волн все элементы носителя одновременно плавно поднимаются и опускаются без стряхивания моллюсков на дно. Постановка и эксплуатация носителя осуществляется без участия водолазов. Данный тип носителя предназначен для сбора мидиевого спата и подрачивания мидий и устриц до коммерческого размера общим весом до 7000 кг.

Носитель (рис. 69) состоит из наплавов – 11 шт., двух (иногда трёх) параллельных капроновых хребтин длиной 100 м и диаметром 26 мм. Следует уточнить, что хребтины здесь не непрерывны, а образованы из кусков длиной по 12 м, из которых 2 м составляет припуск на узлы.

Носитель растягивают и удерживают на месте две боковые капроновые оттяжки Ø32 мм и длиной равной, как это принято в конструкциях носителей ярусного типа, трём глубинам в месте постановки. Оснащается носитель коллекторами для сбора спата; рукавами и коллекторами для подрачивания мидий, а также устричными садками, если практикуют выращивание устриц. Якорная система состоит из двух бетонных блоков по 5 т. Вместо блоков можно использовать стальные трубы (анкеры), которые замываются гидромонитором вертикально в грунт, либо вгоняются в него с помощью вибратора.

Применяются пластиковые наплава вытянутой формы, объёмом 150-200 л. Коллекторы для сбора спата мидий изготавливают из полос старой траловой дели, шириной 15-20 см и длиной 6 м, либо обрывков каната, фала и т.д. Эти коллекторы подвязывают обоими концами в свободное от рукавов пространство (под наплавами). В случае необходимости коллекторы притапливаются с помощью грузов весом по 3-5 кг. Для изготовления носителя закупаются материалы, указанные в спецификации (табл. 15), где приведены цены на период 2007 г.

Этот тип носителя построен из сравнительно лёгких структурных элементов. Он собирается с помощью самозатягивающихся узлов, а металлические детали (коуши и скобы) применяют только для прикрепления оттяжек к якорным массивам.

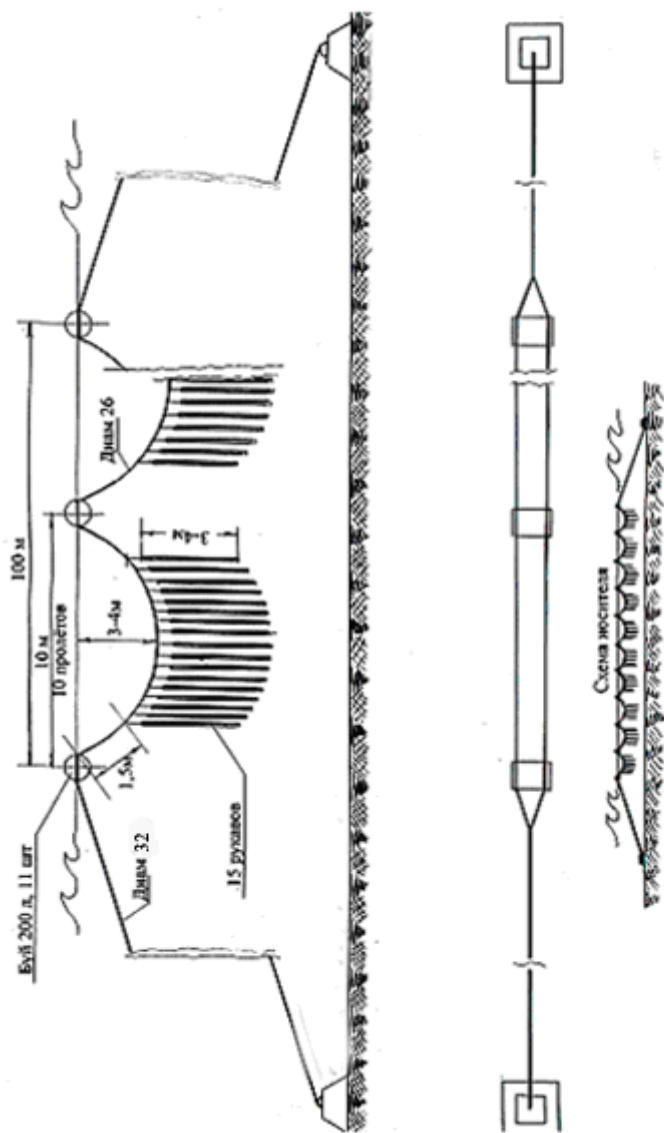


Рис. 69. Устройство поверхностного мидино-устричного носителя.

Таблица 15. Спецификация материалов для изготовления поверхностного носителя (принята глубина постановки 20 м)

№	Наименование	Кол-во	Цена за единицу, \$	Общая цена, \$
1	Оттяжка, канат Ø 32 мм, длина 60 м	2	3 за метр	360
2	Хребтина, канат Ø 26 мм, длина 12 м	20	2 за метр	480
3	Окончание хребтины, канат Ø 26 мм, длина 6 метров	2	2 за метр	24
4	Буй пластиковый, 150 л	11	50	550
5	Скоба такелажная СА-50	2	10	20
6	Коуш на канат Ø 32 мм	2	17	34
7	Якорь бетонный 5 т	2	325	650
8	Верёвка капроновая, Ø6 мм	10 кг	5 за кг	50
9	Рукав сетной, длина 1000 м	1000	0,1 за м	100
	Итого:			2268

Порядок постановки носителя.

Предварительно нужно изготовить оттяжки с огонами, которые делают только на одном конце оттяжки. К свободным концам оттяжек подвязываются временные поплавки, которые будут удерживать концы оттяжек на поверхности после выставления якорных массивов в море. Оттяжки присоединить к массивам скобами.

Носитель устанавливается параллельно берегу. Перед постановкой необходимо измерить глубины в местах, где будут находиться головные буи. Начертить в масштабе носитель и измерить расстояние между массивами. Нанести на карту точки постановки массивов и снять их координаты. Разметить на акватории буйками точки для постановки массивов. После выставления массивов, подходят к одной из оттяжек на катере, грузённом кусками хребтин, буйами и начинают монтаж носителя, который производится с кормы катера (или яла). Для этого к обоим рымам первого буйа подвязывается 6-ти метровый канат Ø 26 мм, к середине

которого подвязывается самозатягивающимся узлом (например, выбленочным) конец оттяжки. Далее, к каждому рыму подвязываются отрезки каната Ø 26 мм и длиной 12 м. Буй опускается с кормы, плавсредство движется в направлении противоположного якоря и, при этом, стравливают обе хребтины. Затем к концам хребтин подвязывают очередной буй, после чего привязывают ещё два отрезка хребтины и т.д. до последнего (11-го) буя, к рымам которого привязывают также 6-ти метровый канат Ø 26 мм.

Завершающая операция – натяжение носителя, производится с применением двух плавсредств: основного и вспомогательного. Пока основное плавсредство удерживает последний буй носителя, вспомогательная шлюпка подходит к свободной оттяжке. Поплавок, поддерживающий конец оттяжки, отвязывают и привязывают проводник к оттяжке на расстоянии одного метра от её конца. Затем его передают на основное плавсредство, где продевают между последним бумом и 6-ти метровым канатом. Основное судно тянет проводник в направлении свободного массива, сближая, таким образом, конец оттяжки с 6-ти метровым канатом. Пока основное судно продолжает удерживать носитель в напряжённом состоянии, на шлюпке подходят к последнему бую и завязывают конец оттяжки на середине 6-ти метрового каната. Необходимо напомнить, что на концах оттяжек должны быть завязаны стопорные узлы, либо свободные концы оттяжек должны быть прикручены медной проволокой к канату оттяжки.

После натяжения носителя, его хребтины занимают горизонтальное положение в поверхностном слое. Однако после подвязки к хребтинам рукавов, хребтины сильно прогибаются под тяжестью моллюсков. При достижении мидиями товарного размера величина прогиба достигает 3-4 м, превращая носитель в горизонтальную пружину, что исключает возникновение «эффекта кнута». Однако такой носитель не лишён и недостатка: приходится подвязывать рукава, отступив по 1,5 м от каждого буя, т.е. в 10-ти метровом пролёте между буями теряются три метра рабочей длины хребтины, что составляет 30 м на хребтину или 60 м на носитель. Эти потери вызваны особенностями формы провисания участков хребтин, которые вначале слишком отвесно уходят на глубину, что

делает бессмысленным подвязку рукавов на отвесных участках хребтины. Но потери можно частично компенсировать, используя пространство под буями для сбора спата с помощью коллекторов.

Полупогруженный носитель.

Можно сказать, что принцип работы данного типа носителя диаметрально противоположен принципу, на котором базируется функционирование поверхностного носителя. Конструкция этого сооружения делается не гибкой, а довольно жёсткой и ориентируется носитель вдоль движения волн, т.е. перпендикулярно к берегу.

Требование штормоустойчивости выполняется за счёт жёсткости конструкции, основу которой составляет комбинированный канат «Альбатрос», из которого изготавливают хребтину и боковые оттяжки (рис. 70). Оттяжки поддерживают основной несущий канат (хребтину) в напряжённом состоянии и гасят рывки от ударов волн, в результате чего исключается феномен бегущей волны по хребтине и, следовательно, «эффект кнута». Наплава, в отличие от наплавов поверхностного носителя, устанавливаются вертикально, что снижает силу рывков от наплавов при прохождении волн вдоль хребтины.

Сама же хребтина проходит, за счёт длины поводков, на расстоянии 1,5-2 м от поверхности, что дополнительно уменьшает динамические нагрузки на хребтину.

Носитель предназначен для сбора мидийного спата и подращивания у открытого берега мидий и устриц до коммерческого размера в количестве 10 т мидий в год. Оптимальные глубины акватории, предназначенной для постановки носителя: 12-15 м (при длине рукавов 5 м). Возможно использование и более глубоких акваторий; постановка и эксплуатация носителя осуществляется без участия водолазов.

Плавуемость носителя обеспечивают пластиковые наплава вытянутой формы в количестве 21 шт., из которых: два головных буя по 160-180 л, и 19 буёв по 130 л. Буи снабжены ниппелями для подкачивания, что усиливает их сопротивляемость сдавливанию при затягивании на глубину. Возможно заполнение буя пенополиуретаном. К хребтине подвязаны сетные рукава для подращивания мидий, общим количеством 200 шт. и коллекторы для сбора спата мидий.

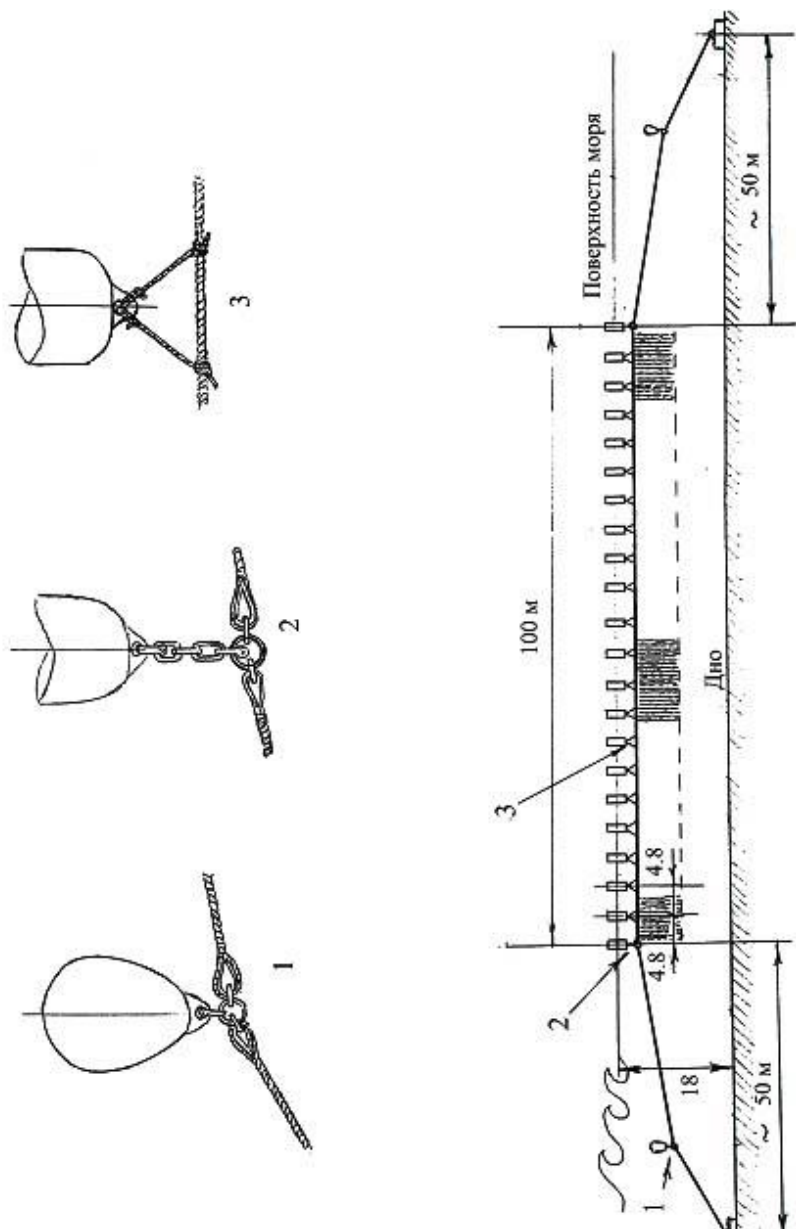


Рис. 70. Ус-тройство полутопленного носителя.

Все основные элементы носителя (хребтина, оттяжки, массивы, головные буи) соединяются с помощью такелажных скоб, колец. Остальные элементы (рукава, коллектора, промежуточные наплава) привязываются морскими узлами. Для подращивания устриц вместо коллекторов и сетных рукавов используют устричные садки.

Хребтины выполнены из каната «Альбатрос» диаметром 27 мм и длиной 105 м. Концы хребтины заделаны в коуши. К хребтине по мере роста урожая подвязываются через равные расстояния (5 м) наплава. Между наплавами привязываются самозатягивающимися узлами рукава, коллекторы, либо устричные садки, собранные «в несколько этажей». Всего на хребтине размещается по 200 подвязанных элементов.

Боковые оттяжки выполнены также из каната «Альбатрос» Ø27 мм. Длина оттяжки втрое превышает глубину, на которой установлен носитель. Концы оттяжек заделаны в коуши. Можно использовать оттяжки из цепи, которые лучше обеспечивают натяжение и хорошо гасят рывки. Длина цепной оттяжки равна 2-2,5 глубинам.

Якорная система состоит из двух железобетонных блоков с присоской, массой по 5 т каждый. Спецификация материалов с ценами 2007 г. приведена в таблице 16.

Этот носитель успешно прошёл испытания на Чёрном море, в том числе во время сильнейшего шторма в ноябре 2007 г., когда на ферме у открытого побережья, состоящей из 19 носителей, потери составили всего два оторванных буя.

Изготовление и монтаж носителя.

Как и при постановке поверхностного носителя, нужно, прежде всего, определить расстояния между массивами и координаты мест постановки носителей. Эта процедура позволяет определить длины оттяжек. Изготовление оттяжек и хребтины заключается в подготовке отрезков канатов соответствующей длины, на концах которых делаются огоны. Затем оттяжки соединяются скобами с рымами массивов, которые маркируются. К свободным огонам оттяжек скобами присоединяются кольца, а к кольцам – головные буи. Для подсоединения последних используют последовательность из трёх деталей: скоба → трёхзвенный отрезок цепи → скоба. К головным буям подматывают 2/3 оттяжки, оставляя свободным отрезок, равный глубине.

Таблица 16. Спецификация материалов для изготовления полупогруженного мидийно-устричного носителя (здесь принято, что глубина постановки равна 15-20 м)

№	Наименование	Кол-во	Цена за един, \$	Сумма \$
1	Хребтина, канат «Альбатрос» АО-ПП-Ст-27, длина 103 м	1	4 за м	412
2	Оттяжка, тот же материал, длина 50 м	2	4 за м	400
3	Буй пластиковый, объёмом 150 л	2	50	100
4	Верёвка капроновая, диаметр 6 мм	10 кг	5 за кг	50
5	Буй пластиковый, объёмом 130 л	19	42	798
6	Скоба СА-50	10	10	100
7	Коуш на канат, диаметр 27 мм	6	14	84
8	Кольцо, калибр 22	2	14	28
9	*Зажим на канат, диаметр 27 мм	18	2,5	45
10	Конец для подвязки наплавов, диаметр 18, длина 2,5 м	40	2,5	100
11	Якорь бетонный, 5 т	2	325	650
12	Цепь, калибр 22, 3 звена	2	2	4
13	Рукав сетной, длина 1260 м	1260	0,1 за м	126
	Итого:			2897

*Зажимы можно не приобретать, если на концах канатов сделать огоны.

В постановке носителей участвуют два плавсредства: большое (плавкран, либо сейнер, МРТК и т.д.) и малое (ял, шлюпка). После выставления массивов с оттяжками, с большого судна подают хребтину и присоединяют её скобой к кольцу головного бую. К другому концу хребтины, на расстоянии 1м от огона привязывают буксировочную верёвку, с помощью которой буксируют хребтину в направлении противоположного головного бую, подвязывая через 20м наплава. Свободный конец буксировочной верёвки продевают через кольцо (или скобу) противоположного головного бую и подают верёвку на лебёдку большого судна и производят натяжение хребтины и её соединение с кольцом бую. При нормальном

натяжении хребтины буи должны принять вертикальное положение и погрузиться на половину своей высоты (рис. 71 цветной вкладыш, стр. 491).

Подповерхностный носитель.

Следующий тип носителя: «Штормоустойчивый подповерхностный носитель» предназначен для сбора мидийного спата и товарного выращивания мидий и устриц в незащищённых акваториях. Оптимальные глубины для постановки носителя: 14-25 м. Ожидаемая урожайность – 18 т/г.

Данный носитель полностью находится под водой, за исключением сигнальных буйков, поэтому он обладает максимальной штормоустойчивостью (рис. 72).

Кроме этого он не затрудняет прохождение маломерных судов, так как его хребтина проходит на расстоянии 5 м от поверхности. Его применение может быть рекомендовано в местах с частыми и сильными штормами, а также в зонах морского туризма, парусного спорта и т.д. Однако постановка и эксплуатация подповерхностных носителей представляет определённые сложности, а также участие опытной команды и специального судна. Поэтому эксплуатация громоздких подповерхностных носителей целесообразна на фермах большой производительности (1000 т мидий в год и более).

Тем не менее, использование данного носителя может значительно расширить зону, пригодную для организации мидийно-устричных хозяйств. Устанавливается носитель перпендикулярно к берегу (вдоль движения волн и перпендикулярно основному течению).

Составные элементы структуры: хребтина; боковые и вертикальные оттяжки; якорная система; системы наплавов; коллекторы, сетные рукава, устричные садки.

Хребтина выполнена из каната «Альбатрос» Ø 32 мм и длиной 200 м. Можно хребтину сделать из плетёного пропиленового каната Ø 40 мм. Концы хребтины заделаны в коуши. Хребтина разбивается на 4 участка по 50 м, а границы участков отмечаются марками. После изготовления, 200-метровую хребтину, во избежание образования барашек, сматывают на барабане (вьюшке).

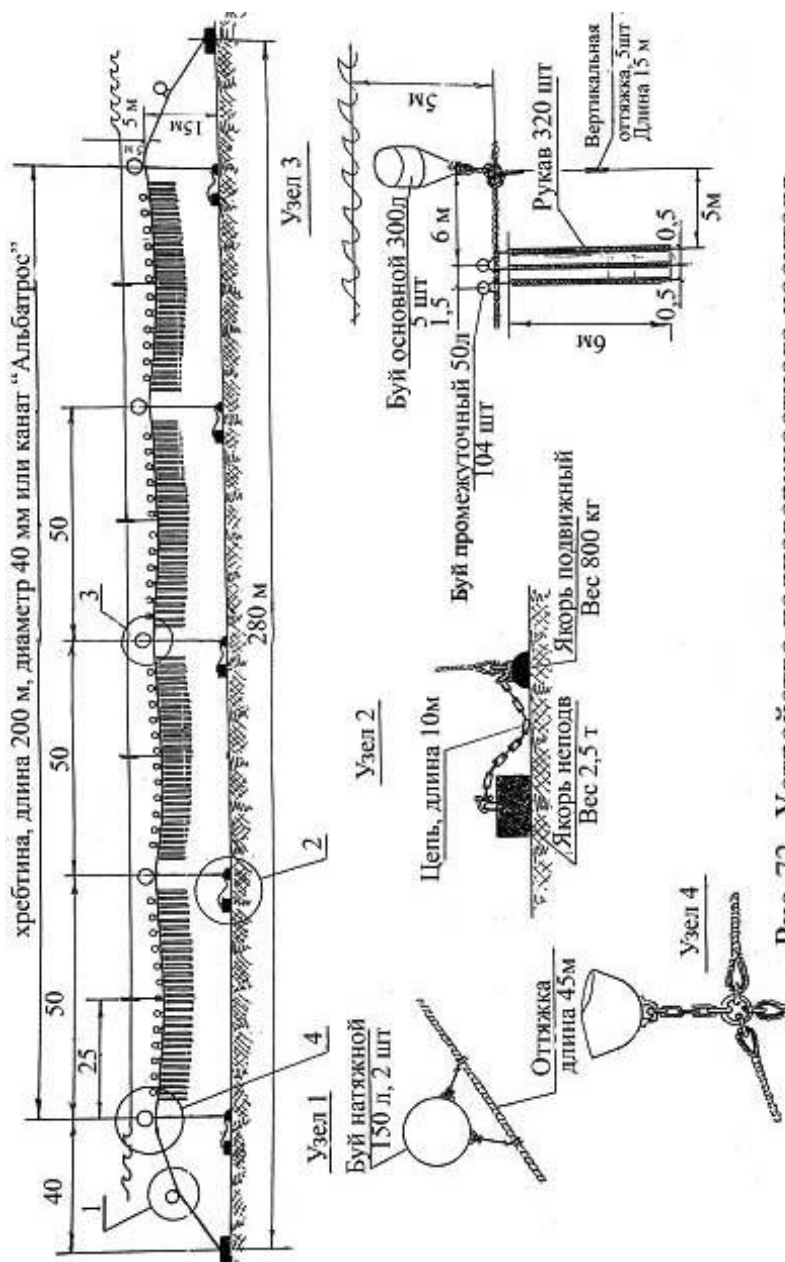


Рис. 72. Устройство поверхностного носителя

Боковые и вертикальные оттяжки.

В данном носителе предусмотрены, как боковые оттяжки, так и промежуточные. Боковые оттяжки играют важную двойную роль: 1) удержание носителя на месте; 2) его постоянное натяжение и амортизацию, что необходимо для предотвращения рывков и, как следствие, опадания мидий и встряхивания устриц. Для данного носителя рекомендуется изготовление оттяжек из каната «Альбатрос» Ø 32 мм. На середине оттяжки закрепляется натяжной буй объёмом 250-300 л (с двумя рымами). Длина боковой оттяжки равна тройному расстоянию от дна до хребтины. Например, если носитель установлен на глубине 20 м и хребтина проходит на расстоянии 5 м от поверхности, т.е. 15 м от дна, то длина боковой оттяжки равна 45 м.

Удобной и эффективной в работе подповерхностного носителя является комбинированная оттяжка, в состав которой входит натяжной буй на 300 л и подвешенный балласт из цепей общим весом 200 кг. Применение таких оттяжек позволяет компенсировать неточности выставления массивов, а также облегчить извлечение хребтины на поверхность при выполнении текущих технологических работ.

Вертикальные оттяжки необходимы для предотвращения перемещения хребтины, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Без вертикальных оттяжек, снабжённых основными буями (300 л), хребтина образовывала бы значительные изгибы, как по глубине, так и в горизонтальной плоскости. Действительно, хребтина подповерхностного носителя может находиться в горизонтальном положении на глубине 5 м, только в случае строгого уравнивания веса мидий и канатов набором наплавов, что практически не реально. Поэтому хребтина должна либо всплыть на поверхность, либо лечь на дно. Буй вертикальной оттяжки не позволяет хребтине лечь на дно, а якорь оттяжки – предотвращает всплытие хребтины. Вертикальные оттяжки, в количестве 5 шт., изготавливаются из капронового каната диаметром 25 мм. Концы оттяжек заделываются в коуши; длина вертикальной оттяжки равна расстоянию между хребтиной и дном.

Якорная система достаточно сложная и состоит из подвижных бетонных якорей, массой по 650 кг, соединённых цепью с

неподвижными промежуточными массивами, массой по 2,5 т. Длина цепи – 10 м. Подвижные якоря крепятся к вертикальным оттяжкам скобами. Боковые оттяжки носителя закрепляются на концевых бетонных якорях массой по 5 т. Допускается изготовление наборных якорей. Желательно бетонные якоря усилить свайными якорями (анкерами), изготовленными из трубы длиной 2,5 м и диаметром 150-200 мм. Трубу загоняют в грунт вибратором, либо замывают гидромонитором, как об этом говорилось выше. Общее количество якорей – двенадцать: семь неподвижных, (из которых два – концевые) и пять подвижных.

Система наплавов состоит из основных плавучестей (5 шт.) объёмом по 300 л, установленных в вершинах вертикальных оттяжек; промежуточных плавучестей объёмом по 50-60 л, которые устанавливаются в пролётах между основными плавучестями. Крайние основные плавучести играют роль головных буёв. В каждом пролёте размещается, при достижении мидиями максимального веса, по 25 промежуточных наплавов, привязанных на расстоянии 1,5 м друг от друга. При этом расстояние между основными и промежуточными плавучестями равно 6 м. Промежуточные плавучести закрепляются на хребтине двумя концами, (чтобы предотвратить их вращение), либо через вертлюг, вместо которого можно употребить три звена цепи. Натяжные буи, объёмом по 300 л, закрепляются в середине боковых оттяжек двумя концами. Указательные буи (4 шт.) показывают глубину положения хребтины. Они устанавливаются в середине каждого пролёта. Их можно изготовить из трубы с заваренными торцами с рымами. Общее число наплавов – 111 единиц. Для предотвращения сдавливания наплавов в толще воды, они заполняются пенополиуретаном.

На подповерхностных носителях обычно устанавливают коллекторы и рукава длиной по 6 м. Расстояние между рукавами – 0,5 м; расстояние между рукавом (коллектором) и основным буюм – 5 м. Нижние концы коллекторов, (но не рукавов) утяжеляются грузом с массой 2-4 кг, либо связываются попарно во избежание перепутывания.

Средний вес рукава с товарной мидией – 68 кг. Вес мидий 320 рукавов равен 18 т. Спецификация на материалы с указанием цен (2007 г.) приведены в таблице 17.

Таблица 17. Спецификация материалов для изготовления подповерхностного мидийно-устричного носителя

№	Наименование	Количество	Цена за един., \$	Общая цена, \$
1	Хребтина, канат «Альбатрос» АО-ПП-Ст-32, длина 206 м	1	4 за м	824
2	Оттяжка, тот же материал, длина 45 м	2	4 за м	360
3	Буй, заполнение полиуретаном, объёмом 300 л	5	240	1200
4	Канат капроновый Ø 26 мм, длина 17м	5	1 за м	85
5	Цепь, калибр 22, длина 10 м	5	120	600
6	Цепь, калибр; 22, 3 звена	2	2	4
7	Кольцо такелажное, калибр 30	2	20	40
8	Скоба СА-50	22	10	220
9	Коуш на канат, Ø 32 мм	6	18	108
10	Буй, заполнение полиуретаном, объём 50 л	104	50	5200
11	Буй натяжной, заполнение полиуретаном, объём 150 л	2	150	300
12	Конец для подвязки наплавов, Ø18, длина 2,5 м	208	2,5	520
13	Верёвка капроновая, Ø6 мм	20 кг	5 за кг	100
14	Буй указательный (из трубы, диаметром 150 мм)	4	180	720
15	Якорь бетонный, 5 т	2	340	680
16	Буй указательный	4	40	160
17	Якорь бетонный, 2,5 т	5	140	700
18	Подвижный якорь, бетон, 650 кг	5	74	370
19	Коуш на канат, Ø26 мм	10	14	140
20	Рукав сетной, длина 1920 м	1920 м	0,1 за м	192
	Итого:			18523

Сборка подповерхностного носителя и монтаж его в море.

1. Монтаж фермы можно выполнять двумя способами.
Предварительную сборку сделать на берегу, что облегчит, удешевит и ускорит весь процесс монтажа фермы. Для этого нужно закупить все материалы, из которых необходимо собрать следующие узлы: изготовить все хребтины из каната «Альбатрос» (или из полипропилена) длиной по 200 м с огонами на концах; сделать все боковые оттяжки из «Альбатроса» длиной, равной глубине минус 5 м и умножить на 3, с огонами на концах.
В средних частях боковых оттяжек привязать натяжные буи, объёмом по 300 л; эти оттяжки с помощью скоб соединить с 5-ти тонными якорями. К 2,5-тонным якорям с помощью скоб и 10-ти метровых цепей присоединить подвижные якоря по 650 кг; к подвижным якорям скобами присоединить вертикальные оттяжки из капронового каната. На верхних концах вертикальных оттяжек закрепить буи объёмом по 300 литров. Так как в море эти буи будут находиться на расстоянии 5 м от поверхности, к ним нужно привязать временные сигнальные буйки прочным капроновым фалом длиной 6-7 м. Во время дальнейшего монтажа с помощью этого фала буи будут подниматься на поверхность. Головные вертикальные оттяжки находятся по краям носителя и при монтаже присоединяются к боковым оттяжкам и к огонам хребтины. Промежуточные вертикальные оттяжки находятся в средней части носителя. Постановка носителя производится с борта специализированного судна длиной 14-16 м, оснащённого лебёдкой, с низким бортом и с двумя бортовыми блоками (ролами), а также устройствами, необходимыми для работ с хребтиной (подвязывание коллекторов, наплавов, рукавов).
2. Поставить на место только одни якоря без оттяжек. Это более дорогой и сложный путь, так как он потребует выполнения объёмных водолазных работ, участия судна с грузовой стрелой (лебёдкой) для затягивания буёв под воду и т.д. Но даже и в этом случае нужно на берегу соединить цепями 2,5-тонные якоря с 650 кг якорями и ко всем якорям (или части

якорей) подвязать сигнальные буйки, что облегчит труд водолазов.

Этот способ можно использовать без затягивания сроков сбора спата, если имеется возможность предварительной постановки коллекторов в море отдельно, независимо от строящейся фермы. Допустим, что в море установлено гидротехническое сооружение (стационарная платформа, вышка, причал, мол и т.д.), где можно закрепить коллектора, либо выставить временный ярус, на который можно навесить коллектора для сбора мидийной молоди. В этом случае можно монтировать ферму без излишней спешки с расчётом, что после её монтажа коллекторы с уже осевшими и подросшими мидиями будут перенесены на ферму для доразивания.

После завершения всех предварительных работ, непосредственно перед постановкой фермы, переходят к разметке акватории в соответствии с рекомендациями, приведенными выше.

Постановка якорной системы.

Рассматриваем 1-й вариант постановки. Итак, до постановки якорей к ним должны быть присоединены оттяжки с буями. На концах оттяжек, выполненных из каната «Альбатрос», закреплены коуши. К основным якорям массой по 5 т присоединяем скобами боковые оттяжки, на середине которых уже установлены натяжные буй. Свободный конец оттяжки временно подвязываем к натяжному бую.

К промежуточным якорям, с помощью скоб и 10-ти метровой цепи, присоединяем подвижные якоря и вертикальные оттяжки с буями. Так как буй вертикальных оттяжек не доходят до поверхности на 5 м, к бую подвязывается фал длиной 6 м с поплавком на конце.

Постановка якорей осуществляется согласно схеме расположения якорей в последовательности, наиболее приемлемой для капитана плавкрана или судна.

Завершение монтажа.

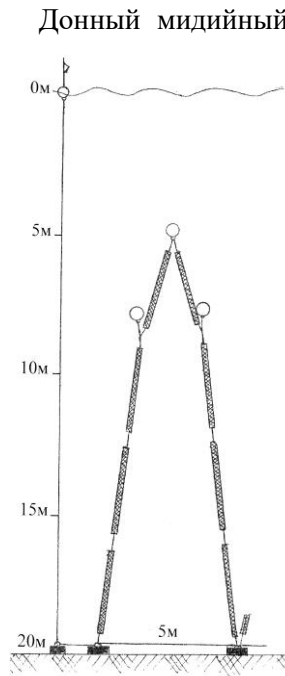
После выставления якорной системы плавкран отпускают и приступают к постановке хребтин, а затем коллекторов, промежуточных и указательных буйев. Важно уточнить, что на канате «Альбатрос» нельзя допускать появления «барашек», от которых может пойти разрушение каната. Поэтому хребтины должны быть намотаны на барабаны, или уложены на палубе судна восьмёрками.

Хребтина при монтаже сматывается с вращающегося барабана или подаётся с бухты «восьмёрка». В работе участвует судно длиной 16-20 м и маломерный катер, например, «Прогресс». В начале работы судно подходит к крайней вертикальной оттяжке и поднимает 300 литровый головной буй с помощью сигнального буйка и фала. Катер «Прогресс» отвязывает конец оттяжки от натяжного буя и подаёт конец оттяжки на судно, где его соединяют с помощью скобы с кольцом вертикальной оттяжки. Затем судно идёт в направлении противоположного края носителя, разматывая при этом хребтину. По мере продвижения судна через каждые 20 м подвязывают временные буи, поддерживающие хребтину на поверхности. Дойдя до последней вертикальной оттяжки, прodelывают те же операции, что и в первом случае.

Оставшиеся три вертикальные оттяжки подвязывают к хребтине следующим образом: поднимают оттяжку с бум до поверхности; ниже бую на 2 м подвязывают конец, с помощью которого оттяжку поднимают ещё выше, после чего конец закрепляют. Буй снимают, и свободный конец оттяжки оборачивают вокруг хребтины и завязывают выбленочный узел. После этого буй вновь прикрепляют к оттяжке. Носитель готов для подвязки на него коллекторов и промежуточных буюв. Для этой операции хребтину поднимают и заводят её в два блока, установленных вдоль борта. Продвигаясь вдоль хребтины, привязывают коллектора и промежуточные буи.

Донный носитель.

Носитель типа «Донный мидийный носитель» по своей конструкции и по особенностям его обслуживания существенно отличается от рассмотренных выше носителей. В его структуру не входит обычная плавающая хребтина, ни боковые и вертикальные оттяжки, а также тяжёлые якорные массивы. Для его постановки и обслуживания не требуется участия плавкрана или сравнительно крупных судов. Организовывать ферму на основе донных носителей можно и на больших глубинах, до 50-60 м. Однако оптимальные глубины для этих носителей: 20-30 м. Если сократить высоту арок носителя, тогда появляется возможность эксплуатации акватории с меньшими глубинами, но при условии, что расстояние верхнего бую до поверхности моря будет не менее пяти метров.



Донный мидийный носитель предназначен для подращивания мидий в открытом море, а также в защищённых бухтах. Максимальный вес урожая: 2,5 т. Если вместо рукавов с подращиваемыми мидиями, на носителе закрепить коллектора, тогда носитель можно использовать для сбора спата мидий. Внешне носитель представляет собой синусоиду (или ряд арок), верхние части которой удерживаются в толще воды куктылями, объёмом по 11 л, а нижние части удерживаются на дне металлическими (балласты), либо бетонными грузами массой по 80-100 кг (рис.73).

Рис. 73. Устройство донного носителя.

По длине синусоид привязываются рукава с мидийным спатом, который дорастивается в рукавах до коммерческого размера. Носитель состоит из 20 арок; ширина арки у основания – 5 м, следовательно, общая длина носителя составляет 100 метров. Длина каната, образующего арку – 33 м, а всех арок – 660 м. Материалы для изготовления носителя приведены в таблице 18.

Следует отметить, что конструкция этого носителя напоминает советские «непрерывные коллекторы», применявшиеся на Чёрном море в 80-е годы.

Изготовление и постановка носителя.

Носитель отличается сравнительно невысокой производительностью, что связано с ограниченным объёмом наплавов, способных удерживать урожай во взвешенном состоянии.

Увеличение объёма наплавов неминуемо ведёт к увеличению веса якорей, а, следовательно, и к необходимости приобретения более крупного обслуживающего судна. Соответственно, можно изготовить миниатюрный вариант донного носителя, для постановки и обслуживания которого можно использовать обычный ял,

снабжённый портиком и грузовой балкой (см. раздел о специализированных плавсредствах).

Таблица 18. Спецификация материалов на изготовление донного носителя (цены на материалы относятся к 2007 г)

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, \$	Общая цена, \$
Несущий канат, канат капроновый Ø16 мм; длина 660 м	660 м	1 за м	660
Хребтина, канат капроновый Ø16 мм; длина 100 м	100	1 за м	100
Кухтыль, объёмом 11 л	60	6	360
Рукав сетной, длина 480 м	480	0,1 за м	48
Верёвка капроновая Ø6 мм	10 кг	5 за кг	50
Груз 80 кг (под водой)	21	14	294
Итого:			1512

Изготовление носителя начинается с подготовки хребтины, которую удобно сделать заодно с вертикальным канатом, идущим к сигнальному буйку. Однако в качестве вертикального каната можно взять верёвку и тоньше, например, Ø10 мм. Длина рабочей части хребтины равна 100 м. Хребтину размечают марками через каждые 5 м, т.е. в местах подвязывания к хребтине несущего каната и грузов. Затем приступают к разметке несущего каната: 660 м разбивают марками на 20 частей (по 33 м каждая). К середине каждой из двадцати частей привязывают кухтыль, который под водой сформирует вершину арки. Остальные два кухтыля привязывают, отступив влево и вправо от центрального кухтыля на 4 м, что проделывают для всех арок.

Разметка акватории производится как обычно, причём точное измерение глубин – не обязательно. Носители выставляются параллельно берегу, иначе течение может укладывать арки с рукавами на дно, где они могут заиливаться и быть доступными

рапане. Непосредственно перед постановкой носителей буйками отмечаются точки начала и окончания каждого носителя.

Постановку носителя удобно производить с кормы небольшого судна или понтона, на борт которого грузятся хребтина, несущий канат, груза, сигнальный буй с верёвкой, поводцы для подвязки грузов, арок и рукавов или коллекторов, а также рукава со спатом. Кроме этого, во избежание дрейфа судна под воздействием ветра и течения, рекомендуется в месте постановки носителя предварительно установить проводник. Проводник ставится на два якоря и поддерживается на поверхности поплавками. Якоря проводника должны быть достаточно тяжёлыми, особенно якорь, в направлении которого будет вручную протягиваться судно.

Вначале к постановке готовится первая арка, для чего к ней подвязываются рукава со спатом и груза. Затем стропуют первый груз крюком, который самопроизвольно отдаётся, когда груз касается дна, либо опускается на двойной верёвке, один конец которой отдают, после достижения грузом дна. По мере опускания первой арки готовится к постановке следующая арка и т.д. Продвижение судна осуществляется с задержками; периодически приходится натягивать хребтину для обеспечения нормального (хорошо расправленного) положения носителя и, при этом, не отклоняться от заданного направления. Именно для этих целей и рекомендуется использование проводника. К самому последнему грузу привязывается капроновая верёвка длиной 5 м с якорем указательного буйка, а затем и сам буёк, который желательно привязать через вертлюг.

Сравнительный анализ мидийных носителей различных типов.

В данной книге приводятся четыре типа мидийных носителей вместо одного, так сказать, самого оптимального. Однако опыт показывает, что не существует универсального типа носителя, так же, как и универсальной технологии выращивания, оптимально пригодных для всех случаев. При разработке проекта морского хозяйства анализируется каждая конкретная ситуация, которая характеризуется набором, присущих ей свойств. Причём, имеются в виду не только гидрологические свойства акватории, но и целый ряд других: объём и особенности рынка сбыта, финансовые возможности фермера, проблемы охраны фермы от расхитителей, технические

возможности имеющихся плавсредств и береговой базы, наличие квалифицированных кадров, требования смежных организаций – морепользователей и т.д. С другой стороны, каждый из рассматриваемых носителей обладает своими достоинствами и недостатками, оценка которых зависит от рассматриваемой ситуации. Окончательный выбор типа носителя может быть сделан по совокупности критериев, характеризующих носитель с разных сторон.

Экономический аспект. Производительность носителя характеризуется, прежде всего, его несущей способностью, которая определяется суммарным объёмом наплавов. Каждый литр наплава способен удерживать в воде 4 кг мидий. Экономическим показателем конструкции носителя может служить «цена литра» наплавов, которая равна отношению стоимости материалов, из которых состоит носитель к суммарному объёму наплавов. Как следует из таблицы 19, полупогруженные и поверхностные носители обладают самой дешёвой несущей способностью.

Эта характеристика наиболее высока для донных и подповерхностных носителей, но это не означает, что такие носители не целесообразно использовать. Вспомним, что для их постановки и подъёма применяются дешёвые небольшие суда, оснащённые ручной лебёдкой. Соответственно для обслуживания таких судов достаточно иметь небольшой причал, поэтому себестоимость выращивания мидий может оказаться вполне приемлемой.

Таблица 19. Стоимость материалов различных носителей, приведенная к одному литру наплавов («цена литра»)

№	Наименование	«Цена литра», \$/литр
1	Поверхностный	$2268/1650 = 1,37$
2	Подповерхностный	$18523/6700 = 2,08$
3	Полупогруженный	$2897/2770 = 1,05$
4	Донный	$1512/660 = 2,29$

Технологический аспект. Немаловажное значение при выборе носителя имеет его технологичность, а именно, простота монтажа в

море и текущее обслуживание, в том числе подъём урожая. Отметим ещё раз, что постанковка и обслуживание данных носителей осуществляется без участия водолазов. Наименьшие сложности представляет постанковка донного носителя, а наибольшие – подповерхностного. Однако донный носитель, ввиду его ограниченной доступности, представляет ряд неудобств при обслуживании, точнее при пересаживании мидий в сетные рукава и при контроле состояния мидий.

Недостатком донного носителя является необходимость своевременного подъёма носителя на поверхность, иначе под тяжестью выросших мидий, он может частично, либо полностью лечь на грунт, (чему также способствует и течение). Возможно и образование жемчуга в мидиях, находящихся у дна.

Наиболее лёгок в обслуживании поверхностный носитель, у которого хребтина легко извлекается на поверхность, что в свою очередь, позволяет использовать небольшие суда с лебёдками малой грузоподъёмности и без особых усилий контролировать состояние будущего урожая. Количество наплавов на поверхностном носителе всегда остаётся постоянным, что также упрощает технологию выращивания.

Несколько труднее обслуживать полупогруженные носители, снабжённые тяжёлыми и натянутыми хребтинами. Ещё труднее устанавливать и работать с подповерхностными носителями, требующими участия квалифицированной бригады и относительно крупных судов (длиной 16-20 м) с лебёдками грузоподъёмностью 6-8 тонн.

Штормоустойчивость. Все рассматриваемые носители являются штормоустойчивыми, однако подповерхностные носители продемонстрировали наибольшую надёжность во время сильных штормов и урагана. По нашим наблюдениям высокой штормоустойчивостью обладает и полупогруженный носитель, при условии, что на нём установлено минимальное количество наплавов. На этот носитель не следует привязывать лишние наплава, которые будут снижать его штормоустойчивость, да и свободно плавающие наплава быстро отрываются и теряются. Все привязанные наплава должны принимать вертикальное положение и должны быть погруженными в воду на половину своего объёма.

Другие критерии. Марикультура часто вступает в конкурентные отношения за акваторию с индустрией отдыха (парусный спорт, морской туризм, рекреация). Конкуренции можно избежать, если использовать подповерхностные и донные носители, которые не мешают движению маломерных судов и не портят морской пейзаж.

Немаловажный фактор: хищение выращиваемых моллюсков и средств выращивания. Наименьшей доступностью для расхитителей обладают донные и особенно подповерхностные носители. Последние, ввиду их громоздкости, представляют максимальные трудности для грабителей. Поверхностные носители устанавливаются на охраняемой акватории.

В заключение отметим, что окончательный выбор типа носителя остаётся за самим фермером. Мы рекомендуем начинающим фермерам использовать поверхностные носители как наиболее простые в изготовлении, монтаже и особенно в обслуживании. Подповерхностные носители рекомендуются опытным мидиеводам, планирующим создание крупных и высоконадёжных хозяйств (500 т в год и более). Начинающий фермер, располагающий минимальными финансовыми средствами, может создать небольшое хозяйство (20-30 т) из донных носителей, для обслуживания которых можно использовать понтон с портиком и ручной лебёдкой. По-видимому, наиболее массовым станет полупогруженный носитель, обладающий в большей или меньшей мере достоинствами носителей остальных типов.

Примерная структура морской фермы.

В качестве примера возможной фермы рассмотрим морское хозяйство производительностью 1000 т мидий в год. Организацию морской фермы предполагается осуществить в перспективном для развития марикультуры районе: в Каламитском заливе (Западный Крым) на акватории площадью 31,2 га (поверхность моря), либо 50 га (площадь дна под фермой). Основной упор при выборе носителя делается в данном случае на штормоустойчивость, а также на испытание разных носителей с целью дальнейшей оптимизации структуры фермы.

Количество носителей разных типов и их производительность приведены в таблице 20.

Таблица 20. Структура морской фермы и производительность отдельных участков

№	Носитель	Производительн., т/г	Кол-во, шт.	Общая производит., т/г
1	Полупогруженный	10	50	500
2	Поверхностный	7	30	210
3	Подповерхностный	20	15	300
	Итого:			1010

Стоимость всех материалов, используемых для строительства фермы, указана в таблице 21.

Таблица 21. Стоимость материалов, используемых для изготовления морской фермы

№	Носитель	Стоимость, \$	Кол-во, шт.	Общая стоим., \$
1	Полупогруженный	2897	50	144850
2	Поверхностный	2268	30	68040
3	Подповерхностный	18523	15	277845
	Итого:			490735

Кроме затрат на приобретение материалов, к расходам на организацию фермы следует приплюсовать затраты на (табл.22):

- промер глубин и разметку акватории;
- частичную сборку мидийных носителей на берегу;
- постановку плавкраном якорной системы;
- монтаж фермы в море;
- ограждение акватории буями;
- транспортные расходы.

Таблица 22. Финансовая смета расходов на организацию морской фермы (расценки 2005-2006 гг.)

№	Наименование	Цена, \$
1	Материалы для фермы	490735
2	Промер глубин и разметка акватории	6000
3	Сборка мидийных носителей на берегу	3000
4	Постановка плавкраном якорной системы	70000
5	Монтаж фермы в море	13000
6	Сетные рукава для подращивания мидий	12000
7	Устричные садки	26000
7	Ограждение акватории	3000
8	Транспортные расходы	4000
	Итого:	627735

Итак, расходы на организацию только морской фермы составили 627735 \$.

2.1.4. Технология выращивания мидий

В мировом мидиеводстве практикуются различные способы выращивания мидий. По способу получения молоди мидийные хозяйства подразделяют на полуциклические (сбор спата в море) и полноциклические (искусственное получение спата в питомниках). О разнообразии технических средств и соответствующих способах выращивания кратко говорилось в разделе о технических средствах. Выбор способа определяет оптимальную технологию (биотехнику) выращивания мидий.

Имеющийся уже на Чёрном море опыт свидетельствует о целесообразности применения технологии полуциклических хозяйств и выращивании мидий в подвешенном состоянии в толще воды. Действительно, в период массового размножения личинки мидий обычно встречаются в достаточных количествах в водах прибрежной зоны и по-прежнему обильно оседают на коллекторы. Это даёт возможность отказаться от сложной и дорогой технологии полноциклического хозяйства, однако перед сбором личинок в море необходимо экспериментально определить места их наиболее интенсивного оседания на предлагаемые им поверхности

(субстраты). Мидий гораздо предпочтительнее выращивать в толще воды, а не на дне или в придонном слое. Они в этом случае не заиливаются, лучше омываются течением, приносящим корм и кислород; лучше защищены от хищников (рапаны и донных рыб), менее поражены паразитами, быстрее растут и имеют более нежное мясо, не засоренное песком и жемчугом. В этом случае имеется возможность значительного увеличения урожайности в пересчёте на единицу площади поверхности моря, т.к. мидии выращиваются в объёме воды, а не на поверхности дна.

Если же у фермеров возникнут трудности в регулярном и надёжном снабжении мидийного хозяйства спатом, его можно будет получать в искусственных условиях, как это описано в разделе 3.1.2. Технология получения спата мидий принципиально не отличается от технологии получения устричного спата. Особенности производства мидийного спата достаточно подробно изложены сразу же после описания технологии получения устричного спата.

Технологический процесс полуциклического способа выращивания включает следующие этапы: 1 – сбор спата; 2 – подращивание спата; 3 – пересадка спата с коллекторов в рукава; 4 – дорашивание мидий до товарного размера (5 см); 5 – съём урожая; 6 – обработка мидий; 7 – упаковка, хранение и транспорт готовой продукции. Рассмотрим подробно каждый из этих этапов.

Сбор спата.

Это начальный и важнейший этап, закладывающий основу будущего урожая. Для этого важно тщательно выполнить предварительную работу: выявить места для надёжного сбора спата; изготовить и подготовить к работе коллекторы; установить мидийные носители, (если они ещё не установлены), на которые подвешиваются чистые коллекторы, либо коллекторы с уже осевшим спатом на дорашивание.

Известно, что личинки мидий распределены в море неравномерно. Их концентрация в морской воде зависит от удалённости уже отнерестившихся мидий, течений, глубины, температуры воды, наличия корма, стадии развития личинок и т.д. Результаты исследований, полученные сотрудниками отдела марикультуры ИнБЮМ, позволили выявить основные факторы, определяющие интенсивность оседания личинок мидий на

искусственные поверхности, в том числе и на коллекторы. Среди этих факторов важнейший – концентрация личинок на стадии великонхи с «глазком».

В странах с развитыми мидиеводством и устрицеводством, например, во Франции, местная печать публикует данные о концентрации личинок в прибрежных водах, что позволяет фермеру своевременно подготовиться и успешно провести «каптаж» – сбор спата.

Интенсивность оседания зависит также от материала коллектора, механических особенностей поверхности, т.к. личинки предпочитают шершавые, особенно ворсистые поверхности, успевшие слегка покрыться нитчатыми водорослями. Другие важные факторы: температура морской воды; глубина погружения коллекторов; подвижность воды (турбулентность); солёность воды; интенсивность освещения.

Важно отметить, что на недавно выставленный коллектор, изготовленный из синтетических материалов, личинки не оседают. Для коллекторов из капроновых б/у сетей и канатов период «вымокания» составляет 1 месяц, а для нового капрона – минимум 2 месяца. В течение этого периода токсичные соединения вымываются из коллекторов, которые затем обрастают микрофлорой, после чего становится возможным прикрепление личинок мидий. В морской воде коллекторы покрываются организмами-обрастателями: мшанками, губками, гидроидами, асцидиями, морскими жёлудями (балянусами), водорослями и другими организмами. Они, как правило, не мешают оседанию личинок мидий. Исключение составляют сине-зелёные водоросли, досаждающие и рыбакам, которые их называют «слюнявками», а также мшанки. Водоросли покрывают слизистой шубой коллектор и препятствуют личинкам прикрепляться к его поверхности. Особенно это характерно для защищённых акваторий со слабым водообменом и подвергающихся загрязнению бытовыми стоками. На участках с достаточно интенсивным водообменом, сине-зелёные водоросли хоть и встречаются на коллекторах, но они развиваются слабее и практически не влияют на оседание мидий. Мшанка (колонии животных организмов) хрупкой серой коркой покрывает коллектора, и личинки мидий оседают прямо на колонии мшанок. Затем, по мере

отмирания колоний, они опадают вместе с сидящими на них мидиями.

Личинки очень плохо оседают на изделия из полиэтилена и полипропилена и предпочитают натуральные материалы (кокосовый канат, дерево, железо, раковины мидий и устриц и т.д.).

Обычно в защищённых бухтах наиболее интенсивное оседание личинок на искусственные поверхности происходит в верхнем слое воды до 1 м и особенно интенсивно – от 0 до 10-20 см. У открытых берегов максимум оседания приходится на более глубокие слои. Например, в акватории бухты Ласпи (Крым) оптимальная глубина от 5 до 7 м, а в районе Карадага – от 12 до 18 м. Сроки весеннего и осеннего оседания редко повторяются в разные годы. Принято считать, что основное весеннее оседание происходит в первой декаде мая, а осеннее – в ноябре. На коллекторы мидийного хозяйства МЧП «Дон Комп» (выход из бухты Стрелецкой, г. Севастополь) личинки мидий интенсивно оседали в следующие сроки:

2000 год: в течение мая; 25 октября; 10 ноября;

2001 год: конец апреля – начало мая; начало июня; начало ноября (от 0 до 1 м);

2002 год: 25 апреля - 5 мая; 20 мая; 1-5 июня; 15-20 июня; 12-15 ноября (от 0 до 1 м, а глубже оседание проходило значительно слабее);

2003 год: 5-15 февраля (на разных глубинах); 23-27 марта (очень интенсивное оседание по исследовавшимся глубинам от 0 до 7 м);

2009 год: нерест мидий – в конце февраля; оседание прошло в конце марта.

Следует подчеркнуть, что ранее, начиная с 1985 г., мы никогда не наблюдали интенсивного оседания личинок мидий в бухте Ласпи-Батилиман в феврале, либо в марте. Обычно основное оседание происходило в конце апреля - начале мая и менее интенсивное: в конце октября - начале ноября. Кроме этого, личинки оседают и в первой половине лета. Предполагается, что это оседают личинки мидий, обитающих на глубоководных банках (на глубинах 40-60 м), где прогрев воды и нерест наступают позже. Фермер, по тем или иным причинам, может опоздать к периоду интенсивного оседания личинок, тем не менее, личинки постепенно заполняют коллекторы в последующие периоды «вялого» оседания. Однако к тому времени

коллектора, как отмечалось выше, будут заняты другими организмами-обработателями, конкурирующими с мидиями за субстрат: губками, мшанками, усоногими раками, гидроидами и т.д. Мидии садятся прямо на некоторых своих конкурентов, частично вместе с ними опадают на дно, но в итоге выходят победителями и образуют на коллекторе плотное поселение. В конечном итоге фермер, пропустивший пик оседания личинок, всё равно получит спат, но ценой потери одного года, в лучшем случае – нескольких месяцев.

В летние месяцы интенсивно оседают личинки другого двустворчатого моллюска митилястера (*Mytilaster lineatus*), спат которого почти не отличается от спата мидий. Обильное оседание митилястера может ввести фермера в заблуждение и заставить выполнять ненужные технологические работы. Митилястер внешне очень похож на мидию, но из-за своих малых размеров не представляет коммерческой ценности. Поэтому важно научиться различать этих моллюсков. Во-первых, имеются различия в форме раковины: у митилястера заострённый край в большей степени похож на клин, чем у мидии. У мидии стороны клина несколько округлены, а у митилястера они ровные. Во-вторых, если осматривать через увеличительное стекло поверхность раковины митилястера, то можно заметить, что поверхность сплошь покрыта мелкими ямочками, шероховатая. У мидий поверхность раковины более гладкая.

Желательно предусмотреть возможность извлечения коллекторов из воды после их вымачивания с целью уничтожения организмов-обработателей при просушивании коллекторов на воздухе. После просушивания необходимо стряхнуть мшанку с коллекторов, если она обильно покрыла их поверхность. Коллектора вновь выставляют в море примерно за 10 дней до предполагаемого срока оседания мидий.

Для определения оптимальных мест сбора спата нужно изготовить и установить в разных участках экспериментальные коллекторы, состоящие из собственно коллектора (верёвка, лучше старая, или полоса из трала шириной 5-10 см), к которым с одного конца подвязывается груз, примерно 10 кг, а с другого поплавок. С помощью экспериментального коллектора можно прозондировать

всю толщу воды от дна и до поверхности. Такую процедуру необходимо провести как для весенне-летнего, так и осеннего оседаний. Нужно также принять во внимание, что урожайные на спат годы могут смениться неурожайными, поэтому окончательные выводы делают после нескольких лет работы на данной акватории.

В последующие годы личинки мидий будут оседать на растущих в рукавах мидий и на технические средства выращивания (хребтину, наплава). Использование этого спата, а, возможно, и спата, растущего на корпусах плавсредств, балках и стенках причала и т.д., позволит частично либо полностью решить проблему спата и значительно сократить объём специальных мероприятий по сбору спата, описанных в данном разделе.

Подращивание спата.

В начале цикла выращивания, количество наплавов на носителе должно быть минимальным (наплава всегда должны быть частично притоплены). Осевших мидий оставляют на тех же коллекторах для подращивания, после чего их пересаживают в рукава. Практика показывает, что рост спата характеризуется сильной разнородностью. Кроме этого, к растущим мидиям добавляются вновь оседающие моллюски, в результате чего поселение мидий на коллекторе оказывается сформированным разноразмерными моллюсками. Поэтому возникает необходимость сортировки спата по размерам, для заполнения рукавов одноразмерными особями. Спат, осевший весной (апрель-май), лучше всего пересадить в рукава в августе-сентябре. К этому времени поселение мидий будет состоять из моллюсков длиной от 10 до 35 мм. Их можно рассортировать на две группы: мелкие – до 20 мм и крупные – свыше 25 мм.

Рассмотрим некоторые различия традиционной черноморской и европейской технологий выращивания мидий, о чём кратко уже говорилось выше. В 70-х и 80-х годах в СССР и в Болгарии стали появляться экспериментальные, а затем и полупромышленные мидийные хозяйства, применявшие малопроизводительную технологию периодического сбора урожая. Принцип этой технологии заключался в следующем: в море выставляли мидийные сооружения, как правило, различные модификации «Непрерывного коллектора» (СССР) или «Звезда» (Болгария), затем, через 2 года коллекторы с мидиями извлекали для съёма урожая. При этом оказывалось, что

80% урожая приходилось на моллюсков, осевших позже и не достигших товарного размера. Мелких мидий обычно высыпали в море или реке – перерабатывали на кормовую муку, либо гидролизат. Большинство современных черноморских мидийных ферм Украины и России продолжает применять эту устаревшую технологию. Технология, описываемая в данной книге, базируется на использовании сетных рукавов для дорачивания мидий, что практикуется мидиеводами Западной Европы. Процесс выращивания при этом удаётся механизировать (отделение мидий от коллекторов, их промывка и сортировка на размерные группы с последующим заполнением рукавов). Потери за счёт мелких мидий исключаются, а реализация товарных моллюсков осуществляется на протяжении всего года, а не раз в два года.

Если мидий не пересадить в рукава, то возможны потери в результате их опадания. Пересаживаемых мидий можно разделить по размерам на три размерные группы. Для сортировки мидий можно изготовить сортировальный стол, эскиз которого показан на рис. 74.

Мидии загружаются в рукав с помощью трубки, на которую натягивается рукав (рис. 75). В данном случае используется универсальный рукав, пригодный для заполнения мидиями разных размерных групп. Мелкие мидии задерживаются тонкими нитями и не выпадают из рукава. В дальнейшем, под водой, мидии активно двигаются, раздвигают тонкие нити и выходят на наружную поверхность рукава, к которой прикрепляются биссусом.

При выращивании мидий в рукавах можно руководствоваться данными, представленными в таблице 23.

Таблица 23. Ориентировочные данные для распределения по рукавам мидий, снятых с коллектора

Длина мидии, мм	Диаметр трубы, мм	Размер ячеек, мм	% от общего количества
Менее 30 мм	60	20	30
30 - 45	80 - 100	40 - 50	60
45 - 70	120 - 140	50 - 60	10

Примечание: в последнем столбце указано (в процентах) распределение по размерам мидий одного коллектора.

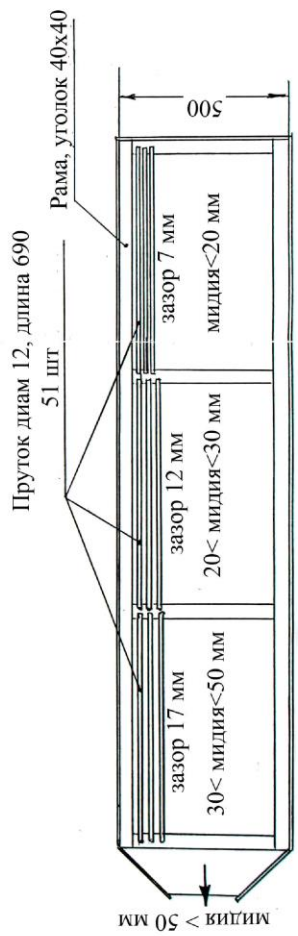
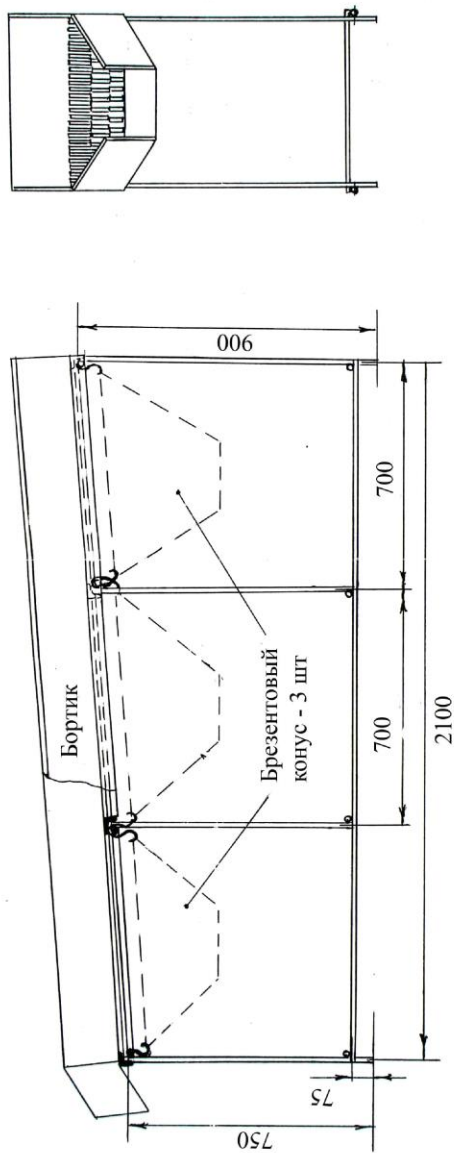


Рис. 74. Стол для ручной сортировки мидий по размерам.



Рис. 75. Заполнение сетного рукава мидиями.

Перед выращиванием мидий полезно сделать ориентировочные расчёты требуемых объёмов спата и затрачиваемых материалов. Например, для того, чтобы получить 1000 т мидий коммерческого размера, нужно иметь 200 т спата. Спат помещают в рукав длиной 5 м. Заполненный спатом рукав весит 12 кг, следовательно, 1 м рукава $12 : 5 = 2,4$ кг. Всего нужно $200000 : 2,4 = 83333$ м рукава. Бобины с сетным рукавом в Италии выпускают длиной по 1500 и 2000 м, следовательно, нужно купить 56 или 42 бобины. Изготовить придётся $83333 : 5 = 16667$ рукавов. Если рукава подвешивать через каждые 0,4 м, то рабочая длина хребтины составит: $16667 \times 0,4 = 6667$ м, для чего потребуется загрузить 67 полупогружных носителей. Погонный метр рукава с товарной мидией весит 12 кг.

После подращивания в рукаве в течение 2-4 мес., часть мидий пойдёт на реализацию, а остальных – нужно будет пересадить в рукав с ячейёй 40-50 мм. Для этого потребуется меньше рукавов, всего 40% от первоначального количества, т.е. 17-23 бобины.

Но можно руководствоваться и другой схемой: спат получают, как обычно, на коллекторах и затем подращивают его до тех пор, пока не появятся первые мидии товарного размера. Затем мидий сортируют; товарных отправляют на реализацию, а для нетоварных используют в основном рукав для мидий размером 30-45 мм и, в меньшей степени, для мидий менее 30 мм.

Обработка урожая.

Выращивать мидий в течение нескольких лет не целесообразно по разным причинам. Во-первых, увеличение мяса в растущих моллюсках происходит особенно интенсивно в течение первого года выращивания, а в последующие годы продукция создаётся в основном в процессе развития гонад (репродуктивных органов). Эта продукция почти полностью теряется во время нереста, поэтому урожай придётся снимать только перед размножением мидий. Во-вторых, по мере старения мидий увеличивается доля соединительной ткани мяса становится жестче, т.е. менее качественным. В-третьих, за счёт увеличения периода выращивания растёт и себестоимость продукции. Возникает вопрос: «До какого размера выращивать мидий»? Товарный размер мидии зависит от способа её потребления или переработки. Иногда мидий перерабатывают на муку, которая поступает на животноводческие фермы в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных, особенно птиц. В этом случае можно выращивать мидий до 1-3 см, т.е. без пересадки в рукава.

Французские мидиеводы, выращивающие мидий на открытых акваториях Средиземного моря, работают следующим образом: спат размером 0,5-4 см они покупают или собирают на свои коллектора. Его сортируют по размерам и помещают в рукава длиной от 3 до 7 м. При этом, в зависимости от размера мидий, погонный метр рукава (исходный вес) весит от 1 до 5 кг/м. На 100-метровую хребтину подвешивают 180-200 рукавов. В зависимости от начального размера спата, продолжительность выращивания в рукавах составляет от 4 до 12 месяцев. Напомним, что по мере роста мидий, подвешиваются дополнительные наплава, уравнивающие растущий урожай. За период подращивания вес рукава увеличивается на 6-10 кг. Например, если размеры спата находились в пределах 1-2 см, а начальный вес рукава был 1,5 кг/м, то через 6-8 мес. подращивания рукав будет весить 8 кг/м, а через 10-12 месяцев – 10 кг/м. Более

крупные мидии (3-4 см), с начальным весом рукава 4 кг/м, через 4 месяца подращивания становятся товарными; при этом рукав весит 8 кг/м. Если их подращивать еще в течение 5-6 месяцев (для получения крупных мидий), тогда рукав будет весить 10 кг/м.

Используя эти данные, можно рассчитать годовую производительность собственной фермы. Например, рассчитаем годовую производительность полупогружённого носителя, несущего 200 рукавов длиной по 5 м. Если начальный вес погонного метра был 1,5 кг/м, а конечный (через 10-12 мес.) – 10 кг/м, то увеличение веса мидий через 10-12 месяцев на одном погонном метре составит $(10 - 1,5) = 8,5$ кг. Производительность носителя за данный период: $8,5 \times 5 \times 200 = 8500$ кг за 10-12 месяцев. Ориентировочно годовая производительность равна 10 т/год при использовании рукавов длиной по 5 м. Производительность носителя можно регулировать, изменяя длину рукава и их общее количество. Увеличивая длину рукава, мы увеличиваем производительность носителя, но при этом возникают трудности работы с длинными рукавами, для преодоления которых нужно вводить соответствующее оборудование. Рукав с мидиями весит несколько десятков килограмм и на его подъём приходится затрачивать значительные усилия. В странах с развитым мидиеводством эту операцию механизмируют с помощью специальных транспортёров (рис. 76).

Увеличение количества рукавов, например, до 250, может оказаться в этом случае более эффективным мероприятием. Однако, на акваториях с высокой динамикой вод, это может привести к соударениям рукавов и опаданию части мидий. Поэтому фермер опытным путём должен найти оптимальное расстояние между рукавами и оптимальную их длину.

Из собственного опыта французские фермеры определили, что 600 коллекторов длиной по 8 м дают количество спата, достаточное для обеспечения пяти 200-метровых носителей или десяти 100-метровых. При этом минимальный вес спата на коллекторе – 5 кг/м, а минимальная биомасса всего собранного спата: $5 \times 8 \times 600 = 24\ 000$ кг.

Президент Федерации марикультуры Италии г-н Марио Буссани, во время своего пребывания в Севастополе в 2005 году ознакомил нас с технологией выращивания мидий в Средиземном море.



Рис. 76. Съём урожая с поверхностных носителей (Венецианский залив, Италия).

Используемые мидийные носители принципиально не отличаются от описанного в данной книге поверхностного носителя. Но имеются конструктивные отличия: итальянские наплава более объёмны – 500 л и несут они не две, а три хребтины, т.е. это тройной носитель. Количество пролётов между носителями равно 9, а в наших – 10 пролётов. Технология выращивания сводится к следующему:

- Если оседание личинок произошло в октябре, тогда спат оставляют на коллекторах до марта, а в марте его отделяют и помещают в сетные рукава с ячейёй 20 мм; длина рукава 4-4,5 м. Если личинки осели в ноябре, то их переносят в рукава в апреле. Уточним, что диаметр рукава 60 мм (он натягивается на пластиковую трубку диаметра 60 мм). Мидии выходят из рукава на внешнюю поверхность и размещаются снаружи. Через 3-4 месяца мидий снимают, моют и сортируют. Мидии, превышающие 5 см, идут на реализацию в живом виде.

Мидий размером 3-4,5 см помещают в рукав с ячейёй 40 мм (диаметр трубы 80-100 мм). В таких рукавах мидии подращиваются ещё 2-3 месяца.

- Если личинки осели весной, их оставляют на коллекторах до тех пор, пока мидии в среднем не достигли 30 мм. Затем с мидиями работают так же, как и с мидиями осеннего оседания.

Некоторые замечания практического характера по итальянской технологии:

1). После выхода мидий на внешнюю сторону рукава, они очень прочно прикрепляются к нитям дели и первые два месяца держатся крепко, но затем, после наращивания определённой биомассы, сила прикрепления ослабевает и происходит их опадание. Необходимо периодически контролировать крепость прикрепления мидий и вовремя их пересаживать.

2). При выращивании особо крупных мидий используют рукава с ячейёй 50-60 мм (диаметр трубы 120-140 мм).

3). Рукава привязывают к хребтине капроновой верёвкой диаметра 4 мм; расстояние от хребтины до сетного рукава – 0,5 м. Расстояние между рукавами 30-40 см.

4). Во время работы на ферме расстояния на носителе измеряют не рулеткой, а четвертью, шириной кулака, локтем, размахом рук и т.д. Несущая способность итальянского носителя: рукав с товарной мидией весит 25 кг.

В пролёте между двумя буйами размещают 15 рукавов ($15 \times 25 = 375$ кг). На установке имеется три параллельных пролёта: $375 \times 3 = 1165$ кг. Всего на носителе 9 пролётов: $1165 \times 9 = 10,5$ т. Можно выполнить проверку несущей способности по суммарному объёму наплавов: 10 наплавов по 500 л = 5000 л. Один литр удерживает 4 кг мидий, находящихся под водой, таким образом, носитель способен удержать 20 т мидий. Из этой цифры нужно вычесть вес канатов, верёвок, наплавов и рукавов под водой, который будет менее 1 т.

Черноморский опыт выращивания мидий в рукавах пока не достаточен для разработки чётких рекомендаций по срокам и продолжительности подращивания спата разных размерных групп. Исходная информация для планирования сроков разных этапов процесса выращивания содержится на схеме, приведенной на

следующей странице. Схему можно также рассматривать в качестве графика работ на ферме. Каждый фермер должен сам разработать для себя программу подращивания спата, причём с учётом желаемых сроков реализации, (когда спрос максимален) и качества реализуемой продукции, (когда выход мяса максимален).

Для оптимизации технологии выращивания необходимо вести рабочий журнал, в который должна регулярно записывается вся технологическая информация: начальные размеры спата, длина и погонный вес рукава, индекс кондиции мидий, продолжительность подращивания и конечные показатели (размеры мидий, индекс их кондиции, погонный вес рукава). В конце года подводится итог, определяется производительность носителей и выбирается оптимальная технология. Рекомендуемые размеры спата: от 1 до 4 см; продолжительность подращивания – 2-6 месяцев. Если слишком мелкий спат, который может высыпаться через ячеи дели, нужно внутрь рукава (с помощью трубки) ввести газетную бумагу, между краями которой должна оставаться щель 2 см для притока свежей воды. Газета предотвратит выпадение мидий, а через несколько дней она распадётся, и мидии смогут самостоятельно переместиться на наружную поверхность рукава.

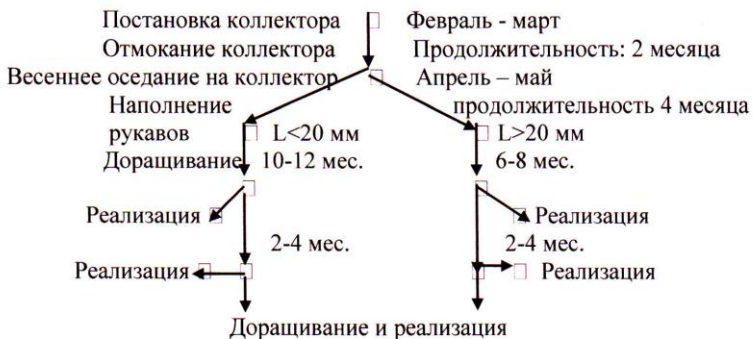
Снятый с коллекторов спат, так же, как и урожай мидий вообще, нуждается в обработке: разбивке мидийных друз, промывке мидий, их сортировке.

Эти операции на крупных хозяйствах механизированы, а на мелких – выполняются вручную. Причём, осуществление этих работ возможно, как на береговой базе, так и на специально оборудованных судах, либо понтонах. Подробное описание операций по обработке урожая и соответствующего оборудования дано в разделе о береговой базе.

Во Франции, а также в странах юго-западной Европы, мидий принято готовить вместе со створками, что придаёт блюду праздничный и специфический вид, характерный для морепродуктов.

Для таких блюд, в том числе пиццы, нельзя использовать слишком мелких и слишком крупных мидий. Для приготовления блюд из мидий со створками, оптимальным размером являются мидии 3-4 см.

а) весеннее оседание личинок



б) осеннее оседание личинок

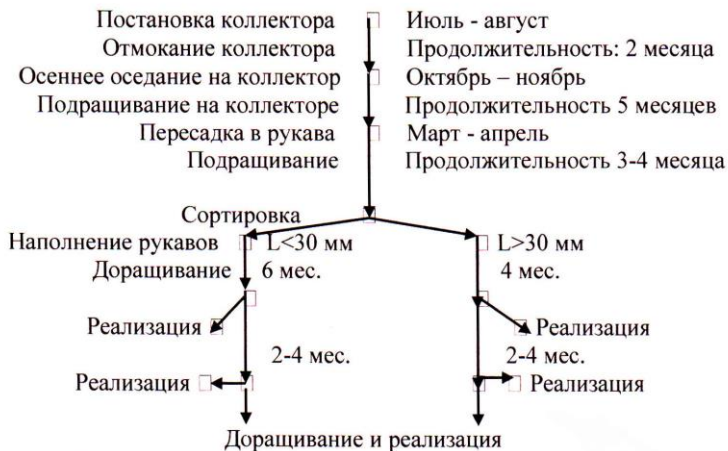


Схема технологического процесса непрерывного выращивания мидий.

В Испании – самой крупной производительнице мидий в Европе (300 тыс. т в год), половину урожая перерабатывают на консервы, на изготовление которых берут моллюсков размером 6 -9 см. В СССР, было принято готовить блюда из мяса мидий, предварительно извлечённого из моллюсков, а створки шли в отходы. Товарный размер мидии в СССР считался равным 5 см.

В настоящее время западные традиции потребления морепродуктов всё больше распространяются в странах СНГ, особенно в крупных городах. Поэтому, например, в Москве, спрос на живую мидию выше, чем на варёно-мороженое мясо мидий. Товарным размером сейчас считается 5 см, однако не исключено, что он снизится до 4 см, что более приемлемо для ресторанов, готовящих мидий со створками.

Итак, на Чёрном море в настоящее время мидий выращивают до достижения длины моллюском 5 см, на что требуется 12-18 месяцев. Однако товарный размер – это необходимое условие для реализации, но не достаточное. Мидия должна иметь ещё и соответствующий индекс кондиции, характеризующий наполненность моллюска мясом. Индекс максимален перед нерестом и минимален – после нереста.

При достижении мидиями товарного размера необходимо проверить индекс кондиции. Но такую проверку проводят на морском хозяйстве регулярно, что позволяет определить наиболее и наименее благоприятные сроки для реализации мидий. Разумеется, что сроки снятия мидий на реализацию зависят от содержания в них мяса, что в свою очередь зависит от цикла размножения. По нашим наблюдениям, в типичный по климатическим параметрам год, сроки следующие:

Снятие урожая: с 15 февраля по 20 апреля;
с 1 июля по 10 ноября.

Мидии наилучшие: с 15 марта по 15 апреля;
с 15 сентября по 15 октября.

Мидий не снимать: с 25 апреля по 1 июня; с 15 ноября по 20 декабря.

Однако указанные сроки изменяются в зависимости от климатических условий года, поэтому необходим регулярный контроль содержания мяса в выращиваемых мидиях.

Измерение индекса кондиции мидий.

В настоящее время у мидиеводов отсутствует единый универсальный индекс кондиции (ИК) и каждый для себя выбирает наиболее удобный. Чаще всего в качестве ИК берут отношение сырого веса мяса к внутреннему объёму раковины. Такой ИК хорошо характеризует степень заполненности объёма раковины мясом. Для измерения ИК нужно вначале измерить объём моллюска, опустив его в мерный сосуд с водой. Затем аналогично измеряется объём обеих створок и, отняв вторую величину из первой, получают объём внутренней полости раковины. Определяют вес мяса взвешиванием, слегка обсушив его фильтровальной бумагой. Вес мяса, выраженный в граммах, делят на объём полости в миллилитрах и полученную величину умножают на 100, что и соответствует ИК.

В связи с тем, что изменения содержания мяса вызваны процессами размножения, а именно увеличением веса гонады до нереста и её резким уменьшением во время нереста, целесообразно следить за изменениями веса гонад. Если вес гонады разделить на общий вес всего мяса и полученную величину умножить на 100%, то получим гонадный индекс (ГИ), который также хорошо характеризует качество урожая.

Применяется также индекс состояния (ИС), который равен отношению веса сухого мяса к весу раковины. Однако для получения сухого веса мяса необходим сушильный шкаф, при отсутствии которого можно брать сырой вес мяса и раковины.

Применяют, хотя и редко, индекс кондиции (ИК), представляющий собой отношение сухого веса мяса к длине мидии.

Хорошим критерием является и, так называемый, «выход мяса», который получают в результате деления веса мяса на сумму веса мяса, раковины и межстворчатой жидкости. Частное от деления умножают на 100%. Выход мяса можно определять, как для сырой мидии, так и «бланшированной». В первом случае живую мидию открывают ножом, введя лезвие ножа в отверстие выхода биссуса из раковины. Во втором – мидий нагревают до момента открытия створок.

Все перечисленные величины являются удельными и показывают, сколько мяса приходится на единицу объёма, либо веса,

либо длины мидии, что делает эти характеристики сопоставимыми для всего размерного ряда моллюсков.

Следует отметить, что ещё до снятия урожая, фермер должен обзавестись техническими условиями (ТУ) и технической информацией (ТИ) на приготовление продукции из мидий. Эти документы могут быть разработаны в ОАО «Югрыбтехцентр» в г. Севастополе, согласовываются в СЭС и утверждаются Федеральным агентством по рыболовству РФ.

Принципиально технология выращивания мидий на разных типах носителей не имеет различий: сбор спата (каптаж); подращивание спата на тех же коллекторах до 1-3 см; пересадка спата в рукава и дорашивание до товарного размера. Однако имеются свои особенности реализации этой технологии при работе на каждом из уже описанных носителей, что рассматривается ниже.

Поверхностный носитель.

Если в нашем распоряжении находится незагруженный носитель, тогда всю рабочую часть хребтины следует загрузить коллекторами. Для этого хребтину цепляют кошкой на расстоянии 1,5 м от наплава и приподнимают её над водой на высоту, удобную для выполнения работ. Если судно оборудовано ролами, хребтину заводят на ролы, что позволит продвигаться вдоль хребтины, оснащая её коллекторами. В противном случае хребтину удерживают двумя кошками, отдалёнными друг от друга на максимально возможное расстояние, внутри которого подвязывают коллектора и рукава через каждые 40-60 см (рис. 77 цветной вкладыш, стр. 491).

Коллектора не должны подниматься течением, поэтому их притапливают грузилами подходящего веса. Если же хребтины заняты рукавами, коллектора подвязывают под наплавами таким образом, чтобы они не касались друг друга. Рукава с мидиями подвязываются аналогично.

Полупогруженный носитель.

Обслуживание данного носителя сложнее, чем предыдущего, оборудованного лёгкими и слабо натянутыми хребтинами. Если незагруженный поверхностный носитель можно оснастить коллекторами, используя обычный (специально не оборудованный) ял, то для выполнения работ на полупогруженном носителе необходимо специальное судно с установленными вдоль борта

ролами и двумя лебёдками (возможно ручными), грузоподъёмностью по 800-1000 кг каждая. Оптимальным судном в данном случае является катамаран, описание которого приведено в разделе о плавсредствах.

Судно оборудовано двумя грузовыми балками, установленными вдоль рабочего борта на достаточном расстоянии друг от друга. Под балками находятся рола, а каждая балка снабжена ручной лебёдкой. С помощью подъёмных устройств поднимают хребтину и устанавливают её в рола. Двигаясь вдоль хребтины, подвязывают, либо отвязывают (обрезают) коллектора, рукава, буи.

Подповерхностный носитель.

Хребтина носителя проходит на глубине 5 м. Поднять её на поверхность можно, зацепив хребтину кошкой, либо поднимать хребтину за рым указательного буйа. В последнем случае указательный буй должен быть выполнен из металлической трубы, а канат, несущий буй, должен выдерживать нагрузку в 5 т. На хребтине может находиться значительная биомасса мидий. Поднимается и подвижный груз с цепью и, кроме этого, для подъёма хребтины на 6-7 м потребуется преодолеть сопротивление структур, растягивающих и удерживающих хребтину. Поднятая хребтина заводится на рола, после чего выполняются текущие работы. По мере роста урожая особое внимание приходится уделять подвязыванию промежуточных кухтылей.

Донный носитель.

Технология выращивания мидий на данном носителе принципиально отличается от предыдущих, в которых технологический процесс можно рассматривать как непрерывный. Здесь же процесс имеет периодический характер: заполняют рукава мидиями требуемого размера и выставляют их в море вместе с носителем. Через определённое время всю установку извлекают вместе с урожаем.

Поднятый урожай мидий подвергается обработке: разбивке друз, промывке, сортировке, упаковке и т.д., что является завершающим технологическим этапом, который рассматривается в разделе «Береговая база».

2.1.5. Плавсредства для обслуживания морской фермы

Работа на морской ферме отличается своей спецификой: подъём из воды тяжёлых хребтин с урожаем (нужны грузоподъёмные устройства). Возможная обработка урожая в море параллельно с выполнением ремонтных работ, для этого нужна оборудованная рабочая площадка. В процессе работы судно может оказаться над другими носителями, которые нельзя повреждать винтом, поэтому судно должно иметь малую осадку и обладать соответствующей вместимостью и грузоподъёмностью для транспортировки урожая на базу. Кроме этого, судно должно быть устойчивым к качке и высокоманевренным. Обеспечить выполнение всех перечисленных требований в одной конструкции – практически не реально. Обычно находят некий компромиссный вариант в виде широкого плоскодонного судна с малой осадкой (рис. 78).



Рис.78. Мидийные суда в порту г. Триест, Италия.

Такое судно раскачивается на волне, поэтому морские работы выполняют в достаточно спокойную погоду. Но и на берегу всегда много работ, осуществление которых и планируется на штормовые дни.

Другая проблема: поиск, либо оборудование места стоянки судна. Тихая, защищённая от штормовых волн бухта, может располагаться слишком далеко от фермы. На переходы тратится горячее и рабочее время, от чего неизбежно возрастает себестоимость продукции. Возможно, что придётся упорно искать нестандартное решение: ставить судно на мёртвый якорь, на бочку; использовать в качестве судна грузовую машину амфибию либо катер с откидными колёсами, который из воды вытаскивается лебёдкой или тягачом; установить на своём причале подъёмное устройство, для подъёма судна на берег; проложить рельсы для вытаскивания судна на берег с помощью тележки и лебёдки и т.д.

При выборе типа и размеров плавсредства для мидийной, либо устричной фермы нужно решить, прежде всего, вопрос о том, где и как будет осуществляться обработка моллюсков: на береговой базе или в море. Каждый из вариантов имеет свои преимущества и недостатки. Однако, в целом, предпочтительнее обработку моллюсков выполнять, хотя бы частично, в море. Соответственно необходимо приобрести плавсредство достаточно просторное, позволяющее размещение на борту технологического оборудования и склада моллюсков товарного размера. Обычно это же судно используется и при ремонте и монтаже фермы, например, для натягивания хребтин. Поэтому оно должно быть оснащено достаточно мощными лебёдками. Конечно и тип носителей, установленных на ферме, так же определяет выбор основного судна. Кроме основного плавсредства, нужно иметь небольшое вспомогательное, позволяющее выполнять оперативные задачи: срочные выходы при проникновении посторонних лиц на ферму; проведение регулярных осмотров состояния фермы; выполнение лёгкого ремонта, выполнение научно-исследовательских работ и т.д. Для этих целей хорошо иметь ял со стационарным либо подвесным двигателем.

Суда, работающие на морских фермах, должны отвечать ряду технических требований, а именно:

- устойчивость к бортовой качке;
- рабочая палуба судна должна быть просторной, например, 4×10 м;
- осадка судна должна быть мала, например, 0,8 м;
- высота борта низкая, хотя бы с одного (рабочего) борта;
- судно должно быть высокоманевренным. Это требование очень важно, учитывая, что судну придётся маневрировать между рядами носителей при воздействии ветра, волнения и течений. Желательно судно оборудовать двумя двигателями, либо водомётным двигателем, облегчающим выполнение разворотов;
- судно должно быть оснащено лебёдкой (краном). Европейские суда снабжены гидравлическими артикулярными (складывающимися) кранами на 6 тонометров. В европейском мидиеводстве получили распространение гидравлические приводы, обеспечивающие функционирование не только лебёдок и грузовых кранов, но и машин для разбивки друз мидий, их сортировки и промывки, а также работы забортных транспортёров (подъём рукавов).

Типичные размеры судна: длина: 13,5-14 м; ширина: 5,6-5,7 м; осадка: 0,8 м. Для обслуживания подповерхностных носителей выпускают суда длиной 16-20 м (рис. 79 цветной вкладыш, стр.492).

Со стороны рабочего борта судно оборудуется двумя порталами, в верхней части которых установлены два блока для тросов лебёдок; в нижней части порталов установлены ролы, в которые заводится хребтина (рис. 80).

Ролы имеют некоторые конструктивные особенности, не допускающие наматывание на них коллекторов, рукавов, поводков и т.д.

Как видно из рисунка, внешняя реборда ролов имеет вырезы, в которые входят поводки рукавов, и, при поворачивании рола, свободно сходят с него. Перед каждым ролом устанавливается ограждение, отодвигающее от него коллектора, садки и т.д. (на рисунке не показано). Ограждение делается из катанки диаметром 16 мм; оно имеет вид двух дуг, причём нижняя дуга огибает рол в горизонтальной плоскости, а верхняя дуга проходит чуть ниже

верхней части реборды рола. Обе дуги свариваются вместе своими концами, которые затем привариваются к горизонтальной планке, служащей основанием ограждения.

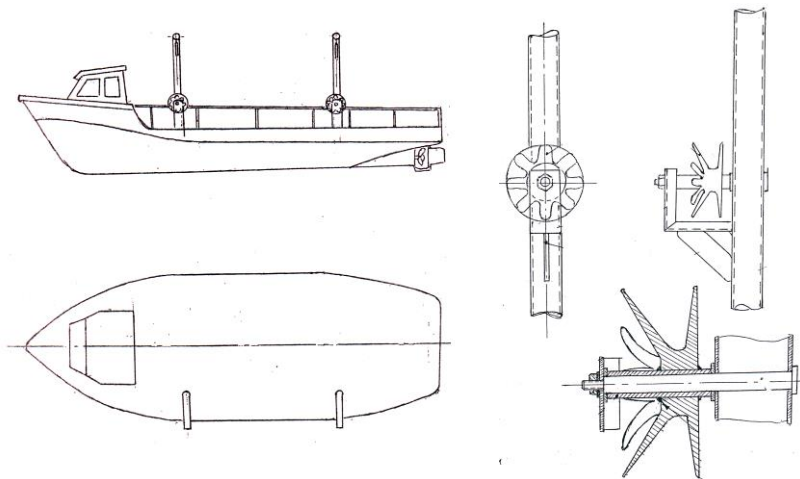


Рис. 80. Расположение порталов и блоков на судне, обслуживающем мидийно-устричные фермы. Справа показана установка рола, с внешней ребордой в виде «ромашки».

Отечественная промышленность не выпускает суда, отвечающие перечисленным требованиям. Поэтому для обслуживания мидийно-устричных ферм по заказу ИМБИ и ООО «НИО Марикультура» разработан Крымским экспертно-проектным бюро «Корвет-Юг» проект самоходного катамарана длиной 8 м и шириной 4,5 м (рис. 81 цветной вкладыш, стр.492).

Судно проектировалось для обслуживания мидийных и устричных ферм, состоящих из поверхностных, полупогруженных, либо донных носителей, либо носителей аналогичных конструкций. Данный катамаран не предназначен для работы с подповерхностными носителями. Официальное название типа судна: «Стальной палубный катамаран типа «А», с носовым и кормовым порталами с грузоподъемным устройством, с фальшбортом в носу и

леерным ограждением палубы по корпусу». Район плавания судна: 4-й прибрежный (П4), что соответствует прибрежной зоне с удалением от берега до 1 км. Обслуживание морской фермы возможно при силе ветра не выше 4-х баллов и высоте волны – не более 0,3 м. Основные размеры: длина корпуса – 8 м; ширина одного корпуса – 1,2 м; ширина максимальная – 4,5 м; высота борта – 1,2 м; осадка с грузом – 0,6 м; водоизмещение с грузом – 6,4 т; вес груза – 1,5 т. Площадь рабочей палубы: 6,3 × 4,5 м. Обшивка корпуса выполнена из листовой стали толщиной 4 мм, палубы – 3 мм. По правому борту устанавливается рабочий стол длиной 6 м, который предназначен для отделения мидий от коллекторов и рукавов, а также для набивки рукавов одноразмерными мидиями. Рабочий стол также предназначен для работ с устрицами. По левому борту устанавливается сортировальный стол.

Восемь герметичных отсеков корпуса обеспечивают непотопляемость судна; выполнены также расчёты остойчивости судна при работе на ферме под полной загрузкой. Вдоль борта катамарана, под двумя порталами, установлены ролю, на которые, с помощью двух ручных лебёдок (грузоподъёмностью по 0,95 т) заводится хребтина, что позволяет снимать и подвешивать коллектора и садки с устрицами без применения водолазного труда. Между порталами натягивается тент для защиты персонала от дождя и солнца. Для повышения надёжности ходовой установки, катамаран оснащен двумя подвесными двигателями мощностью по 12 л.с. каждый. Проект утверждён Регистром Судоходства Украины. Строительство и оборудование катамарана в 2008 году обошлось в 165 тыс. грн. (31400 \$).

При освоении работ на плантации с использованием катамарана, пожалуй, наиболее трудным и важным является первый пробный выход на ферму.

До первого выхода на ферму вся команда (4 человека) должна иметь достаточно чёткое представление о предстоящей работе. Первый день должен быть учебным; его цель:

1. научиться **полностью** готовить судно к работе; отработать подход к носителю;
2. научиться поднимать хребтину лебёдками из воды и ставить хребтину на ролю;

3. перемещаться вдоль хребтины;
4. выполнять обработку мидий и устриц на борту.

Ясно, что для первого дня нужно выбрать день с хорошей погодой и с минимальным волнением, когда слабый ветер дует со стороны берега.

Предварительно нужно подготовить и погрузить на катамаран необходимое оборудование:

- две кошки с верёвками;
- два весла;
- верёвки разного диаметра 10-16 мм, длиной по 3-10 м;
- сетные мешки для промывки мидий – 2-6 шт.;
- багры с длинными ручками – 2 шт.;
- металлическое ведро с верёвкой (для подъёма морской воды на борт);
- швабра;
- инструменты: молотки, плоскогубцы, гаечные ключи, зубило, ножи;
- сеточник (т.е. верёвка диаметром 4-6 мм);
- рабочие рукавицы;
- запас буёв, коллекторов и рукавов для набивки мидиями.

Для первого раза нужно выбрать крайний носитель, либо другой самый удобный носитель, т.е. такой, к которому подойти будет не сложно, а его хребтина не слишком провисла и проходит не глубоко, т. к. подвязано достаточное количество буйков.

Двигаться к носителю нужно по течению (или по ветру) и до подхода к носителю развернуть катамаран параллельно хребтине и выключить двигатели, привести лебёдки в рабочее положение (вытравить по три метра троса). Далее течение или ветер будет приближать катамаран к носителю. Для того чтобы катамаран не развернуло (он должен быть всегда расположен параллельно хребтине и повернут к ней рабочим бортом), нужно, чтобы на корме и на носу находились рабочие с вёслами, выравнивающие положение катамарана.

Дальнейшие работы необходимо выполнять быстро и слаженно, иначе течение пронесёт мимо хребтины и всё придётся начинать сначала. Как только катамаран приблизится на расстояние 3-4 м до носителя, следует сразу же бросать кошку с верёвкой и цеплять

хребтину. Лучше, если одновременно использовать две кошки – так будет надёжнее и быстрее. Сразу же необходимо поднять хребтину как можно ближе к поверхности и, после этого, быстро закрепить верёвки кошек на стойках порталов. В это же время нужно зацепить хребтину кошками лебёдок (трос лебёдок должен быть заранее вытравлен) и тянуть лебёдками хребтину вверх. При извлечении хребтины из воды могут оказаться полезными багры.

Завести хребтину на ролы и для страховки прихватить её верёвками к стойкам лебёдок, (чтобы хребтина не сорвалась с рол в море). После этого сделать перерыв, посмотреть насколько надёжно хребтина держится на ролах. Если течение или ветер наваливает судно на носитель – хребтина не будет соскакивать с рол; в противном случае катамаран будет «отрываться» от хребтины. Кроме этого, течение должно относить коллектора в сторону от катамарана, а не под него и на винты. Всё это говорит о важности выбора правильного направления подхода судна к носителю. Итак, если осмотр показал, что начальный этап работ выполнен успешно, можно отцепить кошки лебёдок и отдать страховочные верёвки. Включить двигатель и попробовать двигаться вдоль хребтины.

Достигнув нужного участка хребтины, судно остановить; сделать страховку хребтины. Снять (отвязать или отрезать) коллекторы с мидиями и выполнить необходимые работы по проверке состояния поводков буёв, коллекторов и рукавов. После заполнения рукавов мидиями, их вывешивают на том же месте. Эта операция сразу же отмечается в полевом дневнике.

Работа с мидиями заключается в следующем:

- подъём коллекторов или рукавов на рабочий стол. Поднимают коллектор 2-3 человека: отвязывают или обрезают верёвку (поводок), затем двое тянут коллектор из воды и передают его третьему человеку. Он (третий) заводит коллектор на рабочий стол, а двое продолжают вытягивать коллектор из воды, в то время как третий продолжает укладывать коллектор на рабочем столе. Это самая трудоёмкая операция. Возможно, что придётся ограничить длину коллектора четырьмя метрами или придумать механизацию подъёма коллекторов из воды. Но частично коллектор можно вытаскивать и теми же

лебёдками. В Европе для подъёма тяжёлых рукавов на палубу применяют специальные транспортёры, как показано на рис. 76.

- Отделение мидий от коллектора. Это проделывают те же 2-3 человека. Если снятые мидии слишком заилены и обросли, их засыпают другие 2 человека в сетной мешок и промывают мидий за бортом. Пока они занимаются промывкой, а потом сортировкой, первые 3 человека вытаскивают очередной коллектор.
- Промытых мидий сортируют на сортировальном столе. Товарных мидий засыпают в сетные мешки и подвешивают их за бортом. Нетоварных мидий засыпают в рукава и сразу же подвязывают к хребтине.

После завершения работ судно приводится в порядок. Палубу моют с помощью ведра и швабры.

Ниже приводится примерная схема выполнения на катамаране типичных работ по обработке устриц:

1. Подъём хребтины и постановка её в ролю. Далее все действия выполняются как в случае работ с мидиями.
2. Снятие садков. Снимаются все садки (например, итальянские типа *Ostriga*), находящиеся в пролёте между блоками. В случае проведения работ на катамаране это составит 6 батарей садков, в каждой по 5 садков; всего 30 садков. Вес батареи будет достигать 50-60 кг. Поэтому на этой операции работают 2 человека.
3. Разборка садков и их очистка. Как только на палубе появилась первая батарея, два других работника её разбирают и ставят грязные садки с неочищенными устрицами на разделочный стол. Устриц высыпают на стол. Садки чистят металлической щёткой и промывают морской водой. Машины для чистки садков данного типа пока не выпускаются. Во Франции устриц выращивают в плоских конвертах, поэтому их машины рассчитаны на чистку конвертов.
4. Чистка и сортировка устриц. Когда поднимут все садки на палубу, вся бригада включается в работу по очистке и сортировке. Для этого разделочный стол должен быть

достаточно длинным, а лучше иметь два стола по 3-4 м каждый. Устриц сразу разделяют на товарных и нетоварных.

5. Заполнение садков нетоварными устрицами. Нетоварных устриц слегка очищают от крупных обрастателей. Для этой цели годятся моечные мешки, либо моечная бочка (как для мидий). После промывки, устриц раскладывают в очищенные садки. На нижних ярусах садков плотность посадки устриц должна быть меньше, чем на верхних ярусах.

6. Более тщательная очистка товарных устриц и их помещение в тарные ящики. Устриц, предназначенных для реализации, тщательно очищают. На первой стадии очистки их надо помыть в моечных мешках (или бочке). Затем, если на берегу нет моечной машины, нужно отчистить устриц щётками из пластмассы. Отмытых товарных устриц помещают в сухие ящики, например, овощные. При хранении устриц вода не должна скапливаться на дне ящика. В тоже время устрицы не должны пересыхать, поэтому их лучше укрыть влажным брезентом или тряпкой. В период работы на судне, чистых товарных устриц можно держать за бортом в тех же сетных мешках, что и для мидий.

7. Подвешивание садков с устрицами для дорастивания. Вывешивают батареи садков на хребтину и, если требуется, добавляют наплава, или уменьшают их количество. Важно, чтобы буй принимал вертикальное положение.

8. Переходят вдоль хребтины на новое место и цикл повторяется. Обычно садки, хребтина и буи сильно обрастают мидиями. Нужно мидий отделять, собирать в сетные мешки и опускать их за борт катамарана. Затем делается переход на мидийный носитель, где мидиями заполняются рукава и подвязываются к хребтине.

Конечно, строительство катамарана не является единственным вариантом решения проблемы плавсредства. Можно, например, приобрести готовое судно в странах с развитым мидиеводством. Если позволяют финансовые возможности, можно организовать покупку во Франции судна-плавбазы (atelier mytilicole flottante), полностью оснащённого современным технологическим

оборудованием, позволяющим выполнять механизированные операции по обслуживанию ферм открытого моря и обработке моллюсков на борту (см. рис. 79). Стоимость алюминиевого судна со всем технологическим оборудованием – 300 тыс.€.

Технические характеристики типового французского судна для мидийной фермы:

- длина – 15 м;
- ширина – 5,06 м;
- осадка – 0,5 м;
- высота борта по носу – 0,55 м;
- высота борта по миделю – 0,35 м;
- водоизмещение – 8,8 т;
- водоизмещение с грузом – 18,9 т;
- двигатель VOLVO Diesel AQAD 41/A – 200 л.с.;
- номинальная мощность – 147 kw (до 3600 об.).

Покупка судна позволит наладить выпуск аналогичных судов на верфях России.

Итальянские суда для мидиеводства изготавливаются из пластика. По краю борта проходит окантовка из нержавеющей стали. Судно оснащено гидравлической системой, позволяющей подключать устройства для подъёма рукавов с моллюсками на палубу и их обработку (промывка, сортировка, набивка рукавов). Поэтому судно имеет на борту полный набор оборудования, необходимого для выращивания и обработки мидий.

Судно снабжено двумя порталами, на которых сверху закреплены блоки, а внизу установлены гидравлические лебёдки, грузоподъёмностью 1 т каждая. Данное оборудование предназначено для подъёма из воды основного каната (хребтины) и удержания его вблизи борта в процессе выполнения работ.

Судно снабжено тентом для защиты работающих людей от солнца и дождя.

Размеры судна:

- длина: 10 м ± 2 м;
- ширина: 4 м ± 1 м;
- осадка: 0,6 – 0,8 м.

2.1.6. Влияние мидийной фермы на водную среду и расчёт оптимального размещения ферм

Мидийную ферму можно рассматривать в качестве преобразователя естественных кормовых ресурсов (одноклеточных водорослей) в высококачественное сырьё для производства пищи, корма, лекарственной и технической продукции.

Ферма, заселённая мидиями, неразрывно связана с морской средой многочисленными связями. Поселения мидий на ферме увеличивают скорость оборота вещества и тем самым повышают общую продуктивность акватории, что важно для морепользователя. Мидии фермы, фильтруя морскую воду, выполняют функцию биофильтра, очищающего проходящую воду от взвешенных частиц (мелиорация водной среды). Ферма также играет эдификаторную (строительную) роль, характерную для искусственных рифов, включающих структуры для заселения представителями флоры и фауны, убежища для беспозвоночных и рыб, места для откорма и размножения. В период нереста мидии фермы значительно увеличивают репродукционный потенциал, вымётывая в морскую воду огромное количество яйцеклеток, которые после оплодотворения развиваются до планктонных личинок, переносимых течениями на большие расстояния и, таким образом, заселяют обширные пространства. В отличие от обычного донного рифа, ферма охватывает собой (и своим влиянием) сравнительно большую толщу воды, образуя пелагический риф. Вокруг него концентрируются рыбы, находящие убежище и питание, что способствует увеличению биоразнообразия экосистемы.

Однако кроме положительного воздействия на окружающую среду мидийные хозяйства могут оказывать и негативное влияние. Мидии фермы изымают из морской воды кормовые микроводоросли, а также кислород, от чего могут пострадать сами выращиваемые мидии, а также другие организмы, входящие в прибрежную экосистему. В процессе питания мидии выделяют фекалии и псевдофекалии (комочки из несъедобной взвеси), которые могут накапливаться под фермой, образуя вторичное загрязнение, наносящее вред живущим там организмам. Осевшая органика используется донными детритофагами (грунтоедомы). Поэтому их

выращивание в поликультуре совместно с мидиями становится целесообразным. В процессе переваривания пищи мидии выделяют в растворённой форме значительные количества азот- и фосфорсодержащих соединений, и, таким образом, изменяют химические характеристики морской воды и экосистемы в целом, а также могут стимулировать развитие фитопланктона.

Мидийные фермы, на которых биомасса моллюсков достигает 40-60 т/га, резко интенсифицируют биотический круговорот. Для того чтобы ферма не была перегружена мидиями, необходим расчёт её производительности. Количественно связи фермы со средой можно описать, изучая балансы вещества и энергии между поселениями мидий и внешней средой. Получаемые балансы являются основой для составления прогнозов влияния крупных марихозяйств на природные экосистемы, а также для расчётов планируемой производительности марихозяйств.

Процессы продуцирования органического вещества и очищения морской воды имеют единую вещественно-энергетическую основу – круговорот веществ и потоки энергии в экосистемах. В процессах взаимодействия морской фермы с водной средой выделяют следующие аспекты: гидрологический, гидрохимический, гидробиологический, санитарный (или санитарно-бактериологический) и т.д. При организации мидиеводства, т.е. создания сети мидийных хозяйств, возникает задача оптимального использования ресурсного потенциала прибрежных акваторий. Ресурсный потенциал включает:

- морскую воду, проходящую через ферму, которая может быть профильтрована моллюсками;
- кормовую базу – фитопланктон и взвешенное органическое вещество, поступающее с течением;
- растворённый в морской воде кислород;
- личинки мидий привнесены с планктоном и осевшие на коллектора фермы, а также личинки, произведенные мидиями на ферме в периоды нереста;
- органическое вещество, осаждаемое мидиями на дно с последующей его минерализацией донными сообществами.

Расчёты влияния фермы на среду должны быть выполнены для всех сезонов года, в связи с этим нами проводились сезонные

полевые и экспериментальные исследования. Это позволило оценить ресурсы по сезонам и выполнить расчёты функциональных характеристик поселений мидий для годового цикла работы морской фермы. В полевых исследованиях получены данные по годовой динамике размерной структуры поселений мидий на коллекторах, по динамике гаметогенеза и нереста мидий и по сезонным изменениям качественного и количественного состава кормовой базы мидий. Удельные скорости выделения азот- и фосфорсодержащих соединений получены в экспериментальных исследованиях.

Полевые исследования проводили на мидийной ферме, принадлежащей ООО «София – Крым», расположенной в бухте Ласпи в 40 км восточнее Севастополя. Бухта широко открыта к морю, что характерно для акваторий, перспективных для развития мидиеводства. Поэтому б. Ласпи выбрана в качестве модельной акватории для изучения взаимодействий мидийной фермы с водной средой и решения задачи оптимального размещения марихозяйств в прибрежной зоне Крыма.

Основу корма мидий составляют одноклеточные водоросли – фитопланктон. Низкие концентрации корма могут лимитировать рост мидий, производительность ферм, размещённых на данной акватории, а также их допустимое количество. В связи с этим изучение кормовой базы является одним из главных элементов для решения задачи оптимального размещения ферм на данной акватории.

Сезонные изменения кормовой базы.

На мидийной ферме (б. Ласпи) за период наблюдений (с марта 2010 г. по март 2011 г.) было обнаружено 120 видов и разновидностей микроводорослей, относящихся к 7 отделам и 68 родам. Из них динофитовых – 53 вида, диатомовых – 50, золотистых – 10, зелёных – 3, цианобактерии – 2, криптофитовые – 1 и эвгленовые – 1. Наибольшее видовое разнообразие отмечено поздней осенью – 70 видов и летом – 55 видов. Из них: диатомовые рода *Chaetoceros* (8 видов), динофитовые рода *Gymnodinium* (7 видов), *Protoperidinium* (7 видов), *Prorocentrum* (6 видов), *Peridinium* и *Glenodinium* (по 5 видов), *Dinophysis* (3 вида). Круглогодично в планктоне вегетировали мелкие жгутиковые водоросли, кокколитофорида *Emiliania huxleyi*, диатомовые – *Nitzschia tenuirostris*, *Licmophora ehrenbergii*, *Proboscia*

alata, *Pseudosolenia calcar-avis*; динофитовые – *Prorocentrum compressum*, *P. cordatum*, *P. micans*, *P. stenii* *Ceratium furca*, *C. tripos*, *C. fusus*. Из золотистых микроводорослей в небольшом количестве встречались *Distephanus speculum* и *D. octonarius*.

Суммарная численность фитопланктона на ферме за период наблюдений изменялась в пределах 22-510 млн. кл/м³, биомасса – 20-990 мг/м³ (рис. 82). Максимального количественного развития достигали диатомовые и золотистые водоросли, а также цианобактерии. Однако численность диатомовых на протяжении года не достигала уровня «цветения» морской воды.

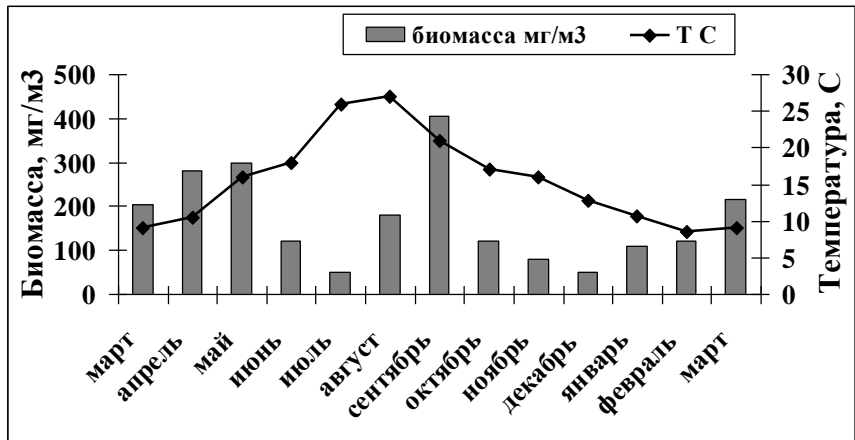


Рис. 82. Динамика сырой суммарной биомассы фитопланктона в районе мидийной фермы (б. Ласпи, 2010-2011 гг.).

Видовое разнообразие фитопланктона зависит от температуры воды, солености, степени обеспеченности вод биогенными элементами (растворенных в воде солей нитратов, фосфатов, кремния), органических соединений, содержания кислорода и углекислого газа. В течение года эти показатели изменялись в зависимости от гидрологических и синоптических факторов, динамической активности основного черноморского течения и береговых стоков, что приводило к изменению видового состава водорослей. В связи с этим величины общей численности и биомассы фитопланктона имели сезонный характер. Так, с повышением

температуры воды количество фитопланктона и его видовое разнообразие значительно снижалось, что наиболее заметно в поверхностном слое (рис. 83).

Наибольшее количество фитопланктона на мидийной ферме отмечено в весенний период. Так, в апреле 2010 г. при температуре воды выше 10°C наблюдался максимум развития фитопланктона на поверхности. Максимальная численность водорослей достигала 450 млн. кл/м³. В планктоне преобладали мелкоклеточные диатомовые *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, виды рода *Chaetoceros*, что вероятно, вызвано высокой концентрацией кремния в морской воде.

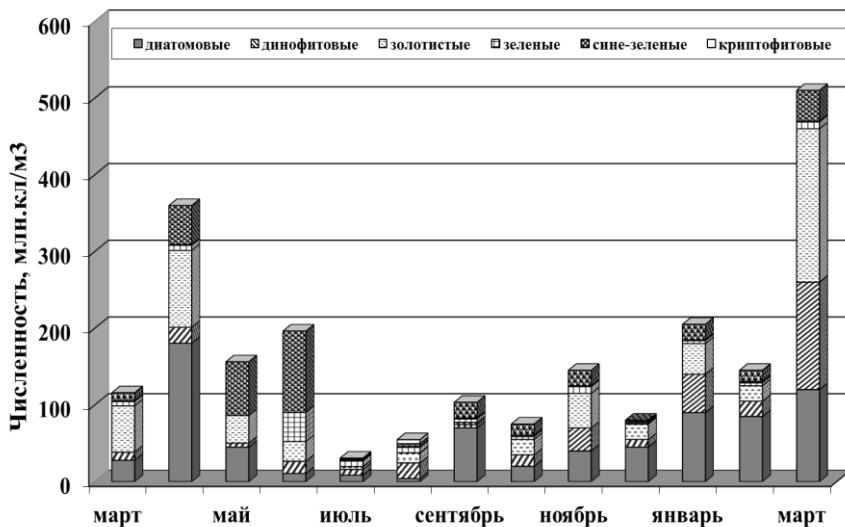


Рис. 83. Динамика численности основных групп фитопланктона в районе мидийной фермы (б. Ласпи, 2010-2011 гг.)

С марта по июнь доминировала кокколитофорида *Emiliania huxleyi* (до 55% общей биомассы). В этот период микроводоросли скелетонема и эмилиания являлись основными кормовыми объектами для мидий. Виды рода хетоцерос могут не иметь пищевой ценности для двустворчатых моллюсков, в связи с наличием длинных щетинок. В слое 3-6 м отмечено большое количество

бентосных диатомей, которые единично встречались и на поверхности, что обусловлено вертикальным перемешиванием вод в этом районе.

В летний период (июнь-август) при прогревании воды с 18°C до 27°C и формировании сезонного термоклина на глубине 5-10 м поступление минеральных солей в верхние слои моря значительно снижалось, что способствовало уменьшению численности фитопланктона до минимальных значений. Величины численности и биомассы изменялись в пределах 20-50 млн. кл/м³ и 50-400 мг/м³. В июне (через 3 суток после сильного ливня) в планктоне было зарегистрировано максимальное количество зелёных водорослей (38 млн. кл/м³) и сине-зелёных (106 млн. кл/м³), которые составляли 60% от суммарной численности. Обеднённая биогенными элементами морская вода не оказывала существенного влияния на количественное развитие фитопланктона, но способствовала незначительному увеличению диатомовых водорослей. По биомассе доминировали крупноклеточные диатомеи *Pseudosolenia calcar-avis* (длина клеток до 1200 мкм) и *Proboscia alata* (до 1000 мкм), которые составляли 55% от суммарной биомассы. В планктоне увеличилось количество динофитовых рода *Ceratium* (*C. fusus*, *C. tripos*), что значительно снижало пищевую ценность кормовой базы моллюсков. В июле при температуре 26°C, численность и биомасса водорослей были минимальны за весь период исследования, и составляли 20 млн. кл/м³ и 50 мг/м³; из них 20% – мелкие жгутиковые водоросли. И как следствие этого в июле мидии испытывали некоторый дефицит корма. В конце августа в планктоне было отмечено увеличение динофитовых водорослей *Gymnodinium kovalevski*, *G. wulffii*, *Gyrodinium fusiforme*, а также мелких диатомовых и золотистых водорослей, которые по своим размерам соответствовали пищевому спектру выращиваемых моллюсков.

В ранне-осенний период (в сентябре) при понижении температуры воды в поверхностном слое до 22°C наблюдалось увеличение численности и биомассы фитопланктона в 2-3 раза по сравнению с летним периодом. В основном преобладали крупноклеточные диатомовые водоросли – 65-75% от суммарной численности и 80-95% от суммарной биомассы. Из них 45-70% от общей биомассы составляла диатомея *Proboscia alata*, а по

численности доминировала колониальная диатомовая водоросль *P. pseudodelicatissima* (35-45%). Отмечено значительное количество сине-зелёных водорослей (20 млн. кл/м³), а наличие динофитовых водорослей – ценных кормовых объектов двустворчатых моллюсков, было низким – 4 млн. кл/м³.

В октябре при температуре воды 18°C, в связи с подъёмом глубинных вод и обогащением фотического слоя фосфатами, отмечен пик численности динофитовых водорослей: *P. compressum*, *P. cordatum*, *Gymnodinium wulffii*, *G. kovalevski*, размер клеток, которых от 4 до 50 мкм. В планктоне вновь появилась кокколитофориды эмилиания, развитие которой продолжилось в ноябре. В это время её пик численности составил 46% от суммарного значения.

Самые низкие показатели численности, биомассы, а также видового состава отмечались в декабре – 25 млн. кл/м³ и 120 мг/м³. В период с октября по декабрь 2010 г численность фитопланктона не превышала 180 млн. кл/м³, а биомасса – 120 мг/м³. В планктоне преобладали мелкоклеточные виды водорослей, служащие кормом для выращиваемых мидий.

В январе-марте 2011 г отмечалось увеличение количественных показателей численности и биомассы фитопланктона. В это время в районе фермы, кроме эмилиании (постоянно присутствующий вид), были отмечены: *Thalassionema nitzschioides* (диатомовые), *P. compressum*, *P. cordatum* (динофитовые), *Dictyocha speculum* и *Octactis octonaria* (золотистые). В феврале (начало биологической весны в Чёрном море), с понижением температуры морской воды до 8°C, значения численности и биомассы были несколько ниже, чем в январе, и составляли соответственно 205 млн. кл/м³ и 350 мг/м³. Наблюдалось развитие диатомовых водорослей скелетонема и цератаулина (*Cerataulina pelagica*), а также характерных для поздневесеннего периода видов рода хетоцерос. В марте с повышением температуры было отмечено значительное разнообразие видов водорослей, и как следствие – увеличение их биомассы в 3 раза. Кормовой фитопланктон представлен видами: *S. costatum*, *P. cordatum*, *P. micans*, *G. wulffii*, *Gyrodinium pingue*, *E. huxleyi*, *Scrippsiella trochoidea*; их численность составляла 50%, а биомасса 15% от суммарных значений.

В акватории б. Ласпи наблюдалось круглогодичное доминирование в планктоне золотистой водоросли эмилиания, что связано с особенностями гидрохимической структуры вод этого региона. При достаточном количестве фосфатов (8-18 мкг/л) и благоприятных световых и температурных условиях этот вид достигает максимального развития. Её высокая численность отмечалась с марта по июнь 2010 г (от 100 до 40 млн. кл/м³), а в марте 2011 г в районе фермы она достигала до 200 млн. кл/м³, что составляло 45% от общей численности фитопланктона.

Динофитовые водоросли в акватории б. Ласпи отличались наибольшим видовым разнообразием (58 видов). Однако значения численности и биомассы были небольшие и изменялись от 0,57 до 41,06 млн. кл/м³, биомасса – от 3,84 до 149,00 мг/м³. Эти водоросли, особенно виды овальной формы и размерами клеток до 50 мкм, были основными в пищевом спектре моллюсков.

Цианобактерии встречались в планктоне круглый год, что может свидетельствовать о высоком содержании в воде растворенного органического вещества (РОВ), либо привнесении этих водорослей с пресными водами. Максимальной численности (70-106 тыс. кл/м³) на поверхности бухты они достигали в апреле-июне 2010 г. Однако эти значения были низкими, чтобы оказывать влияние на развитие других видов водорослей.

Микроводоросли рода *Dinophysis*, продуцирующие токсические соединения (биотоксины), вегетировали в планктоне фермы круглый год, но их численность за весь период исследований не достигала высоких значений (90 кл/л), поэтому они не представляли никакой опасности для потребителей выращиваемых моллюсков.

Исследования содержимого желудков мидий показали, что мидии проявляют избирательность в питании. Наибольшую пищевую ценность для них представляли водоросли овальной и округлой формы, которые имели размер от 5 до 90 мкм и водоросли продолговатой и цилиндрической формы до 300 мкм. Как было указано выше, в течение года на ферме доминировали мелкие жгутиковые водоросли (2-5 мкм), золотистые, мелкоклеточные диатомовые водоросли и динофитовые (до 70 мкм), которые могли заглатываться моллюскам.

Известно, что минимальная концентрация взвешенного органического вещества, позволяющая удовлетворить потребности в питании выращиваемых моллюсков, составляет 170 мг/м³. Численность кормовых видов водорослей на ферме в период исследований не превышала 20%, а в августе и октябре 2010 г. эти значения были ниже 5%, но мидии не голодали, о чём свидетельствовали сроки созревания гонад и нерест мидий. Очевидно, моллюски питались мелкими жгутиковыми водорослями, которые легко и быстро переваривались и усваивались и не могли быть обнаружены в желудках, либо потребляли детрит.

Таким образом, на мидийной ферме в б. Ласпи в осенний и весенний периоды наблюдались максимальные значения суммарной численности и биомассы водорослей, а низкие значения – летом и в начале зимы.

Функциональные характеристики поселений мидий на ферме.

Условия оптимального использования ресурсного потенциала акваторий определяются расчётными методами. На основе количественных оценок физиологических показателей мидий и размерной структуры их поселений на коллекторах фермы рассчитываются показатели всех основных функциональных характеристик морской фермы: скорости фильтрации воды, потребности мидий в корме, образование биоотложений, потребление кислорода, выделение растворённых веществ, содержащих азот и фосфор, образование генеративной продукции.

На втором этапе расчётным путём определяется оптимальное использование ресурсного потенциала: оптимальная производительность мидийной фермы и оптимальное размещение мидийных носителей с учётом наиболее рационального использования ресурсов данной акватории.

Размерно-весовая структура поселений мидий на мидийной ферме, расположенной в бухте Ласпи.

В качестве модельной мидийной фермы, предназначенной для расчётов балансов между морской фермой и окружающей средой, нами взята ферма, несущая 100 т мидий. Мидии разделены на весовые и размерные группы. В таблицах 24 и 25 представлена размерно-весовая структура поселений мидий на всём коллекторе.

Таблица 24. Размерная структура мидий на одном коллекторе

Разм. группа, мм	март				октябрь			
	числен., экз.	%	вес сырой, г	%	числен., экз.	%	вес сырой, г	%
11-20	260	9,6	114	0,8	835	30	367	6
21-30	540	20	977	7,2	1470	53	2661	45
31-40	1120	41,5	4861	36	270	10	1172	20
41-50	600	22,2	5010	37	145	5	1211	21
51-60	180	6,7	2531	19	35	2	492	8
Итого:	2700	100	13494	100	2755	100	5903	100

Таблица 25. Размерная структура мидий на одном коллекторе в июне

Размерная группа, мм	Численность		Вес	
	экз.	%	г	%
1-5	2503	76	8,26	3,6
6-10	383	12	27,19	11,7
11-20	370	11	162,80	70,0
21-30	19	1	34,40	14,7
Итого:	3275	100	232,65	100

На основании размерно-весовой структуры поселений мидий, расчётным методом определена численность всех размерных групп мидий модельной фермы (табл. 26).

Как следует из таблицы 26, размерный состав и общее количество мидий 100 т фермы изменяются в зависимости от сезона в широких пределах, поэтому и функциональные характеристики поселений мидий одной фермы должны сильно различаться в разные сезоны.

Таблица 26. Сезонная численность мидий разных размерных групп на 100-тонной ферме

№	Разм. групп., мм	Об-щий вес особи, г	Месяцы			
			февраль	март	июнь	октябрь
			количество, экз.			
1	1-5	0,01	0	0	360000000	0
2	6-10	0,07	0	0	167143000	0
3	11-20	0,44	454545	1818181	159011000	13636363
4	21-30	1,81	1657459	3977900	8121547	24861878
5	31-40	4,34	460830	8294931	0	4608295
6	41-50	8,35	838323	4431137	0	2514970
7	51-60	14,1	768136	1351351	0	568990
8	61-70	21,7	3546753	0	0	0
9	Итого:		7726046	19873500	694275547	46190496

Решение оптимального размещения ферм на акватории также будет зависеть от сезона, для которого выполнены расчёты.

Фильтрация воды мидиями.

В расчётах данного исследования используются индивидуальные функциональные характеристики мидий, опубликованные нами ранее. По уравнениям рассчитаны индивидуальные скорости фильтрации воды мидиями различных размерных групп в разные сезоны года (табл. 27).

Таблица 27. Скорости фильтрации воды мидиями, л/экз.·час

Размерная группа, мм	Февраль	Март	Июнь	Октябрь
5-10	0,124	0,062	0,062	0,158
11-20	0,284	0,144	0,149	0,332

Продолжение таблицы 27

21-30	0,554	0,285	0,304	0,603
31-40	0,835	0,433	0,471	0,871
41-50	1,137	0,593	0,653	1,147
51-60	1,453	0,761	0,848	1,427
61-70	1,781	0,938	1,053	1,712

Данные таблиц 26 и 27 позволяют рассчитать скорости фильтрации воды мидиями 100-тонной фермы, м³/сут. (табл. 28).

Таблица 28. Скорости фильтрации воды мидиями модельной фермы, м³/сут.

Размерная группа, мм	Февраль	Март	Июнь	Октябрь
5-10	0	0	421509*	0
11-20	3098	6284	568623	108655
21-30	22037	27209	59254	359801
31-40	9235	86201	0	96332
41-50	22876	63064	0	69232
51-60	26786	24681	0	19487
61-70	151602	0	0	0
Итого, F _ф	235634	207429	1049386	584275
F _ф / V _ф	2,18	1,92	9,72	5,41
V _{крит-течения} , м/с	0,01	0,01	0,04	0,02

Примечание: * – здесь учтены мидии двух размерных групп: 1-5 и 6-10 мм

Оценку роли фильтрации воды мидиями выполняли, сравнивая объём воды, занимаемый фермой, с объёмом воды, фильтруемым мидиями фермы в течение суток. В данной модельной ферме в

качестве мидийных носителей используются штормоустойчивые носители полупогружного типа с несущей способностью 10 т мидий.

Ферма состоит из 10 носителей длиной по 100 м, расстояние между носителями 20 м, следовательно, ферма занимает площадь $100 \text{ м} \times (20 \text{ м} \times 9) = 18\,000 \text{ м}^2$. Длина коллектора равна 6 м; объём, занимаемый фермой равен:

$$V_{\text{ф}} = 18\,000 \times 6 = 108\,000 \text{ м}^3$$

Как следует из таблицы 23, фильтрационная активность фермы достигает максимума ($1049386 \text{ м}^3/\text{сут}$) в июне, после оседания личинок на коллекторы фермы и подрастания молоди. В этот период мидии фермы за сутки профильтровывают объём воды равный 10-ти кратному объёму фермы. Для предотвращения лимитирования питания мидий необходимо, чтобы в сутки через ферму проходил объём воды, превышающий в 2 раза объём, фильтруемый мидиями в течение суток, что составляет 2098772 м^3 . Таким образом, в наиболее напряжённый период работы фермы за сутки должен пройти поток длиной: $2098772 \text{ м}^3 : 600 \text{ м}^2 = 3498 \text{ м}$, что соответствует скорости течения $145,8 \text{ м/ч}$, или $0,04 \text{ м/с}$. В остальные периоды требования к скорости течения менее жёсткие (см. нижнюю строку таблицы 28, где приведены нижние значения скорости течения воды через ферму). Скорости течения в прибрежной зоне Крыма варьируют в пределах $0,01\text{-}0,4 \text{ м/с}$, что позволяет размещать фермы вдоль берега длиной до 200 м.

При постановке ферм большей производительности, необходимо разбить их на участки длиной по 200 м с промежутками между ними в 200 м.

Потребление корма.

Исследование спектра питания и потребление корма мидиями в б. Ласпи выполнено нами и другими сотрудниками ИМБИ ранее. По результатам этих исследований мы рассчитали скорости потребления корма мидиями различных размерных групп в разные сезоны года (табл. 29).

С учётом данных таблиц 26 и 29, а также соотношения сухого и сырого веса корма определяются суточные потребности поселения мидий на ферме (табл. 30).

Таблица 29. Скорость потребления корма мидиями, мг/сут·экз.

Размерная группа, мм	Общий сырой вес мидии, г	Скорость потребления корма мидиями, мг/сут·экз.			
		Февраль	Март	Июнь	Октябрь
1-5	0,01	–	–	0,0158	–
6-10	0,07	0,0598	–	0,0706	–
11-20	0,44	0,2914	0,2500	0,3486	0,4335
21-30	1,81	0,5292	0,5110	0,5316	0,7918
31-40	4,34	0,9382	0,8330	–	1,1936
41-50	8,35	1,3500	1,3083	–	1,6345
51-60	14,06	2,1124	1,9000	–	2,1714
61-70	21,71	3,8623	–	–	–

Таблица 30. Суточные потребности в корме (П) мидиями 100 т фермы и реальное количество корма (Р), поступившее с фитопланктоном (сырой вес корма, г)

Разм. группа, мм	Февраль		Март		Июнь		Октябрь	
	П	Р	П	Р	П	Р	П	Р
1-5	0	0	0	0	37938	0	0	0
6-10	0	0	0	0	78707	73975*	0	0
11-20	834	195	3031	1850	369726	99789	39428	2100
21-30	5850	1388	13557	8010	28797	10398	131303	6955
31-40	2883	581	46087	25377	0	0	36688	1862
41-50	7548	1441	38717	18566	0	0	27418	1338
51-60	10822	1687	17125	7266	0	0	8240	376
61-70	91315	9550	0	0	0	0	0	0
Итого:	11925	14845	118520	61070	515169	184100	243078	12632
Дисбаланс	минус 104410	88%	минус 57451	48%	минус 331070	64%	минус 230446	95%

Примечание: * – данная цифра соответствует суммарному потреблению корма мидиями размером 1-10 мм.

Как следует из таблицы 30, профильтрованный мидиями фитопланктон не покрывает пищевые потребности мидий. Дисбаланс, или разность между потребностью в корме и количеством потреблённого фитопланктона, достигает максимума в октябре, что составляет 95% от потребности мидий в корме. По-видимому, недостаток корма покрывается за счёт детрита. Действительно, детрит и инфузории встречаются во всех пробах воды.

В желудках мидий также обнаруживается детрит, инфузории, фрагменты тел зоопланктонных организмов.

Не существует единого мнения относительно значения детрита в питании мидий: по мнению одних исследователей детрит – это основной компонент спектра питания мидий, по мнению других – детрит является только дополнительным источником питания.

Очевидно, спектр питания мидий зависит от состояния кормовой базы акватории: в высокопродуктивных водах мидии питаются преимущественно фитопланктоном, а в бедных – детритом. Разделив суммарные потребности мидий в корме (по месяцам) на соответствующие скорости фильтрации (данные таблиц 28 и 30), найдём минимальные значения концентраций корма в воде, обеспечивающие пищевые потребности мидий (мг/м^3 сырого веса корма): февраль – 506; март – 571; июнь – 491; октябрь – 416.

Такие биомассы фитопланктона отмечались нами ранее только в периоды весенних вспышек, когда мидии могли полностью удовлетворять свои потребности за счёт фитопланктона.

Образование биоотложений.

Усвояемость корма мидиями в среднем составляет 75%, а 25% потреблённого, но неусвоенного корма, в виде фекалий, переносится течением и оседает на дно, образуя биоотложения. Нами определены скорости оседания фекалий на 1 м^2 дна под фермой, площадь которой равна 18000 м^2 (табл. 31).

Таким образом, на квадратный метр дна под фермой ежедневно поступают фекалии с интенсивностью $1,6-7,2\text{ г/м}^2\cdot\text{сут}$. Они минерализуются сестонофагами, например анадарой. Такого количества корма хватит для обеспечения пищевых потребностей 300-1200 экз. взрослых особей, населяющих 1 м^2 дна.

Таблица 31. Интенсивность осаждения фекалий поселением мидий на 100 т ферме (сырая масса)

№	Наименование	Февраль	Март	Июнь	Октябрь
1	Образование биоотложений, г/сут	29814	29630	128793	60769
2	Интенсивность осаждения, г/м ² ·сут	1,66	1,65	7,16	3,38

Но если плотность размещения мидий будет слишком высока, тогда на дне начнёт скапливаться мидийный ил, который называется «биоотложениями». Иногда толщина биоотложений измеряется метрами и может представлять потенциальную угрозу для ближайших пляжей, которые могут загрязняться илом во время штормов. Однако мидийный ил можно рассматривать и в качестве ценного ресурса. В США вдоль берегов Нью-Джерси и Лонг Исланда его залежи добываются фермерами и используются в качестве удобрения. В районе острова Принца Эдварда толщина мидийного ила колеблется от 1,5 до 7,5 м. Его добывают с помощью драг, установленных на плотках. Поднятый ил содержит органические вещества, известь, фосфаты и калий и используется для удобрения кислых и истощённых почв.

Морские фермеры, поднимающие из воды коллектора и рукава с мидиями, либо садки с устрицами, вынуждены отмывать моллюсков и оборудование от серого ила, образованного в результате жизнедеятельности моллюсков. Если фермер сможет технически организовать сбор этого ила, например, в отстойнике – в этом случае, фермер сможет производить дополнительную продукцию (удобрение) и, при этом, не будет ухудшаться прозрачность морской воды.

Потребление кислорода.

Скорости потребления кислорода мидиями (табл. 32) рассчитаны по уравнениям, опубликованным разными исследователями.

Таблица 32. Скорость потребления кислорода мидиями, мл/сут·экз.

Размерная группа, мм	Общий сырой вес мидии, г	Февраль	Март	Июнь	Октябрь
1-5	0,01	0,048	0,062	0,036	0,073
6-10	0,07	0,183	0,289	0,120	0,300
11-20	0,44	0,786	1,234	0,433	1,138
21-30	1,81	2,432	3,756	1,163	3,173
31-40	4,34	4,553	7,489	2,143	5,983
41-50	8,35	8,121	12,550	3,385	9,606
51-60	14,06	11,254	18,932	4,873	14,028
61-70	21,71	18,615	26,672	6,602	19,222

Потребление кислорода мидиями, выращиваемыми на ферме, рассчитано с учётом размерного состава поселений мидий и их численности (табл. 33).

Таблица 33. Потребление кислорода мидиями, модельной фермы, м³/сут

Размерная группа, мм	Февраль	Март	Июнь	Октябрь
5-10	0	0	33,017	0
11-20	0	2,244	68,852	15,518
21-30	4,031	14,941	9,445	78,887
31-40	2,098	62,121	0	27,571
41-50	6,808	55,611	0	24,16
51-60	8,645	25,584	0	7,982
61-70	66,023	0	0	0
Итого:	87,61	160,50	111,31	154,12

Таким образом, мидии 100 т фермы потребляют в сутки 87-150 м³ кислорода, что составляет 3,3-9,7% количества кислорода, содержащегося в профильтрованной воде. Поэтому кислород не является ресурсом, лимитирующим рост мидий, а морская ферма не оказывает существенного влияния на концентрацию кислорода в воде.

Выделение азот и фосфорсодержащих растворённых соединений.

Результаты экспериментальных исследований дают возможность рассчитать валовые скорости выделения мидиями азот- и фосфорсодержащих растворённых соединений (табл. 34), а также определить массы этих соединений, выделяемых мидиями всей фермы (табл. 35).

Таблица 34. Скорость выделения мидиями аммонийного азота и фосфатов, мкг/сут·экз.

Разм. группа, мм	Сыр. вес мидии, г	Апрель		Июль		Август		Ноябрь	
		NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻
1-5	0,01	0,48	0,12	0,48	0,07	0,91	0,13	0,67	0,13
6-10	0,07	3,02	0,74	3,02	0,45	6,22	0,81	4,54	0,81
11-20	0,44	14,78	4,22	14,78	2,53	38,02	4,33	26,4	4,33
21-30	1,81	52,13	15,20	43,44	8,69	112,9	13,90	86,9	13,90
31-40	4,34	93,74	31,25	78,12	18,75	208,3	28,12	177,1	28,12
41-50	8,35	120,2	52,10	100,2	30,06	300,6	46,09	260,5	46,09
51-60	14,06	135,0	74,2	104,6	40,5	327,3	60,74	404,9	60,7

Таблица 35. Выделение модельной фермой аммонийного азота и фосфатов, г·сут⁻¹

Размерная группа, мм	Апрель		Июль		Ноябрь	
	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻
1-5	0	0	172,8	25,2	0	0
6-10	0	0	504,8	75,2	0	0

Продолжение таблицы 35

11-20	26,5	7,6	2350,0	402,3	360,0	59,0
21-30	207,5	60,5	352,7	70,0	2159,8	345,6
31-40	777,7	259,3	0	0	815,9	129,6
41-50	532,7	230,8	0	0	655,2	115,9
51-60	182,4	100,3	0	0	230,8	34,6
61-70	0	0	0	0	0	0
Итого:	1726,8	658,5	3380,3	572,7	4221,7	684,7

Таким образом, мидии фермы выделяют в сутки 1,7-4,2 кг аммонийного азота и 0,5-0,7 кг фосфатов. При этом концентрация этих соединений в морской воде возрастает:

- в апреле на 8,3 мкг/л NH_4^+ и 3,2 мкг/л H_2PO_4^-
- в июле на 3,2 мкг/л NH_4^+ и 0,5 мкг/л H_2PO_4^-
- в ноябре на 7,2 мкг/л NH_4^+ и 1,2 мкг/л H_2PO_4^- ,

что составляет в среднем 25% от концентрации этих соединений в морской воде.

Влияние модельной фермы на репродукционный потенциал.

В данном разделе представлен расчёт баланса количества личинок мидий, оседающих в течение года на коллекторы фермы и личинок, производимых мидиями фермы.

По нашим наблюдениям, сроки массового оседания личинок и интенсивность их оседания на коллекторах варьируют в разные годы в широких пределах. В настоящем исследовании взяты средние многолетние значения: для весеннего оседания – 8 тыс. экз. на погонный метр коллектора, а для осеннего – 1230 экз., что составляет за год 9230 экз. на погонный метр. На модельной ферме установлено 2000 коллекторов, длиной по шесть метров, поэтому общее количество личинок, осевших в течение года на коллекторах фермы:

$$9230 \times 6 \times 2000 = 110760000 \text{ экз.}$$

Следовательно, ежегодно на коллекторы фермы оседает 10760000 личинок из планктона.

Вторая статья баланса – количество личинок, производимое в течение года половозрелыми мидиями, выращиваемыми на ферме (длина >20 мм). Расчёт выполнен с учётом половой структуры поселений мидий, а также плодовитости мидий разного размера, что было нами выполнено ранее. Уточним, что индивидуальная

плодовитость мидий – это количество яйцеклеток, выметанное одной самкой в период нереста. Соотношение самцы:самки осенью составляло 1:1, а в период весеннего нереста преобладали самцы 1:0,7. Данные расчёта суммарной плодовитости мидий фермы приведены в таблице 36.

Как показывают расчёты, весной и осенью мидии фермы производят примерно одинаковые количества яйцеклеток, а годовое производство яйцеклеток составляет 7293476 млн. Это количество в 66300 раз превышает количество личинок, осевших на коллекторы. Если предположить, что выживаемость личинок в природе составляет 1%, то получим, что производство фермой мидийной молоди превышает их изъятие в 663 раза.

Таблица 36. Расчёт количества яйцеклеток, выметанных в течение года мидиями 100 т фермы

Раз- мерная группа, мм	Плодо- витость, яйце- клеток, шт.	Весна		Осень	
		Коли- чество самок, экз.	Коли- чество яйце- клеток, млн.	Коли- чество самок, экз.	Коли- чество яйце- клеток, млн.
21-30	150000	1630939	244641	12430939	1864641
31-40	360000	3400922	1 224332	2304148	829493
41-50	500000	1816766	908383	1257485	628743
51-60	1900000	554054	1052702	284495	540541
61-70	2500000	0	0	0	0
Итого:			3430058		3863418

Таким образом, мидийная ферма не обедняет, а пополняет репродукционный потенциал прибрежной зоны.

Определение условий оптимального использования ресурсного потенциала.

Организации масштабного выращивания мидий и других гидробионтов нуждается в предварительной оценке потенциальных

возможностей акваторий в отношении объёмов выращивания выбранных объектов, а также в отношении плотности размещения технических средств выращивания. Прежде всего, планируемая производительность морской фермы не должна превышать трофическую ёмкость (кормовые возможности) акватории. Трофическая ёмкость позволяет рассчитать максимальную биомассу мидий, пищевые потребности, которых могут быть удовлетворены за счёт кормовой базы данной акватории. Годовая продукция мидиеводства, на некоторой акватории, описывается уравнением Бергаланфи:

$$P = P_{\max}(1 - e^{-kb}),$$

где: P – годовая производительность марихозяйства;

P_{\max} – трофическая ёмкость данной акватории;

b – масса мидий, размещённых на ферме;

k – безразмерный коэффициент ($k < 1$);

e – основание натурального логарифма (2,718).

Из уравнения следует, что чем больше биомасса мидий на ферме, тем менее эффективным становится выращивание из-за замедления скорости роста моллюсков при лимитировании роста кормом. Например, установлено, что для бассейна Марен-Олерон (западное побережье Франции) трофическая ёмкость при выращивании гигантской устрицы *C. gigas* составляет $P_{\max} = 4245$ т и этот потолок достигается при выращиваемой биомассе $b = 80000$ т ($k = 0,0288$). Дальнейшее увеличение массы выращиваемых устриц не приводит к росту производительности устрицеводства. Имеющиеся в нашем распоряжении технические возможности, не позволяют получить полную оценку трофической ёмкости б. Ласпи. Однако полученные нами данные достаточны для выполнения ориентировочных расчётов возможной суммарной производительности мидийных ферм, расположенных на данной акватории. Исходные данные для дальнейших расчётов приведены в таблице 37 и на рисунке 84.

Кормовую базу мидий формирует взвешенное органическое вещество (ВОВ), в которое входит фитопланктон, мелкий зоопланктон, бактериопланктон, и взвешенное органическое вещество с населяющей его микрофлорой.

Таблица 37. Сводная таблица функциональных характеристик мидийной фермы, производительностью 100 т мидий (объем фермы 108000 м³)

Ме- сяц	Коли- чество мидий, тыс. экз.	Потребление				Выделение			
		Фильт- рация, м ³ /сут	Корм сы- рой, кг/сут	O ₂ , м ³ /сут	Осе- дание личи- нок, млн. экз./Г	Фека- лии, г/сут	NH ₄ ⁺ г/сут	H ₂ PO ₄ ⁻ г/сут.	Вы- мет яйце- клет., млрд. шт./Г
II	7726	235634	119	88	–	30	–		–
III	19873	207429	118	160	–	30	1726	658	–
IV	694275	1049386	515	111	–	129	3380	572	–
X	46190	584275	243	154	110760	61	4221	684	7293

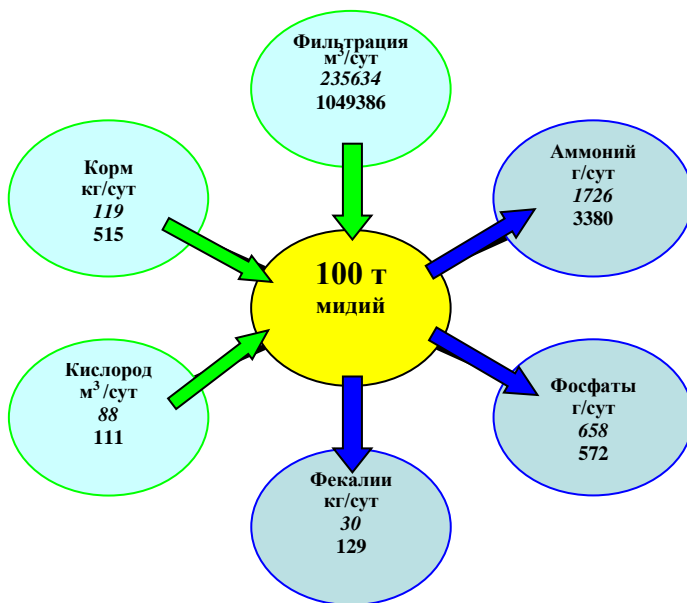


Рис. 84. Влияние мидийной фермы на окружающую среду (зимой – верхние цифры; летом – нижние цифры).

Суммарную концентрацию ВОВ можно рассчитать по концентрации взвешенного органического углерода $C_{\text{ВОВ}}$. Для определения трофической ёмкости акватории требуются также данные по направлениям и скоростям течений в исследуемой акватории. Пищевые потребности, выращиваемых моллюсков на ферме, должны удовлетворяться за счёт 50% ВОВ, поступающих на ферму. В этом случае не будет происходить ингибирование роста мидий недостатком корма [Masson, 1972].

Для проверки этого условия мы использовали объёмную скорость потребления корма R_{ob} , численно равную количеству корма, потребляемого мидиями в течение суток в 1 м^3 фермы, т.е.:

$R_{ob} = R_f/V_f$. В феврале – $R_{ob} = 119000/108000 = 1,102$; в марте – $R_{ob} = 1,102$; в июне – $R_{ob} = 4,769$; в октябре – $R_{ob} = 2,250 \text{ г/м}^3 \cdot \text{сут}$. Эта величина используется в дальнейших расчётах.

Концентрация корма на ферме формируется под воздействием двух одновременно протекающих процессов: потребления корма мидиями и поступления свежего корма с течением воды. Уменьшение концентрации корма за счёт его потребления мидиями можно описать уравнением:

$$\frac{dC}{Cdt} = -\frac{R_{ob}}{C_0} \quad (2.1)$$

где: C – концентрация корма, г/м^3 ;

t – время, сутки;

R_{ob} – объёмная скорость потребления сырого корма, $\text{г/м}^3 \text{ сут}$.

Решение уравнения (2.1) имеет вид:

$$C_t = C_0 e^{-\frac{R_{ob}t}{C_0}} \quad (2.2)$$

где C_t – конечная концентрация корма;

C_0 – начальная концентрация корма.

Уравнение (2.2) отражает тенденцию понижения концентрации корма в неподвижной воде. Убыль корма в воде должна восполняться поступлением корма с течением воды, имеющим скорость V , м/сут . Время пребывания поступившей на ферму воды:

$t = L/V$, где $L, м$ – длина фермы, измеренная вдоль течения. Подставив в уравнение (2.2) вместо времени его значение: $t = L/V$, получим:

$$C_t = C_0 e^{-Rob \frac{L}{VC_0}} \quad (2.3)$$

Из уравнения (2.3) можно вывести формулы для расчёта допустимой длины фермы L , а также минимальной скорости течения – V , объёмной скорости потребления корма мидиями – Rob , требуемой концентрации корма в морской воде, проходящей через ферму – C_0 .

$$L = \frac{(\ln C_0 - \ln C_t)VC_0}{Rob} \quad (2.4)$$

$$V = \frac{RobL}{(\ln C_0 - \ln C_t)C_0} \quad (2.5)$$

$$Rob = \frac{(\ln C_0 - \ln C_t)VC_0}{L} \quad (2.6)$$

$$C_0 = \frac{RobL}{(\ln C_0 - \ln C_t)V} \quad (2.7)$$

На основании приведенных формул можно оптимизировать использование кормовой базы мидий путём рационального расположения мидийных ферм на акватории, а также оптимизации их структуры (размер фермы и плотность размещения мидийных коллекторов). Для выполнения оптимизации необходимо определить концентрации корма, которые должны быть не ниже значений, позволяющих мидиям удовлетворять свои пищевые потребности. По нашим расчётам, минимальные концентрации корма для разных сезонов должны иметь следующие значения: февраль – $C_t = 0,506$ г/м³ (сырой вес корма); март – $C_t = 0,571$; июнь – $C_t = 0,491$; октябрь – $C_t = 0,416$.

Максимально допустимая длина мидийной фермы заданной производительности определяется трофической ёмкостью акватории, которая, в свою очередь, формируется концентрацией корма и скоростью течения воды (рис. 85 цветной вкладыш, стр. 493).

Таким образом, организации мидийных ферм должны предшествовать тщательные исследования кормовой базы, направлений и скоростей доминирующих течений, т.к. именно эти факторы определяют размеры проектируемых ферм.

Выводы.

1. По результатам экспериментальных и полевых исследований, проведенных на модельной акватории (бухта Ласпи, ЮБК), определены функциональные характеристики мидийной фермы и выведены уравнения, определяющие условия оптимального использования ресурсного потенциала (трофической ёмкости среды) для организации мидиеводства.

2. Изучена сезонная динамика кормовой базы, размерного состава и половой структуры поселений мидий на коллекторах фермы, а также репродуктивный цикл выращиваемых мидий. За период исследования установлено, что максимальные значения биомассы фитопланктона достигаются в июне, а минимальные в – октябре и январе. Очевидно, недостаток корма и низкая температура воды в этот период являются причиной замедления роста мидий.

3. Получены следующие оценки влияния модельной мидийной фермы на природные ресурсы акватории:

- объём воды, профильтрованный мидиями в течение суток, превышает объём фермы в 2-10 раз в разные сезоны года, поэтому в критический сезон (в июне) скорость течения воды через ферму должна быть не менее 4 см/с;
- пищевые потребности выращиваемых мидий не покрываются имеющимся фитопланктоном, дефицит корма в разные сезоны составляет от 48 до 95%. Недостаточное количество фитопланктона, по-видимому, восполняется детритом;
- неусвоенный мидиями корм поступает на дно с интенсивностью 1,6-7,2 г/м²·сут.
- мидии фермы потребляют всего 3,3-9,7% кислорода, растворённого в морской воде, поэтому O₂ не может лимитировать рост мидий;

- выделяемые мидиями азот- и фосфорсодержащие растворённые соединения повышают природный фон этих соединений в среднем на 25%;
- плодовитость самок мидий на ферме превышает в 663 раза количество личинок, осевших на коллекторы из планктона.

4. Исследованы аллометрические соотношения размерных и весовых характеристик мидий. Показано, что они зависят от сезона и размерного состава поселений мидий на коллекторах фермы.

Глава 3

УСТРИЦЕВОДСТВО

Посвящается светлой памяти Дмитрия Евгеньевича Шинявского, предпринимателя, организатора и энтузиаста марикультуры, оказавшего идейную и финансовую поддержку в создании устричного питомника в ИМБИ.

3.1. Технология выращивания устриц в полноциклических хозяйствах

К настоящему времени коммерческое устрицеводство на Чёрном море всё ещё практически отсутствует. Экспериментальное выращивание устриц осуществляется в Севастополе: ИМБИ совместно с ООО «НИО Марикультура»; на ЮБК, пос. Кацивели: ООО «ЯХОНТ ЛТД»; на кавказском побережье, Большой Утриш: НЭКМ (Научно – экспериментальный комплекс марикультуры), а также морским хозяйством в р-не Сочи.

Современное население даже приморских городов не знает о былом развитии устрицеводства на Чёрном море. Потребление устриц народами, населяющими Крым и северо-западную часть черноморского бассейна, прослеживается (по раскопкам) уже с античных времён. В последние 200 лет черноморские устрицы *Ostrea edulis* продолжительное время активно потреблялись только жителями приморских городов. Но с постройкой Лозово-Севастопольской железной дороги в конце 70-х годов 19 века, связавшей Крым с центральной Россией, стали вывозить живых устриц в крупные города России и в Европу.

Взросший спрос на устриц повысил цены, что существенно сказалось на расширении промысла. Ежегодно в конце 19 века - в начале 20 ст. у берегов Крыма и Кавказа добывалось около 11-12 млн. экз. устриц. Проводимый интенсивный промысел в короткое время привел к обеднению устричных банок, что и послужило причиной организации устрицеводства, получившего к тому времени распространение во Франции. Предприниматель г-н Штоль, занимавшийся экспортом устриц из г. Севастополя в центр России, в 1881 г. в Южной бухте организовал первое садковое хозяйство для выращивания устриц. В 1884 г. В.А. Штолю было разрешено создать в балке Голландия (г. Севастополь) устричный завод. В 1885 г. на

очищенное морское дно было положено 30 тыс. устриц и ко времени размножения помещены коллекторы для сбора молодежи – фашины (связки прутьев). Опыт прошёл успешно: на коллекторах прикрепились 800 тыс. молодых устриц, размером с двухкопеечную монету. Хотя при сильном шторме устрицы были потеряны, тем не менее, возможность сбора молодежи устриц в естественных условиях была доказана.

В 1894 г. по инициативе В.А. Штоля, было организовано единственное в России полуциклическое устричное хозяйство, называемое «Первое Русское товарищество устрицеводства на Чёрном море». На заводах товарищества спат устриц, собранный на естественных банках, подращивали в лотках и в садках до товарного размера. В отдельные годы вывоз устриц из Севастополя составлял 150 т. Устриц охотно раскупали и за рубежом. Заводы в Севастополе успешно функционировали до 1-ой Мировой войны.

В период 1-ой Мировой войны устрицеводство пришло в упадок, а в последующие годы было полностью ликвидировано. Попытка возрождения устрицеводства была предпринята в 60-е годы, когда было решено организовать в Егорлыцком заливе (Николаевская обл.) Егорлыцкое опытно-промышленное устричное хозяйство (ЕОПУХ). К сожалению, строительство устричного завода совпало со временем массового распространения раковинной болезни устриц, приведшей к их гибели и, поэтому, к невозможности организации устрицеводства. Отмечалось, что устричные банки в Чёрном море сильно пострадали от переэксплуатации ещё в 20-е и 30-е годы прошлого столетия. Затем деградация банок усилилась за счёт хищничества, производимого вселенцем – брюхоногим моллюском рапаной, который широко распространился в 50-е и 60-е годы, а довершила разрушение устричных запасов в 60-е и особенно в 70-е годы – раковинная болезнь, вызванная морским микрогрибом *Ostracoblabe implexa*. В настоящее время черноморская устрица *O. edulis*, отличающаяся отличными вкусовыми качествами, полностью исчезла в прибрежной зоне Болгарии, Румынии, в северо-западной части Чёрного моря и изредка встречается у берегов Крыма и Северного Кавказа. Она занесена в Красные Книги Украины и Крыма.

Возникла необходимость в акклиматизации устрицы другого вида, более устойчивого к болезням. Выбор пал на тихоокеанскую устрицу. Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*, которую также называют гигантской, либо японской устрицей является в настоящее время в мировом устрицеводстве основным объектом выращивания. Само же устрицеводство, достигнув производительности 4,7 млн. т в год, стало лидирующей отраслью в марикультуре. Подавляющая часть мирового объёма продукции устриц (более 60%) приходится на тихоокеанскую устрицу. Высокая экологическая и биологическая пластичность, переносимость колебаний солёности и температуры воды (эвригалинность и эвритермность), устойчивость к заболеваниям, хорошие вкусовые качества и высокие темпы роста – вот основные причины интродукции этого вида в различные районы Мирового океана. Изначально эта устрица была распространена в прибрежной зоне Японии, России (Японское море), Кореи и Китая. В этих акваториях устрицы образуют банки до глубин 5-10 м, хотя наиболее плотные поселения встречаются на глубинах 1,5-3 м.

Ранее выращивание этой устрицы практиковалось только в Японии, затем в Корее и Китае. Позже она была завезена в Австралию, Новую Зеландию, Европу, Чили, западное побережье США и Канады.

Первая группа годовиков *C. gigas* была завезена в Чёрное море в апреле 1980 г., а сеголеток – в начале октября 1981 г. (в лагуну у мыса Большой Утриш и в Егорлыцкий залив). Устриц перевозили из Японского моря в изотермических ящиках при температуре 12-15°C. Время транспортировки – 90 часов. В основу интродукции устриц в Чёрное море был взят метод аквакультурной акклиматизации, который заключается в поэтапной акклиматизации устриц с целью их последующего товарного выращивания. Предварительно устрицы прошли карантин в рыбоводных ваннах в проточной морской воде без стока в море. По результатам исследований ЮгНИРО МРХ СССР адаптация тихоокеанской устрицы к условиям Чёрного моря прошла успешно, поэтому *C. gigas* была рекомендована к выращиванию в Чёрном море.

В 1985 г. были доставлены на побережье Северного Кавказа ещё четыре партии устриц различного возраста. В 1989 г. в район Керченского пролива завезли 2000, а в 1990 г. – 4000 экз. устриц. В

1991 г. в Джарылгачский залив и в Керченский пролив доставили соответственно 10 000 и 4000 экз. В 1992 г. часть устриц из Керченского пролива (по 200 экз.) перевезли в озеро Донузлав и в Карадагский заповедник (Карадагское отделение ИнБЮМ НАН Украины). В 1986 и 1992 гг. небольшие партии устриц были перевезены из лагуны у мыса Большой Утриш (Северный Кавказ) в район бухты Ласпи и размещены в экспериментальном хозяйстве ИнБЮМ. Итак, устрицы *C. gigas* были завезены в 12 различных мест, общим количеством 20 000 - 25 000 экз.

В Чёрное море интродуцировали *C. gigas* не только из Дальнего Востока. Имеется сообщение, что в НЭКМ (Большой Утриш) были также доставлены устрицы – производители из атлантического побережья Франции.

Следует отметить, что и в Румынии производились работы по акклиматизации и выращиванию гигантской устрицы.

Подводя итог уже почти 30-ти летнему периоду существования тихоокеанской устрицы в водах Чёрного моря, можно констатировать, что этот вид хорошо адаптировался к новым условиям; признаки массовых заболеваний не отмечались; устрица обладает высоким темпом роста и выживаемостью. Ввиду её малочисленности, разведение *C. gigas* должно проходить через этап питомника.

В настоящее время на Чёрном море используются две технологии выращивания гигантской устрицы: полуцикличная и полноцикличная. Полуцикличная технология основана на подращивании до коммерческого размера спата, купленного в специальных питомниках. Устричное хозяйство, работающее по полноциклической технологии, само производит посадочный материал, который выращивает до товарного размера.

Спат, в относительно небольших количествах (десятки тысяч экз.), можно заказать в ИМБИ РАН., а в больших (сотни тысяч экз.) – в зарубежных питомниках, сведения о которых содержатся в Интернете. Предварительно необходимо удостовериться в том, что питомник-поставщик входит в Реестр РФ предприятий, из которых разрешён импорт продукции. Для закупки спата требуются следующие документы:

1. Контракт на поставку (supply contract) на английском и русском и языках.
2. Накладная (movement document).
3. Ветеринарный сертификат страны экспортёра, составленный на двух языках: страны экспортёра и русском языке (www.vetcontrol.org).
4. Сертификат происхождения.
5. Сертификат качества.
6. Разрешение Росрыболовства + Certificate of specification.
7. Выполнить согласование в представительстве экобезопасности.
8. Согласовать закупку спата в рыбоохране.
9. Иметь предварительную договорённость с таможней.
10. Счёт.
11. Аттестация устричной фермы (покупателя) местной лабораторией ветеринарной медицины.

Ориентировочные цены на спат: 15-20 евро за 1000 экз., задерживаемых сортировальной решёткой с ячейёй 6-10 мм.

Ниже подробно рассматривается полноцикличное выращивание устриц, включающее этап полуцикличного выращивания. Развитие личинок устриц рассмотрено в разделе, описывающем биологию устриц, поэтому в данной главе рассматриваются только технические и технологические аспекты. Приведенная ниже схема даёт общее представление о составных компонентах полноцикличного выращивания (рис. 86).

3.1.1. Получение устричного спата в питомнике

В данном разделе описывается технология получения устричного спата. Однако в конце раздела приведена информация по производству спата мидий. Эта информация изложена сжато, т.к. технология получения мидийного и устричного спата принципиально не различаются.

Процесс выращивания начинается в питомнике – своеобразном «родильном доме» и «детском саде» для устриц. Питомник – это единственное место, где используют выращенные корма (одноклеточные морские водоросли) для кормления личинок,

молоди, а также их родителей, которых в животноводстве принято называть производителями.

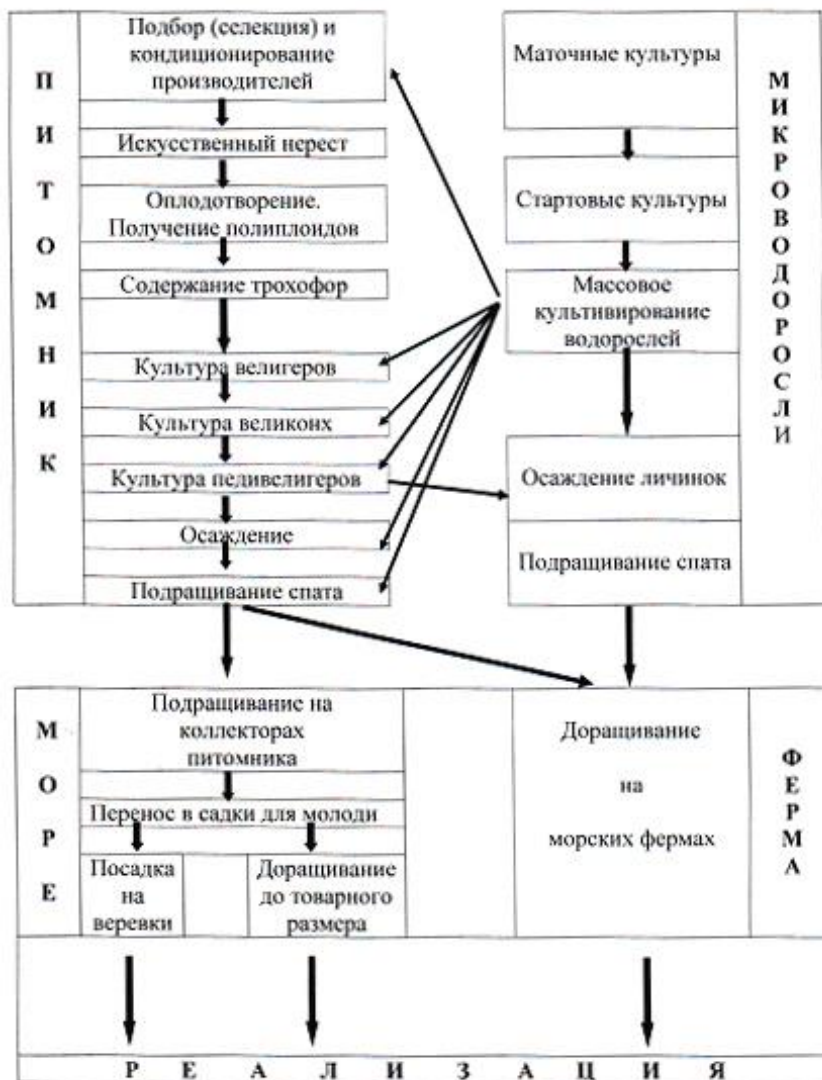


Рис. 86. Схема полноциклического выращивания гигантской устрицы.

Из питомника жизнестойкая молодь (устричный спат) поступает на морские фермы для дорастивания. До 70-х годов прошлого века, устрицеводство было полувладельческим, однако необходимость повышения надёжности функционирования устричных хозяйств вынудила устрицеводов разрабатывать технологию искусственного получения посадочного материала. Первые питомники возникли в Северной Америке (США, Канада), а затем они распространились в Европе. В настоящее время свыше 90% устричных хозяйств США и Канады закупают спат в питомниках. Сбор (каптаж) спата в море не всегда давал хорошие результаты. Урожайные на спат годы перемежались с неурожайными. Кроме этого, спат вместе с громоздкими коллекторами, нередко приходилось перевозить за десятки и сотни километров к местам его дорастивания, что сопровождалось и отходом спата, и распространением возбудителей болезней и других нежелательных переселенцев.

Питомник совершенно необходим для получения посадочного материала при выращивании, как в случае с гигантской устрицей, новых (акклиматизируемых), либо редких видов гидробионтов (водных организмов). Однако и при выращивании массовых видов эксплуатация питомника позволяет:

1. Снизить риск в обеспечении посадочным материалом.
2. Растянуть сезон получения спата и эффективнее использовать морскую ферму. Спат в питомнике при определённых условиях можно получать в любое время года.
3. Проводить селекционные работы, которые можно выполнять, как при подборе производителей, так и при отборе личинок и спата.
4. Получать триплоидный спат, отличающийся от обычного (диплоидного) высоким темпом роста и вкусовыми качествами.

Практически, окончательное принятие решения о проектировании и строительстве питомника возможно только после выполнения ряда предварительных работ, а именно необходимо убедиться, что:

1. Морская вода в районе будущего питомника не содержит в течение всего года загрязнений в концентрациях, превышающих

соответствующим ПДК. Этот пункт исключительно важен, поэтому должны быть выполнены все необходимые гидрохимические анализы, а также желательно проверить качество местной морской воды в опытах на выживаемость и рост личинок устриц и микроводорослей. Необходимо также выяснить возможность получения морской воды из скважины, которая практически не подвержена влиянию несанкционированных выбросов загрязнителей предприятиями и судами.

2. Законодательство, местные административные и контролирующие органы, не запрещают организацию питомника в данном месте. Для получения разрешений потребуется дать прогноз влияния питомника на окружающую среду.

3. На исследуемой акватории имеются здоровые поселения моллюсков, выращивание которых планируется осуществить. В случае интродукции новых видов этот пункт не рассматривается.

4. На выделенной территории имеются все необходимые инфраструктуры (электричество, водопровод, газ, телефон, подъездные пути и т.д.).

5. Можно найти квалифицированных специалистов с редкой профессией для выполнения сезонных работ в данной местности.

6. Имеется возможность организации надёжной охраны.

Питомник желательно располагать не у открытого берега, а на берегу бухты. Это позволит свести к минимуму длину заборной трубы и снизить высоту площадки над морем. Забор воды следует сделать на глубине с минимальными колебаниями температуры и солёности воды. Это может быть глубина 20 м; во всяком случае, ниже термоклина, что необходимо для снижения концентрации планктона и неживой взвеси в воде. Желательно использовать морскую воду для питомника из скважины. Скважинная вода обычно чище, но её необходимо предварительно насыщать кислородом.

Устричный питомник ИМБИ снабжается водой из скважины. Последующая обработка воды (фильтрация, насыщение кислородом и стерилизация) делает её приемлемой для нужд питомника.

Проектирование питомника.

Конструктивные особенности питомника зависят от местных условий, планируемых задач (производство спата только для собственных нужд, или для реализации; сезонная или

круглогодичная работа питомника и т.д.), а также от объёма финансирования для создания питомника.

При разработке конструкции предпочтительно использовать модульный принцип, что позволит в дальнейшем выполнять с минимальными затратами модернизацию, либо расширение питомника.

Лучше иметь переносные баки и ванны, сделанные из пластика, чем работать в стационарных бетонных бассейнах и аквариумах различных размеров. В первом случае возможны модификации участка и даже выполняемых на нём задач, а во втором – жёсткие стабильные структуры сильно затрудняют возможность каких-либо преобразований.

Нелишне напомнить, что возможна эксплуатация и деревянных бассейнов, представляющих собой деревянный короб с внешними рёбрами жёсткости и с внутренним покрытием из стеклопластика. Модульность также заключается в разбивке площади здания питомника на отдельные функциональные блоки (участки). Пол и стены питомника покрываются влагостойкими и легко моющимися материалами, например керамикой.

Следует отметить, что высокоэффективная биотехника производства спата в питомнике разработана нами с учётом опыта мирового устрицеводства; она запатентована и внедрена сотрудниками ИМБИ, двое из которых (кандидаты биологических наук А.В. Пиркова и Л.В. Ладыгина) за эту разработку были награждены золотыми медалями Международной организации интеллектуальной собственности.

Данную методику могут освоить специалисты, имеющие биологическое образование и навыки работ с микрообъектами (микроводорослями, личинками, гаметам и т.д.). Для примера, рассмотрим питомник с годовой производительностью 4 млн. экз. устричного спата в год, в котором – 1,5 млн. экз. производится для собственного выращивания и 2,5 млн. экз. – для поставок в другие устричные хозяйства.

Структура питомника и элементы биотехники получения спата.

Несмотря на внешние различия многочисленных современных питомников, в функциональном отношении все они принципиально

не различаются. Типичный питомник состоит из следующих участков:

1. водоподготовки (морской воды);
2. компрессорного хозяйства;
3. отбора и кондиционирования производителей;
4. искусственного нереста;
5. выращивания личинок;
6. осадения личинок на коллекторы;
7. подращивания молоди (спата);
8. культивирования кормовых одноклеточных водорослей.

Осуществляется кондиционирование и кварцевание воздуха помещений, предназначенных для выращивания личинок и культивирования одноклеточных водорослей.

1. Участок водоподготовки и распределения морской воды (рис. 87).

Оборудование и материалы, соприкасающиеся с морской водой, не должны включать металлические детали. Все металлы и сплавы, за исключением титана и в некоторых случаях чугуна, не должны использоваться в марикультуре.

Токсичными являются и пищевая нержавеющая сталь и пищевой алюминий. Крайне токсичными для личинок и микропланктона является медь и её сплавы: латунь, бронза. С самого начала необходимо обследовать оборудование, особенно насосы, краны, патрубки на наличие металла.

Повторим, что титановые изделия не токсичны, но медь, даже в незначительных количествах, способна уничтожить всех личинок и культивируемые водоросли. Поэтому всё оборудование должно быть изготовлено только из пластмасс (поливинилхлорид, полиэтилен, силикон, стеклопластик и т.д.), стекла, керамики, дерева и в течение двух месяцев промыто морской водой. Возможно ограниченное применение стальных и чугунных изделий, но при условии, что все металлические поверхности будут покрыты слоем пластмассы.

Внутренняя поверхность трубопроводов должна периодически очищаться от оседающих и развивающихся организмов-обрастателей.

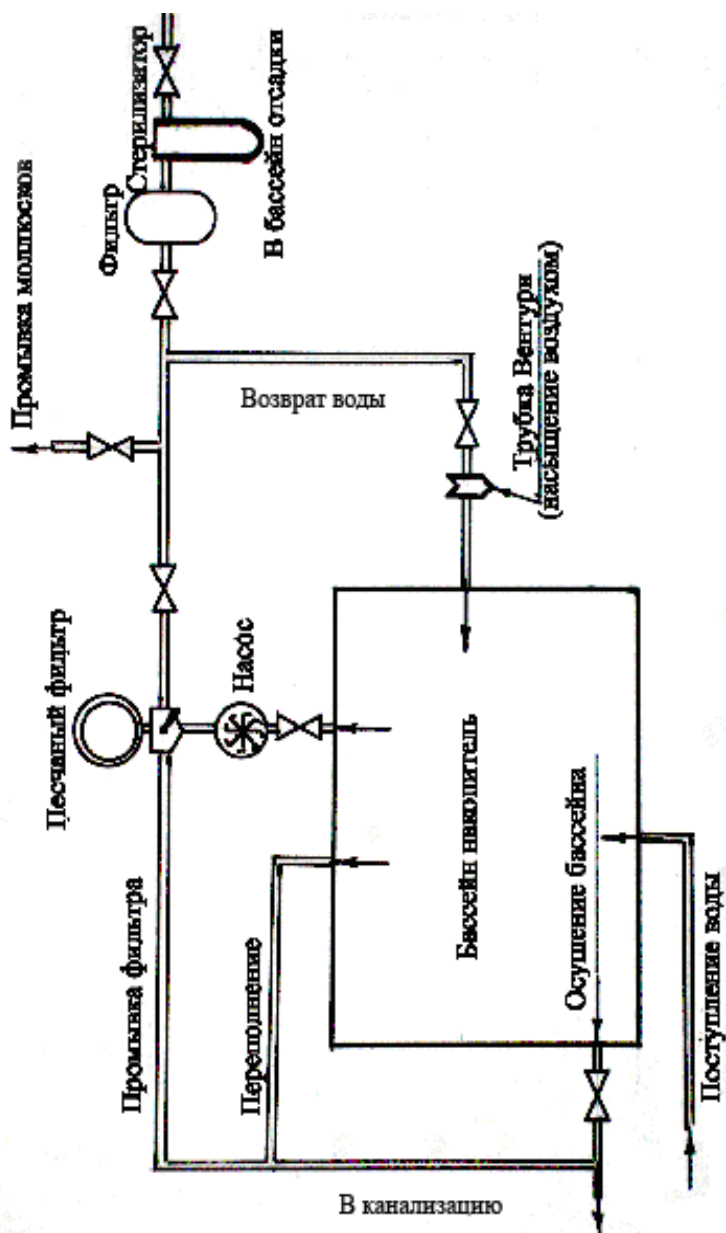


Рис. 87. Участок водоподготовки и распределения морской воды

Поэтому монтаж трубопроводов должен производиться с помощью разборных соединений, а трубопроводы не должны включать слишком длинные участки, которые трудно будет вычистить. Можно продублировать трубопроводы, что позволит проводить их ремонт и чистку без остановки технологического процесса.

Водоподготовка включает следующие операции (с учётом принятой выше производительности питомника):

- забор морской воды погружным насосом, производительностью 10 м³/ч;
- подача воды в накопительный бассейн объёмом 50 м³;
- предварительное аэрирование воды в накопительном бассейне;
- предварительная очистка воды фильтрационной установкой (песчаный фильтр и центробежный насос), производительностью 10 м³/ч;
- подача воды, прошедшей предварительную очистку, на участки кондиционирования производителей и подращивания спата;
- дальнейшая фильтрация воды через фильтры-картриджи с конечным размером пор 1 мкм в объёме 10 м³ в сутки. Подача этой воды на участки выращивания и осаднения личинок;
- тонкая фильтрация воды через бактериальный фильтр (размер пор 0,22 мкм), стерилизация фильтрованной воды проточным ультрафиолетовым стерилизатором и подача её на участок кормовых водорослей (1,5 м³/сут.).

2. Компрессорное хозяйство.

Данный участок состоит из двух воздуходувок производительностью 90 м³/ч каждая, давление 300 мбар (0,3 атм.) и системы трубопроводов, подающих воздух в ёмкости с производителями, личинками, спатом, кормовыми водорослями, а также в накопительный бассейн. Воздух, поступающий в культуры водорослей, проходит через бактерицидный фильтр.

3. Отбор и кондиционирование производителей.

Устрицеводы, а также исследователи, изучающие биологию моллюсков, иногда обходятся без этапа кондиционирования и начинают работы сразу с проведения искусственного нереста. Для этой цели берут моллюсков из моря с уже сформировавшимися гаметами. В районе Севастополя начало нерестового периода обычно приходится на 20-22 июня. Однако в промышленном питомнике, с круглогодичным получением спата, обязательно должен реализовываться этап кондиционирования производителей, что при соблюдении оптимальных условий их содержания является залогом получения качественных гамет и, следовательно, жизнестойкой молоди. Температура воды, в которой содержатся устрицы-производители, должна находиться в пределах 16-17°C, которая является достаточной для созревания гонад, но низкой для начала нереста.

Если в проектируемом питомнике предусматривается производство спата в течение года, то в этом случае для производителей выделяется отдельный изолированный участок с регулируемой температурой воды и продолжительностью светового периода. При производстве спата только в летний период, временный участок кондиционирования можно разместить в помещении для выращивания личинок.

Производителей отбирают в зависимости от размера, формы, внешних показателей их состояния и скорости роста. Маточное стадо формируют из устриц разных поселений. Возраст производителей находится в пределах 1-4 года, что обеспечивает баланс полов (среди устриц старших возрастов чаще встречаются самки). Часть производителей берут из собственного маточного стада, а часть из природных банок, что увеличивает генетическое разнообразие будущего поколения. Во французских питомниках устриц для маточного стада отбирают из различных мест побережья Франции. Проводится групповое скрещивание производителей (15-20 экз.) возраста 2-4 года. Общий принцип оплодотворения: выполнение скрещивания между устрицами маточного стада питомника и устрицами, которых ежегодно отбирают из природных поселений. Общее количество производителей должно быть не менее 100 экз.

Производители, участвующие в нересте, не должны использоваться в последующие годы. Содержащееся на ферме маточное стадо должно регулярно обновляться за счёт доставки устриц из других регионов (России, стран Черноморского бассейна, Франции и т.д.), что необходимо для предотвращения близкородственного скрещивания (инбридинга). Перед нерестом производителей сортируют по размерам и форме раковины.

Отобранных для нереста производителей очищают от грязи и особенно от организмов-обратателей, которые могут в дальнейшем погубить всю работу. Кондиционирование производителей проводят в протоке фильтрованной воды при обильном поступлении корма (одноклеточных водорослей), лучше всего *Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Phaeodactylum*. Освещение боковое, неяркое; производителей нельзя тревожить.

Аквариум для кондиционирования должен быть неглубоким, удлинённой формы (лоток). Объём воды в аквариуме с 50 производителями должен быть в пределах 30-40 л. Продолжительность кондиционирования 4-6 недель. Созревших производителей содержат при температуре ниже нерестовой (16-17°C). Для кормления 50 производителей необходимо ежедневно выдавать по 40 л корма при концентрации 12-14 млн. кл/мл. Условия проведения кондиционирования следующие:

1. Кондиционирование лучше проводить в проточном аквариуме с подачей корма перистальтическим насосом. Корм также может поступать из баков с регулируемой подачей корма самотёком.
2. Если для кондиционирования используется замкнутая система, тогда сырой вес производителей не должен превышать 2-3 г/л аквариума. При этом необходимо 2 раза в неделю полностью менять воду.
3. Расход воды при кондиционировании должен быть не ниже 25 мл/особь в минуту. В проточный аквариум на 40-50 л помещают не более 1,7 кг моллюсков. Пример: в аквариуме 40 л с 18 устрицами средним весом 80 г расход воды равен 458 л/мин.
4. Малые и средние питомники имеют по 5-20 аквариумов, что позволяет растянуть период получения личинок.

5. В питомнике ИМБИ в интенсивной культуре для кондиционирования производителей в больших объёмах культивируют 9 видов кормовых водорослей: *Isochrysis galbana*, *Monochrysis lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Dunaliella viridis*, *Tetraselmis suecica*, *Tetraselmis viridis*, *Rhodomonas salina*, *Chlorella vulgaris*. Кондиционирование проходит эффективнее при кормлении смесью водорослей.
6. Размер суточного рациона (в сухом весе) составляет 2-4% от сухого веса мягких тканей устрицы, измеренного в начале кондиционирования. Если рацион превышает 6%, то в этом случае начинается быстрый соматический рост (вместо репродуктивного роста). Суточный рацион водорослей равен 0,03 сухого веса мягких тканей, в граммах.
7. Весь период кондиционирования следует разбить на два подпериода:
 - Начальный этап, когда температура морской воды ещё низкая, очень эффективно кондиционировать производителей при промежуточной температуре. Кормление на начальном этапе должно быть обильным, особенно это важно для самок. Длительность этапа: 4-6 недель.
 - Завершающий этап, когда температуру повышают на 1-2°C в день, а рацион понижают с 4-6% до 2-3% от сухого веса мягких тканей.

Продолжительность завершающего этапа кондиционирования гигантской устрицы в промышленных питомниках длится 28-42 сут при температуре 20-24°C.

4. Искусственный нерест и оплодотворение яйцеклеток.

Нерест производителей удобно проводить на участке их кондиционирования. В питомниках Франции за неделю до нереста устриц тщательно очищают пластмассовой щёткой и помещают в аквариум с проточной, профильтрованной морской водой через фильтр с порами 1 мкм, при температуре 21-23°C. Моллюски остаются в течение недели без корма, что необходимо для их окончательного очищения и завершения созревания гонад. Перед нерестом моллюсков промывают щёткой в морской воде и выдерживают в течение 5 мин в пресной воде, которая не повредит

устрицам, но заставит мелких беспозвоночных покинуть свои убежища, расположенные в складках раковин.

Технология, отработанная в устричном питомнике ИМБИ, несколько отличается от технологии, применяемой, например, в питомниках Франции. В частности, в питомнике ИМБИ производителей переносят на участок для кондиционирования во второй декаде июня, когда температура воды на глубине нахождения устриц составляет 18°C. Очищенных от обрастания устриц (при помощи пластмассовых щеток под проточной водой и выдержанных в пресной воде в течение 3-5 мин), ополаскивают фильтрованной морской водой. Затем производителей распределяют на сетке, которую устанавливают в прямоугольном аквариуме на высоте 10 см от дна. На дне аквариума монтируется система аэрации из пластиковых трубок с шагом 15 см. Емкость предварительно наполняется фильтрованной морской водой (температура 20°C). Температуру воды удобно регулировать температурой воздуха в помещении, которая на кондиционере устанавливается на 3°C выше желаемой температуры воды. Производителей содержат в течение суток в непроточной фильтрованной морской воде при постоянной аэрации, но без корма. Замену воды проводят дважды. В течение этого периода у производителей очищается кишечник и жабры, что обеспечивает получение чистых половых продуктов.

В питомнике ИМБИ нерест устриц обычно начинается на второй день после размещения устриц, первыми начинают нереститься самцы; их переносят в отдельную от самок ёмкость. При необходимости срочного получения половых продуктов, или при невозможности получения первым способом (когда, например, луна не находится в фазе полнолуния), применяют стимуляцию нереста производителей. Растворенный в стерильной морской воде серотонин ($C_{14}H_{19}N_5O_2 \cdot H_2SO_4$) при концентрации 0,003%, в количестве 1 мл/особь, вводят при помощи шприца в межстворчатую полость. Ткани устриц-производителей при этом не травмируются.

Во французских питомниках, для проведения нереста, производителей помещают в аквариумы, например размером 150×50×15 см высота уровня воды – 10 см. Предпочтительно, чтобы дно аквариума было тёмным – это позволит различать выметываемые половые продукты. Искусственный нерест вызывают термическим

шоком, либо химическим воздействием, вводя в межстворчатое пространство серотонин. Но искусственный нерест может сопровождаться выметом несформировавшихся гамет, чего следует избегать. В тёплой воде (25-27°C) нерест созревших производителей может произойти и самопроизвольно; нерест также можно простимулировать, добавив в воду иссечённые гонады устриц.

Для ускорения процесса получения гамет можно применять метод температурной стимуляции нереста. Для этого подготавливают морскую воду: профильтровывают её через батарею фильтров-картриджей с конечным размером пор в 1 мкм. Затем половину объёма воды доводят до температуры 12-14°C, а другую половину – до 25-27°C. Затем аквариум заполняют вначале холодной водой и добавляют немного микроводорослей, чтобы моллюски открылись и фильтровали воду. Через 30-40 мин воду сливают и заполняют тёплой водой и добавляют немного микроводорослей. Через 30-40 мин воду меняют на холодную и т.д. Обычно нерест начинается через 1-4 ч после начала процедуры. Если в течение 2-3 ч нерест не происходит, тогда устриц возвращают на дальнейшее кондиционирование.

Обычно первыми начинают нерест самцы; их извлекают из воды и держат на воздухе до тех пор, пока не наберётся достаточно яиц (в воде сперматозоиды быстро стареют). Через 30-60 мин начинают нереститься самки, каждую из которых переносят в отдельные сосуды с фильтрованной водой (температура 24-26°C). Нерест самки длится не более 40-60 мин. Если же самка выметала много яиц, её пересаживают в другой сосуд. Для обеспечения генетического разнообразия необходимо брать гаметы минимум от 6 самцов и 6 самок. Собранные для оплодотворения яйцеклетки промывают на сите с размерами ячеек 32 мкм, при этом сито должно находиться под водой.

Для проведения оплодотворения смешивают 2 мл сперматозоидов с 1 литром яйцеклеток и оставляют их на 60-90 мин (примерное соотношение: 8-10 сперматозоидов на яйцеклетку). После оплодотворения сперматозоиды отделяют от яйцеклеток с помощью сита с ячейкой 20 мкм и выдерживают яйцеклетки в течение 2 ч в воде, после чего их переносят в баки.

В соответствии с отработанной технологией в ИМБИ, яйцеклетки собирают на сите с размером ячеек 32 мкм, промывают фильтрованной морской водой и переносят в отдельную ёмкость объёмом 10 л. Состояние (степень зрелости) яйцеклеток оценивают при помощи микроскопа МБИ-6 (х 100). Зрелые яйцеклетки имеют округлую форму в диаметре 45-50 мкм. Зрелость сперматозоидов оценивается по характерному движению и равномерному распределению по всему объёму сосуда. При помощи микроскопа МБС-9 и камеры Богорова подсчитывают концентрацию яйцеклеток, отобрав суспензию три раза по 1 мл. Концентрацию сперматозоидов подсчитывают в камере Горяева, предварительно обездвигив их парами формалина. Оплодотворение без полиспермии проходит при соотношении половых клеток: на 1 яйцеклетку 8-10 сперматозоидов. Через 15 мин после оплодотворения, яйцеклетки собирают на сите и промывают от оставшихся сперматозоидов. Весь процесс эмбрионального развития контролируют при помощи микроскопа. Дальнейшее эмбриональное развитие проходит в фильтрованной морской воде с аэрацией при плотности посадки 50 тыс. яйц./л.

5. Выращивание личинок.

Трудно предложить несложную стандартную и в то же время надёжную методику выращивания личинок устриц в условиях питомника. Кроме знаний, здесь требуется большой практический опыт, который необходим для принятия решений в различных нестандартных ситуациях. Поэтому данную профессию относят скорее к искусству, а не к науке. И осваивать эту профессию желательно под руководством опытного специалиста, причём на практике.

Итак, оплодотворённые яйцеклетки для дальнейшего развития помещают в цилиндрические баки, изготовленные из стеклопластика, либо из качественного полиэтилена. В экспериментальном питомнике ИМБИ применяют баки собственной конструкции объёмом 125 л; рабочий объём – 100 л (рис. 88 цветной вкладыш, стр. 494).

Новые пластиковые баки готовят для работы в течение 3-4 месяцев, заливая их водой и меняя её ежедневно. Обработка баков горячей водой, либо паром значительно ускоряет этот процесс.

Мы вначале приводим подробное описание технологии выращивания личинок в промышленных питомниках, а затем описываем технологию, применяемую в ИМБИ, которая, на наш взгляд, более приемлема в условиях Чёрного моря. Читатель (потенциальный устрицевод) должен владеть полной информацией, которая ему поможет быстрее достичь успеха в нелёгком деле получения качественной молоди устриц в контролируемых условиях питомника.

В промышленных питомниках личинок выращивают в баках гораздо большего объёма: от 1 до 10 м³ (рис. 89 цветной вкладыш, стр. 494). В американских питомниках объёмы баков для личинок достигают 40-50 м³ при плотности посадки личинок 2-3 тыс. экз./л.

На начальной стадии выращивания, когда личинки ещё малоподвижны и часто опускаются ко дну, пользуются баками со слегка скруглённым, либо плоским дном, (но не коническим!). Не рекомендуется также выращивание личинок в глубоких баках; при этом продувка воды воздухом должна быть минимальной, либо вообще отсутствовать, т.к. личинки, не успевшие образовать раковинки, могут травмироваться потоками воды и пузырьками воздуха. Продолжительность начального этапа – 24 час. Развивающиеся эмбрионы питаются за счёт собственного желтка, тем не менее, рекомендуется внести в воду небольшое количество микроводорослей.

Особое внимание должно быть уделено качеству воды. Как уже отмечалось, поры конечного фильтра должны быть не более 1 мкм. Вопрос о необходимости стерилизации профильтрованной воды оспаривается специалистами, т.к. проточные ультрафиолетовые стерилизаторы не всегда оказываются эффективными.

Особенно это касается случаев нарушения инструкций эксплуатации стерилизаторов:

во-первых, применять нужно стерилизаторы только для морской воды;

во-вторых, их нужно регулярно чистить и протирать спиртом; в-третьих, нельзя превышать допустимую скорость протока воды. И, наконец, для получения надёжных результатов рекомендуется соединять последовательно 2-3 стерилизатора.

Подготовленная вода заливается в баки за сутки до внесения яйцеклеток или личинок. Оплодотворённые яйцеклетки содержатся в баках при концентрации 50-80 тыс. экз./л, температуре 25°C и слабой продувке. Через 24-48 ч с помощью сита с ячейёй 32 мкм личинок на стадии велигера собирают и переносят в баки с заранее залитой водой. Если бак снабжён сливным краном, его слегка открывают и выпускают воду через шланг на сито, погружённое в таз с морской водой. По мере понижения уровня воды в баке, кран открывают сильнее. Из баков без кранов воду сливают с помощью сифона, т.е. шланга, который полностью погружают в бак для заполнения шланга водой. Затем, закрыв выходное отверстие шланга пальцем, вытаскивают частично шланг из бака и направляют его на сито.

На стадии велигера плотность посадки личинок должна быть порядка 20 тыс. экз./л. Большое значение придаётся аэрации воды. Необходимо стремиться к тому, чтобы размеры пузырьков воздуха были минимальны, а их количество – максимальным и пузырьки, по возможности, должны быть равномерно распределены по объёму бака. Весь объём воды должен перемешиваться воздухом, а застойные зоны – отсутствовать.

Рекомендуется велигеров рассортировать по размерам и избавиться от слишком крупных личинок, которые могут иметь уродливые морфологические отклонения. Не целесообразно также продолжать выращивать слишком мелких личинок, т.к. они в дальнейшем отстают в росте. Для сортировки личинок по размерам изготавливают набор сит с разными ячейями (табл. 38). Для изготовления сит можно использовать пластмассовые тазы с вырезанным дном (рис. 90). Ко дну приклеивается планктонный газ с помощью эпоксидного клея.

Отобранных личинок необходимо подсчитать. Для этого всех личинок переносят в определённый объём воды, (например, 10 л), который перемешивают с помощью мешалки. Мешалка представляет собой диск с множеством отверстий, в центре которого закреплена перпендикулярно к диску длинная ручка. Диаметр диска чуть меньше диаметра сосуда. Перемещая мешалку вверх-вниз перемешивают личинок в сосуде и отбирают пробу воды объёмом 1 мл. Иногда личинок перемешивают ладонью, перемещая её вверх и вниз внутри сосуда.

Таблица 38. Подбор сит для сортировки личинок по размерам

Ячейя газа, мкм	Размеры личинок, удерживаемых на сите, мкм
45	75
80	120
120	145
150	170
160	210
180	255
200	280
220	300



Рис. 90. Личинки гигантской устрицы, собранные на сите в питомнике ИМБИ для переноса в чистую воду.

Количество личинок подсчитывают с помощью бинокля и полученное число умножают на объём воды в сосуде (в данном случае на 10 000).

В разделе 4.5. подробно рассматриваются кормовые объекты для личинок устриц и мидий. Кормят личинок на стадии велигера

микроводорослью *I. galbana*, при концентрации корма 50-100 тыс. кл/мл. Воду меняют один раз в сутки следующим образом: 1) выпускают воду с личинками через сито и переносят их в другую ёмкость с морской водой; 2) отмывают стенки бака мягкой губкой с длинной ручкой тёплой водой с дезинфицирующим веществом и хорошо прополаскивают. Для дезинфекции баков используют хлорку – раствор гипохлорита натрия в концентрации 20 мг/л свободного хлора; 3) заполняют бак фильтрованной водой; 4) сортируют личинок по размерам и оценивают состояние личинок разных размерных групп; 5) группы с плохими показателями удаляют; 6) промывают отобранных личинок и помещают в мерный сосуд; 7) подсчитывают личинок и переносят в бак. Всё повторяют через 24 ч.

По мере роста и развития личинок их плотность посадки снижают. На стадии великонхи плотность личинок составляет 5000 экз./л; корм: *I. galbana* + *C. calcitrans* – 100-150 тыс. кл/мл воды в баке; на стадии педивелигера плотность посадки личинок составляет 2000 экз./л, корм состоит из *I. galbana* + *C. calcitrans* + *T. suecica* – 150-200 тыс. кл/мл или *I. galbana* + *P. tricorutum* + *D. viridis* – 150-200 тыс. кл/мл.

В питомнике ИМБИ для выращивания личинок антибиотики не используют. Однако в промышленных питомниках при высокой смертности от невыясненных причин применяют антибиотики широкого спектра действия, например Chloramphenical в концентрации 2-5 мг/л.

При выращивании личинок в питомнике ИМБИ температуру воды в течение периода выращивания поддерживают на уровне 21-24°C, что соответствует температуре, при которой происходит размножение и развитие личинок в природных условиях. Плотность посадки до 20 тыс. лич./л является оптимальной для роста личинок на стадии раннего велигера. Через 24 ч от момента оплодотворения личинки на стадии D-велигера уже способны питаться. Корм состоит из микроводоросли *I. galbana* при концентрации до 50 тыс. кл/мл, затем постепенно (до 7 суточного возраста) концентрацию корма увеличивают до 100 тыс. кл/мл, добавляя *C. calcitrans*; при соотношении клеток 2:1. Стадия велигера продолжается 10-12 сут при среднем приросте 10 мкм/сут.

На поздних стадиях развития (стадия великонхи, возраст 12-20 сут.), плотность посадки личинок задается 10 тыс. лич./л, а затем – 5 тыс. лич./л; концентрация корма – до 200 тыс. кл/мл; состав кормовых микроводорослей: *I. galbana*, *C. calcitrans*, *P. tricorutum* и *T. suecica* в соотношении клеток 2:1:1:1. Среднесуточный прирост личинок – 15-19 мкм/сут. На стадии педивелигера (стадия продолжается 3-5 сут.) в состав корма вводят еще два вида микроводорослей – *Skeletonema costatum* + *Rhodomonas salina* (по 2 части).

Культивирование личинок проводят в цилиндрических ёмкостях (баках) объёмом воды 100 л при постоянной аэрации, ежедневной смене воды и подаче корма. Смену воды проводят при помощи сит с размерами ячеек меньшими, чем размеры личинок. Перед перенесением личинок в бак, его моют пресной водой, обдают горячей пресной водой (90°C) и споласкивают фильтрованной морской водой, затем заполняют морской водой для выращивания личинок.

б. Осаждение личинок.

За 48 ч до начала метаморфоза у личинки появляется чёрное пятно – это стадия великонхи с «глазком». Затем появляется нога, которая выступает из раковинки – это стадия педивелигера. В естественных условиях на этапе оседания наблюдается значительная смертность личинок. В отлаженном питомнике, напротив, 90% педивелигеров выживают. Но для этого требуется создать соответствующие условия (чистая вода оптимальной температуры, насыщенная кислородом и кормом), а также подходящий субстрат (поверхность) для прикрепления личинок, т.е. устричные коллектора.

Во Франции в традиционных полуциклических хозяйствах в течение многих десятилетий для оседания спата в море используются коллекторные черепицы, которые покрывают известковым раствором для того, чтобы легко отделить спат, когда он достигнет нужных размеров. Для изготовления коллекторов готовят такие смеси: а) 250 кг извести + 130 кг песка + 120 л воды; б) 250 кг извести + 250 кг песка; в) 300 кг извести + 180 кг песка. В эти смеси добавляют немного медного купороса для отпугивания организмов-обрастателей. Широко используются гирлянды из «ардуазы» (ardoise) – пластин сланца, добываемого во Франции; створок морских

гребешков и устриц, а также коллекторы, сделанные из пластика с добавлением крупки, полученной из створок мидий и устриц. Пластмассовые коллекторы делают в виде труб, либо кассет, представляющих собой набор закреплённых пластин. Применяют также сетные рукава и конверты, заполненные створками гребешка, устриц или мидий. Используют также полотна из синтетической плёнки, на которую садятся личинки, а спат затем смывается в приёмники струёй воды.

В первых питомниках применяли разнообразные коллекторы. Постепенно все большее распространение получили «микроосколки» (крупка из створок моллюсков). Крупка – это зёрна размером 0,3 мм, пригодные для прикрепления только одной личинки, поэтому спат, выращенный на крупке, считается ценным посадочным материалом. Однако продолжают поиски новых типов коллекторов, которые в большей степени отвечают, как требованиям пригодности для оседания личинок, так и требованиям технологии выращивания. Примером последнего достижения технологии может служить аппарат для осадения личинок в восходящих потоках воды (на жидкий субстрат). Подрачиваемый на коллекторах спат, в дальнейшем отделяется от коллекторов и переносится, например, в садки для дорастивания в виде отдельных особей. Это вызвано тем, что устриц продают и потребляют поштучно, поэтому нельзя допускать их сращивания в друзы. Отделение спата (детрокаж) требует дополнительных затрат труда, а также сопровождается отходом повреждённых устриц. Таким образом, непрерывное совершенствование коллекторов может привести к полному отказу от использования коллекторов.

Однако технология производства спата в первых черноморских питомниках, несомненно, будет включать этап осадения личинок на коллекторы. Все оборудование, которое будет использоваться при осадении личинок должно предварительно в течение двух месяцев вымачиваться в морской воде. Процесс осадения производится в ваннах, либо в бассейнах разного объёма, в которых устанавливаются коллекторы.

В питомнике ИМБИ, за сутки до проведения оседания личинок, готовят ёмкости, объём которых заполняют коллекторами, заливают морской водой и проводят её аэрацию. Коллекторы должны

покрыться бактериальной пленкой до начала оседания личинок. Через сутки воду в ёмкостях полностью меняют, добавляют корм концентрацией 250 тыс. кл/мл (состав микроводорослей прежний) и равномерно по всему объёму распределяют личинок. Аэрацию снижают до минимальной интенсивности. На второй день воду не меняют, концентрацию корма увеличивают до 300 тыс. кл/мл; весь объём дневного корма разделяют на две части и подают дважды: в начале и конце рабочего дня. Коллекторы подвешивают изнаночной стороной вверх (переворачивают) для лучшего оседания и распределения личинок. Оседание завершается через трое суток. Дорастивают спат на коллекторах в питомнике в течение 21 сут в непроточной воде. Воду меняют через сутки. Концентрацию корма увеличивают до 500 тыс. кл/мл. Среднесуточный прирост спата составляет 110-190 мкм.

На этапе осадения личинок на коллекторы должны быть обеспечены следующие требования:

- поверхность коллекторов должна быть отмыта от органических веществ, что предотвратит развитие бактерий, после чего коллекторы выдерживаются в морской воде 2 сут и затем их переносят в ванны для осадения личинок.
- объём ванны должен быть заполнен коллекторами;
- вода должна быть профильтрована через фильтр с порами не более 5 мкм;
- ванна должна быть заполнена профильтрованной водой за 24 ч до осадения личинок;
- максимальное количество вносимых личинок: 1 млн. /м³.

Для успешного проведения осадения личинок, коллекторы для оседания равномерно распределяют во всем объёме воды. Очень важно обеспечить продувку всего объёма воды мелкими пузырьками воздуха. Дело в том, что локальная (точечная) продувка вызывает отдельные достаточно мощные потоки воды, приносящие личинок к коллекторам, установленным на пути течения. Эти коллекторы оказываются перенаселёнными личинками, в то время как на других коллекторах личинок слишком мало. Во избежание оседания личинок на дно и стенки ванн, необходимо их предварительно покрыть парафином (особенно дно).

В европейских питомниках, в качестве коллекторов использующих крупку, устанавливают лотки с пластиковыми цилиндрами (рис. 91). Дно цилиндров затянато ситом размером ячеи 200 мкм. На сите равномерно рассыпают крупку из устричных створок из расчета 130 мг осколков на см² сита. На 1 миллион личинок нужно два цилиндра диаметром 500 мм, т.е. 500 000 личинок на цилиндр (сито). Внутренняя поверхность цилиндра должна быть покрыта слоем парафина.

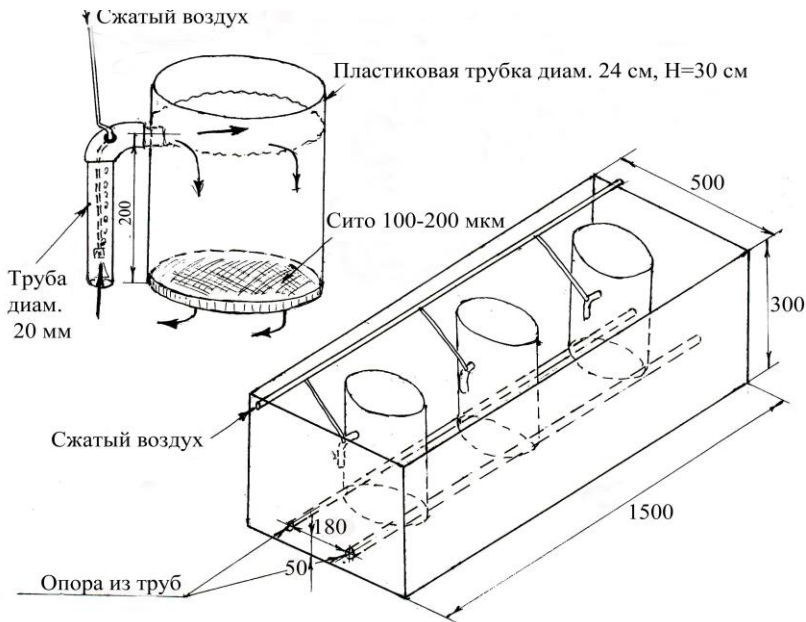


Рис. 91. Устройство для осаждения личинок устриц на крупку.

7. Подращивание спата.

В промышленных питомниках коллекторы со спатом устриц (400-600 мкм) переносят в выростные ванны, количество и объём которых зависит от производительности питомника, либо в случае осаждения личинок на крупку – в выростные цилиндры, размещённые в лотках (рис. 92).

В первом случае осуществляется интенсивная аэрация воды в ванне, а во втором – непрерывный проток воды через лотки со спатом. Оптимальная плотность размещения спата в ваннах промышленных питомников: 200 г/м³. Пищевые потребности 100 тыс. экз. спата размером 1 мм – 1,7 г сухого веса водорослей в сутки. Зарубежными специалистами установлено, что увеличение длины спата на 4 мм приводит к 100-кратному увеличению его пищевых потребностей. Ясно, что для производства относительно крупного спата (длиной 10-15 мм) требуется организация и функционирование крупного кормоцеха с выращиванием водорослей в бассейнах объёмом в десятки кубических метров. Однако, на основе собственного опыта, мы можем утверждать, что спат размером 3-5 мм, в надлежащих условиях, достаточно хорошо переносит транспортировку от питомника до устричных ферм.

В Севастополе (ИМБИ) в августе спат размером 3-5 мм выставляют в море на доращивание. Перед выставлением на ферму на каждый коллектор с осевшим спатом надевают сетчатые рукава (например, пошитые из дели), размерами ячеи до 1 см, что необходимо для предотвращения выедания спата рыбами. Перед транспортировкой коллекторов в море их накрывают хлопчатобумажной тканью, смоченной в морской воде, что защищает спат от высыхания и гибели. Подвешивают коллектора на глубине 2-4 м.

Если спат находится на коллекторах и перевозится по суше – в этом случае необходим изотермический автофургон, либо рефрижератор с температурой 7-15°C.

Спат, так же как и устрицы любых размеров, нельзя хранить, либо транспортировать, в непроточной воде! В этом случае устрицы задыхаются и гибнут, но на воздухе могут оставаться живыми в течение 8 дней и более при температуре 3-11°C. Данный вид устриц образует поселения в зонах литорали открытых морей, характеризующихся приливными явлениями, т.е. на участках, обнажающихся во время отлива. Поэтому устрицы легко переносят пребывание на воздухе.

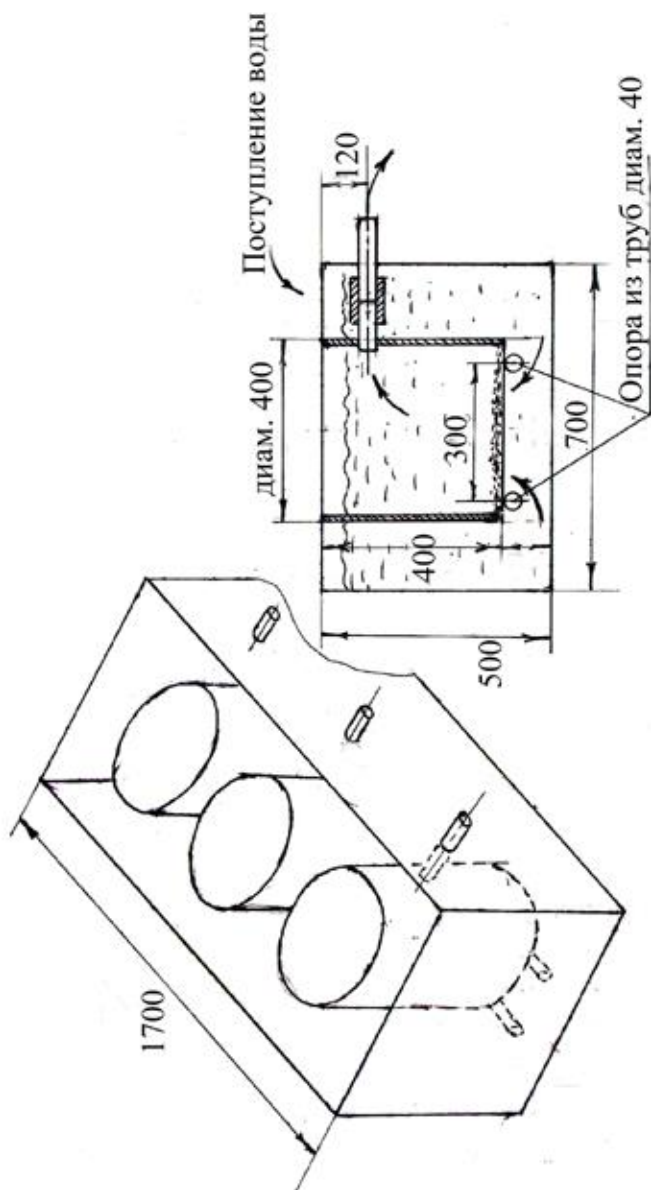


Рис. 92. Устройство для подрачивания слата в питомнике.

В завершение раздела, посвящённого описанию технологии производства спата, приводим краткий календарь выполнения основных работ в питомнике, что, по нашему мнению, будет способствовать лучшему представлению процесса производства спата, а также поможет планированию работ в питомнике.

Примерный календарь работ в устричном питомнике (с 12 марта по 21 августа).

В качестве примера предлагается план работ в питомнике, функционирующем в ИМБИ. Спат производится в период размножения устриц в природных условиях, поэтому планирование работ привязывается к началу естественного нереста.

Нерест устриц в условиях питомника ИМБИ обычно начинается с 22 июня при температуре морской воды около 22°C. За 40 дней до этой даты, следует приступить к подготовке производителей к нересту.

На наращивание культур водорослей нужно два месяца. Поэтому работы с маточными культурами необходимо начинать за три месяца и 10 дней до начала нереста, т.е. 12 марта. Таким образом, выполнение основных операций должно быть приурочено ориентировочно к следующим датам:

12 марта. Начало работ с культурами водорослей. Водоросли для питания производителей понадобятся в период с 12 мая по 14 июня.

12 мая – 14 июня. Кондиционирование производителей.

С 15 мая в питомнике начинаются основные подготовительные мероприятия. Выполняются следующие работы:

- дезинфекция помещений питомника;
- промывание накопительного бассейна пресной водой и дезинфекция его средством «Аквафор» (1 мл/100 л);
- дезинфекция баков для выращивания личинок и ёмкостей для осаждения педивелигеров и подращивания спата, а также всей системы водоподготовки (фильтра, трубопроводов, колб для картриджей тонкой очистки морской воды);
- термическая стерилизация шлангов и распылителей воздуха для аэрации морской воды;
- подготовка субстрата для осаждения личинок. Для этого пластмассовые чашки или куски пластика, а также

раковины мидий и гигантской устрицы подвешиваются в море минимум на два месяца для вымывания токсинов из искусственных субстратов и растворения органики в раковинах. Затем, после очистки в пресной воде от обрастаний, субстраты погружают на 3-5 мин в 10% соляную кислоту, отмывают в проточной воде, высушивают и формируют коллекторы длиной, соответствующей высоте ёмкости для осаждения личинок. Между раковинами моллюсков, которые нанизывают на веревки, ставят распорки из кусочков шланга и оставляют в высушенном виде до июля, т.е. до начала оседания личинок.

- Наполнение морской водой накопительного бассейна при помощи погружного или центробежного насоса для морской воды. Отбор воды производится на глубине 6 м и удалении от берега на 50 м. На конец трубы одевается металлическая сетка (оголовник), что предотвращает попадание в бассейн кусков водорослей и мальков рыб. (С 2015 г. отбор морской воды производится из скважины).
- Промывание песчаного фильтра и всей системы трубопроводов морской водой (слив морской воды производится в канализацию).
- Наладка системы тонкой очистки морской воды, с использованием фильтров-картриджей (20, 10 и 1 мкм).

14-21 июня. Выдерживание производителей без корма.

21-22 июня. Нерест устриц в воде, нагретой до 24°C. Если в первый день нерест не произойдёт, необходимо во второй день применить метод температурной стимуляции нереста.

21 июня. Оплодотворение собранных яйцеклеток. Перенос эмбрионов в баки, где их выдерживают в фильтрованной морской воде в течение суток без корма и при слабой продувке.

23 июня – 18 июля. Выращивание личинок с ежедневной сменой воды и подачей корма.

16 июля. Появление великонх с «глазком». «Глазок» появляется за 48 час до оседания.

17-22 июля. Осаждение личинок на коллекторы.

20 июля – 30 августа. Подращивание молоди на коллекторах в условиях питомника.

31 августа – 1 сентября. Перенос коллекторов со спатом на морскую ферму.

3.1.2. Получение мидийного спата в условиях питомника

Отбор производителей.

Работы по культивированию личинок мидий и получению спата целесообразно начинать в периоды массового размножения мидий в природных условиях: в марте-апреле и сентябре-ноябре. Отбор моллюсков обычно проводят по внешним признакам: форме и окраске раковины и темпу роста. Для получения личинок с высоким темпом роста и высоким уровнем выживаемости, в качестве производителей отбирают мидий с тёмно-синей раковинной, обитающих в относительно чистых акваториях. Производители должны быть, как минимум, трёх размерных классов (например, 40-45; 46-50; 51-55 мм), что требуется для обеспечения необходимого количества самок и самцов, т.к. даже при равном соотношении полов, часть моллюсков могла отнереститься ранее в природных условиях.

Температурная стимуляция нереста мидий.

После механической очистки раковин мидий от обрастания, их промывают в пресной воде, ополаскивают морской водой, ножницами обрезают биссус и распределяют отдельно по одной в ёмкости объёмом 500 мл с профильтрованной морской водой. Мидий, отобранных в весенний сезон, при температуре воды в море 8°C, помещают в морскую воду при 17°C. При проведении опытов в осенний сезон, когда температура воды в море составляет 17°C, мидий, после предварительного охлаждения при температуре 8-10°C в течение 2-3 ч (без воды), распределяют по ёмкостям с профильтрованной морской водой температуры 17°C. При более высокой температуре воды, например, при 22°C, происходит нарушение процессов мейоза в оплодотворенных яйцеклетках, что является причиной низкой выживаемости на ранних личиночных стадиях. Обычно нерест начинается в течение часа от начала стимуляции; первыми нерестятся самцы, затем – самки. Яйцеклетки

в воде легко различимы, часто оранжевого или розового цвета; после вымета они зависают в толще воды, а затем оседают на дно. Сперматозоиды равномерно распределяются по всему объёму воды. Суспензия сперматозоидов молочно-белого цвета.

Оплодотворение.

При оптимальной температуре воды жизнеспособность гамет сохраняется в течение нескольких часов. Для обеспечения высокой выживаемости личинок, оплодотворение проводят в течение двух часов после нереста. Перед оплодотворением с помощью микроскопа необходимо оценить зрелость яйцеклеток. Яйцеклетки должны быть без ядер, округлой формы, диаметром около 80 мкм. При проведении индивидуального скрещивания отбирают яйцеклетки от одной самки и сперматозоиды от одного самца. В групповом скрещивании количество яйцеклеток от каждой самки должно быть примерно одинаковым, как и количество сперматозоидов от каждого самца.

Яйцеклетки подсчитывают в камере Богорова с помощью микроскопа (например, МБС-9, увеличение 98), предварительно сконцентрировав их в объёме 250 мл, отбирают трижды по 1 мл; определяют среднее значение и умножают на объём суспензии. Количество сперматозоидов определяют в камере Горяева под микроскопом (увеличение 200), предварительно обездвигив их в парах формалина, затем, с учётом разбавлений, подсчитывают количество сперматозоидов в 1 мл. Отобранные яйцеклетки переносят на сите с размером ячеек 56 мкм в профильтрованную морскую воду ($V=1$ л). К суспензии яйцеклеток добавляют определённый объём суспензии сперматозоидов и равномерно перемешивают. При соотношении яйцеклеток и сперматозоидов 1:10, оплодотворение проходит без полиспермии. Процесс оплодотворения и эмбрионального развития мидий контролируют при помощи микроскопа. Через час объём воды доводят до 10 л и подключают аэрацию. Эмбриональное развитие проходит при плотности посадки 30 тыс. яиц./л.

Для предотвращения полиспермии, при невозможности предварительного подсчёта половых клеток, через 15 мин после оплодотворения, яйцеклетки собирают на сите (размер ячеек 56 мкм), промывают и переносят в профильтрованную морскую воду с аэрацией.

Выращивание личинок.

В зависимости от поставленных задач, объём ёмкостей для выращивания может составлять от 1 до 100 л и более. Культивирование личинок проводят в профильтрованной морской воде при температуре $18 \pm 2^\circ\text{C}$ и постоянной аэрации. В течение первых двух недель обмен воды в сосудах с личинками проводят ежедневно, а затем через сутки при помощи сита с размерами ячеек меньшими, чем размеры личинок. Также при помощи сита с разными размерами ячеек проводят сортировку личинок по размерам.

На рис. 93 представлена схема развития и динамика роста личинок и спата мидий в питомнике (рис. 93 цветной вкладыш, стр. 495).

Их рост описывается экспоненциальным уравнением вида:

$$L_t = L_0 \cdot e^{0,0373t},$$

где: L_t , мкм – длина раковины; t , сут – период выращивания ($3 \leq t \leq 64$); $L_0 = 111,77$ мкм; $e = 2,718$ (основание натурального логарифма).

Продолжительность выращивания личинок от оплодотворения до оседания на субстрат составила 31 сут. За этот период личинки проходят стадии велигера, великонхи и педивелигера. В возрасте трёх сут. уже сформирован велигер D-формы (длина раковины 115 мкм). Следовательно, корм личинкам необходимо подавать ежедневно, начиная с трёхсуточного возраста. В качестве корма личинкам на стадии велигера дают смесь микроводорослей *I. galbana* + *M. lutheri* концентрации 40 тыс. кл/мл при соотношении клеток 1:1. Стадия велигера продолжалась до 10 суточного возраста (175 мкм). Состав корма был пополнен *P. tricorutum*; при этом общая концентрация водорослей составляла 40 тыс. кл./мл, что по сырой биомассе соответствует 3,58 мг/л.

Формированием макушки раковины в возрасте 13 сут. при длине раковины 196 мкм обозначен переход личинок в стадию великонхи. «Глазок» у великонхи появляется на 20-21 сут (250 мкм). В возрасте 25 сут. личинка переходит в стадию педивелигера (длина раковины 322-336 мкм). Размер «глазка» педивелигеров, готовых к оседанию, – 11×9 мкм. На 31 сутки выращивания при длине раковины около 350 мкм заканчивается метаморфоз, исчезает велюм и личинка прикрепляется к субстрату, выделяя первичный биссус.

Для личинок, проходящих стадии великонхи и педивелигера, корм состоял из трех видов микроводорослей: *I. galbana* + *M. lutheri* + *P. tricorutum* при соотношении клеток 1:1:1 и концентрации 50 тыс. кл/мл, что соответствует сырой биомассе 6,40 мг/л. Выращивание личинок проходило при оптимальной плотности посадки, определённой методом многофакторных экспериментов: на стадии велигера – при 10 тыс. лич/л; на стадии великонхи – 5 тыс. лич/л.

Оседание.

В природных условиях педивелигеры мидий оседают преимущественно на нитчатые субстраты, как естественные – макроводоросли, так и искусственные – веревки, предварительно вымоченные в морской воде. Они предпочитают оседать в места, с уже сформированными друзьями мидий. Кроме этого, природный фитопланктон представляет собой сбалансированный по составу корм. Вероятно, такие условия способствуют быстрому завершению метаморфоза мидий.

В лабораторных условиях нами пока еще не отработаны оптимальные условия, необходимые для осаждения педивелигеров. В экспериментах по изучению наследования качественных признаков у мидий, оседание педивелигеров продолжалось в течение двух недель. После выделения первичного биссуса, некоторые ювенильные особи снова откреплялись и ползали в поисках нового субстрата. В дальнейшем их темп роста был намного ниже, чем у спата, осевшего на коллекторы мидийной фермы.

Пример расчёта основных параметров устричного питомника.

Данный пример приводится в качестве иллюстрации расчётов потребностей в основном оборудовании, корме и фильтрованной морской воде. Экономическое обоснование минимальной производительности питомника может сделать фермер, базируясь на затратах и на схеме приводимых здесь расчётов.

Условимся, что годовая производительность предполагаемого питомника мощностью 4 млн. экз. устричного спата в год, из которых – 1,5 млн. – для собственного выращивания и 2,5 млн. – для поставок в другие устричные хозяйства. Учитывая значительные капитальные затраты, связанные с организацией питомника, можно

полагать, что питомник, производящий 4 млн. экз. спата в год, вряд ли окажется рентабельным.

Оборудование:

- Баки для личинок объёмом по 500 л. Конечная концентрация личинок 2000 экз/л. Поэтому бак будет содержать 1 млн. личинок готовых к оседанию. Учитывая отход личинок во время оседания, нужно готовить к оседанию 8 млн. педивелигеров. Поэтому необходимо иметь 16 баков, из которых 8 баков будут с личинками и 8 баков будут подготовлены к пересадке личинок, т. е. они будут залиты профильтрованной водой.
- Ванны для осадения личинок объёмом по 1,8 м³ рассчитаны для внесения 2 млн. личинок. Всего нужно 4 ванны. Вместо ванн можно построить бассейн объёмом 10 м³.
- Аквариумы на 100 л для кондиционирования производителей – 2 шт.
- Устричные коллекторы (чашки из пластмассы). Предположим, что на каждую сторону диска оседает 50 личинок, т.е. всего на диске 100 личинок. В одной ванне оседает 1 млн. личинок, что потребует 10 тыс. чашек. Всего на один цикл (4 ванны) требуется 40 тыс. чашек.

Остальное оборудование приведено в описании питомника.

Расчёт потребностей в фильтрованной морской воде.

Используется вода, прошедшая через фильтр с порами 1 мкм. Ежедневно заполняются 8 баков по 500 л; ещё 500 л используются для промывания баков и 500 л для выращивания водорослей. Таким образом, суточный расход составляет 5 м³.

Расчёт объёмов выращиваемых кормов.

Приведенные ниже расчёты выполнены на основе рекомендаций, разработанных в экспериментальном питомнике ИМБИ. Состав корма и его концентрация изменяется в процессе роста личинок устриц, продолжающегося в течение 20-28 сут:

1 неделя. Подаётся ежедневно корм изохризис и хетоцерос в соотношении 2:1. Концентрация корма в баке с личинками 100 тыс. кл/мл. В один бак подавать: 100 млн. кл/л × 500 л = 50 млрд. клеток (32,5 млрд. изохризиса и 17,5 млрд. хетоцероса). Если концентрация

изохризиса в культуральной среде 9,8 млн. кл/мл, то для получения 32,5 млрд. клеток нужно взять 3,3 литра культуры. Соответственно культуры хетоцероса: 17,5 млрд. : 1,8 млн. = 9,7 л культуры хетоцероса.

2 неделя. Подаётся изохризис и хетоцерос в соотношении 1:1. Концентрация корма в баке с личинками 150 тыс. кл/мл. В один бак подавать 75 млрд. клеток (37,5 млрд. изохризиса и 37,5 млрд. хетоцероса).

3 неделя. Подаётся изохризис, хетоцерос и добавляют дуналиэлли и тетраселмис. Концентрация корма в баке с личинками 200 тыс. кл/мл. В один бак подавать 100 млрд. клеток: 45 млрд. изохризиса, 45 млрд. хетоцероса, 5 млрд. дуналиэлли и 5 млрд. тетраселмиса.

4 неделя. Подают те же водоросли и к ним добавляют скелетонему. Концентрация 250 тыс. кл/мл. Всего нужно 100-125 млрд. клеток.

Выше приведены данные по количеству кормов, выдаваемых в один бак. Выращивание личинок начнётся с четырёх баков (все велигеры разместятся в 4 баках). Поэтому данные, полученные для первой недели, нужно умножить на 4; для последующих двух недель данные по выдаче корма нужно умножать на 6 (в работе 6 баков); для последней (четвёртой) недели – умножить на 8.

Осаждение личинок будем производить на коллекторы из пластмассовых чашек, собранных в гирлянды. Гирлянды длиной по 2,5 м включают 250 чашек диаметром по 100 мм. Гирлянды размещаются в четырёх ваннах объёмом по 1,8 м³ (длина 3 м; ширина – 1,2 м; высота – 0,5 м). По ширине ванны устанавливаются 10 горизонтальных рядов гирлянд. По высоте ванны гирлянды располагаются на четырёх уровнях. Всего в ванне размещается 40 гирлянд или 10 тыс. дисков. В ванну вносят 2 млн. педивелигеров, что должно обеспечить прикрепление и метаморфоз 1 млн. личинок устриц, т.е. получение 1 млн. экз. спата.

В каждую ванну ежедневно вносится корм (смесь изохризиса, хетоцероса, тетраселмиса, скелетонемы); концентрация водорослей в ванне до 200 тыс. кл/мл. Объём ванны равен 1,8 м³ (1800000 мл), следовательно, нужно внести: 1 800 000 × 200 000 = 360 млрд. клеток. Для получения дневного расхода эту цифру нужно умножить

на 4. Процесс оседания личинок будет продолжаться в течение 2-3 сут.

Структура и оборудование питомника.

После достаточно подробного описания технологии производства спата в условиях питомника представляется целесообразным дать более точное описание оборудования и материалов, применяемых в питомниках. Ниже предлагаются два варианта: 1) питомник, ориентированный на выполнение только производственных задач и 2) питомник, являющийся подразделением «Регионального центра марикультуры», который, кроме выполнения чисто производственных задач, включает и обучение морских фермеров (практика) и лабораторию контроля качества продукции.

Итак, питомник производительностью 4 млн. экз. спата в год состоит из следующих отделов:

- водоподготовка (отдельное строение)25 м²
- содержание, кондиционирование и нерест производителей, а также осажение личинок.....20 м²;
- выращивание личинок50 м²;
- подращивание спата до 10 мм20 м²;
- массовое культивирование микроводорослей (в больших объёмах) и содержание маточных и стартовых культур..... 20 м²;
- лаборатория для подготовки сред, микроскопических наблюдений, контроля биотехнических процессов 20 м² ;
- склад оборудования и материалов20 м².

Итого:150 м²

Спат можно подращивать снаружи здания (в проточных лотках под навесом). В этом случае понадобится 130 м² крытых помещений. Второй, третий и четвёртый отделы можно разместить в одном помещении. Производственные и бытовые площади питомника, включающего обучение специалистов и контроль качества продукции:

- участок кондиционирования производителей; проведения нереста и осажения личинок.....25 м²;

- выращивание личинок50 м²;
- подращивание спата.....30 м²;
- содержание маточных культур водорослей.....10 м²;
- наращивание культур.....20 м²;
- выращивание водорослей в больших объёмах.....30 м²;
- микробиологическая лаборатория.....20 м²;
- офис, выполнение «сухих работ».....15 м²;
- учебный центр, выполнение «влажных работ».....30 м²;
- бытовое помещение.....10 м²;
- склад.....40 м².
- Итого:.....280 м².**

Стоимость здания питомника равна: 208\$ × 280 = **58240\$**.

Стоимость оборудования приведена в таблице 39.

Таблица 39. Смета затрат на приобретение основного оборудования для питомника

№	Наименование	Кол-во, шт.	Цена за ед., (\$)	Сумма (\$)
1	Насос погружной, 10 м ³ /ч	1	660	660
2	Фильтрационная установка, 10 м ³ /ч	1	1100	1100
3	Бассейн – накопитель, 50 м ³	1	7000	7000
4	Бак для личинок, 0,5 м ³	16	480	7680
5	Ванна для осаднения личинок, 1,5 м ³	4	850	3400
6	Проточный УФ - стерилизатор type G1 PVC производительность 0,5 – 2 м ³ /ч	1	1480	1480
7	Компрессор (воздуходувка) FPZ SCL 1,5 CV до 90 м ³ /ч	1	1350	1350
8	Фильтр фарфоровый 0,2 мкм	2	159	320
9	Система фильтров картриджей	2	640	1280

Продолжение таблицы 39

10	Бокс микробиологический	1	3000	3000
11	Микроскоп	3	860	2580
12	Кондиционер	5	440	2200
13	Ванна для подращивания спата	10	240	2400
14	Стеллаж для водорослей	5	160	800
15	Стойка со светорешёткой	10	220	2200
16	Весы аналитические ВЛР - 200	2	780	1560
17	Стол лабораторный	6	500	3000
18	Стол для влажных работ	2	340	680
19	Электрошкаф сушильный	2	590	1180
20	Стол письменный одностумбовый	5	160	800
21	Персональный компьютер	4	820	1710
22	Шкаф лабораторный	3	120	360
23	Химическая посуда (набор)	1	1000	1000
24	Химреактивы (набор)	1	600	600
25	Коллектор устричный	500 тыс.	0,036	18000
26	Дистиллятор ДЭ-25	1	1100	1100
27	Весы технические Т-1000	2	150	300
28	Шкаф вытяжной стандартный	1	1700	1700
	Итого:			69440

Финансовые затраты на организацию питомника:
58240 + 69440 = 127 680 \$

3.1.3. Телекаптаж

Телекаптаж был разработан и применён в США в 1982 г. в Кембридже (Horn Point, Environmental Laboratories), а затем распространился в Канаде и Западной Европе. Телекаптаж или проведение на расстоянии каптажа (осаждения личинок на коллекторы) – это метод, который позволяет получать спат устриц с использованием личинок, перевезенных из питомника на устричную ферму. Личинок возрастом до трёх недель на стадии педивелигера, собирают на фильтр, заворачивают в стерильную влажную

холщевую ткань и помещают в специальную упаковку, в которой их перевозят на устричные хозяйства. Вместе с личинками прибывает и кормовые микроводоросли в виде пасты.

Поскольку в Чёрном море личинок черноморской и гигантской устриц можно получать только в питомниках, телекаптаж может быть важным способом расселения устриц по устричным фермам, расположенным в различных районах побережья. Возможно строительство одного-двух мощных питомников, которые могли бы обеспечить все устричные фермы страны качественным посадочным материалом.

Преимущества телекаптажа:

- Выбор наиболее удачного периода для проведения работ.
- Лучшее использование ресурсов природной среды, например, использование чистой весенней воды, богатой фитопланктоном.
- Удобство и дешевизна транспортировки живого материала (личинки находятся вне воды; посылка занимает незначительный объём).
- С посылкой поступает корм (нет проблемы кормов).
- Улучшение качества спата, перспективного для генетической селекции.

Рекомендации по проведению телекаптажа необходимо строго выполнять, что является залогом получения хороших результатов.

Выше уже говорилось, что перед оседанием, личинка на стадии педивелигера плавает с помощью вельюма в поисках твёрдой поверхности. Затем она оседает на поверхность и передвигается по ней, с помощью ноги, подыскивая подходящее для прикрепления место. Как только место найдено, устрица начинает раскачиваться вперёд-назад и влево-вправо, выпуская при этом содержимое pedalной железы. Затем она поворачивается на левую створку и приклеивается к капле, которая затвердевает в течение нескольких минут. С этого момента устрица уже не перемещается.

Хранение личинок в холодильнике без воды в течение 2 сут при температуре 6-8°C не влияет на их выживаемость после оседания. Высота раковины и диаметр «глазка» могут быть использованы в качестве критериев оценки пригодности педивелигеров для

перевозки при низкой температуре. Критические значения высоты раковины составляют 325,5 мкм, а диаметр глазного пятна – 14 мкм.

После прикрепления завершается метаморфоз личинок. Нога, вельм и «глазок» исчезают; жабры развиваются. Молодая устрица секреторирует раковину, которая простирается над субстратом и прикрепляется к нему.

Для проведения телекапжа требуется следующее оборудование:

- Две ванны (примерно на 1000 л).
- Термоизоляционный материал (пенопласт).
- Две установки регулируемого подогрева воды (мощностью 500-1000 ватт).
- Система аэрирования (аквариумные мембранные насосы или воздуходувка, распылители).
- Насос (для наполнения ванн).
- Фильтр на 10-25 мкм.
- Цилиндры диаметром 500 мм с ситом размером ячеи 200 и 500 мкм.
- Эрлифт: трубка-распылитель на 50 мм.
- Парафин для покрытия внутренней поверхности цилиндров.
- Подставки под сито и цилиндры.
- Микроосколки раковин, размером 300 мкм.
- Термометр.

Дополнительное оборудование.

Одно ведро, проградуированное на 10 л и используемое только для телекапжа; пипетка на 1 мл; 1 лупа; 1 маленькая губка, 1 большая губка; сита с диаметром ячеи 200 и 300 мкм для сортировки микроосколков; сита на 400 и 700 мкм для сортировки спата устриц.

Сборка оборудования.

Новое оборудование (цилиндры, трубки, уголки, ванны, электронагреватели и т.д.) должно обязательно предварительно выдерживаться как минимум в течение двух месяцев в морской воде (с регулярной сменой воды). Это необходимо для вымывания из оборудования продуктов, токсичных для личинок. Непосредственно перед работой оборудование должно быть тщательно вымыто пресной водой и высушено.

Микроосколки, отсортированные через сито с размерами пор 200-300 мкм, должны быть промыты в пресной воде для удаления очень мелких частиц. Подготавливают микроосколки за несколько недель до телекаптажа; после промывки их высушивают и хранят сухими.

Чтобы предотвратить интенсивное оседание личинок на стенки цилиндра, его покрывают расплавленным парафином с помощью кисти, нанося тонким слоем. Опыт показывает, что парафин отлипает через несколько дней, но для проведения осаждения личинок этого времени достаточно. На один цилиндр диаметром 500 мм требуется 250 г микроосколков.

Подготовка микроосколков.

В отличие от каптажа на коллекторы, каптаж на микроосколки не требует выдерживать их длительное время в морской воде. Достаточно рассыпать микроосколки на сито и оставить на ночь (перед проведением оседания) в профильтрованной морской воде. Отметим, что некоторые фирмы, поставляющие личинок, рекомендуют выдержать осколки в морской воде в течение 3 дней.

Плотность размещения личинок.

На 1 млн. личинок нужны два цилиндра диаметром 500 мм, т.е. 500 тыс. личинок на цилиндр.

Проведение оседания (каптажа).

Накануне операции, непосредственно перед днём каптажа заполнить ванну профильтрованной морской водой через фильтр с порами 10 мкм.

Солёность воды должна быть близкой к солёности воды в питомнике поставщика. Температура воды в ванне должна быть между 23 и 27°C; оптимальная – 25°C. Следует проследить, чтобы температура была одинаковой во всех частях ванны (хорошо установлена продувка). Если это не так, то установить в углу ванны эрлифт, но так, чтобы пузырьки воздуха не попадали под сито.

Если ванна оборудована автоматическим подогревом, тогда датчик температуры должен находиться на удалении от нагревателя и вблизи от поверхности.

Цилиндры с ситом (см. рис. 91) должны быть установлены в толще воды с хорошей через них циркуляцией.

Должна быть включена система аэрирования (эрлифт), что обеспечит хорошую циркуляцию воды и равномерное распределение температуры. Не допускать попадания пузырьков воздуха под сито. Можно сделать небольшие отверстия по нижнему краю цилиндра, через которые будет уходить воздух.

Получение и контроль качества личинок.

Личинки поставляются в изотермических ящиках, в которые вкладываются пакеты со льдом (или другим охладителем), что обеспечивает температуру от 4 до 15°C.

Личинки помещены на кофейный фильтр, завёрнутый во влажный холст с целью предохранения их от высыхания.

После получения личинок нужно проверить их качество и соблюдение условий пересылки. Конкретно нужно проверить следующее:

- Температура в посылке должна находиться в пределах 4-15°C.
- Цвет личинок должен быть от тёмно-коричневого до чёрного.
- Запах отсутствовать.
- Проверка плавательной активности личинок: для этого поместить несколько личинок, (взяв, например, на кончике ножа) в сосуд с водой (20-25°C). Через несколько минут можно увидеть, как они начнут перемещаться. Если по истечении часа личинки не будут плавать, можно считать, что их качество не удовлетворительное.

При возникновении непредвиденных обстоятельств, или если не всё оборудование ещё готово, можно отложить проведение процесса оседания на сутки. Для этого необходимо поместить личинок в их фирменную упаковку и поставить в нижний отдел холодильника.

Акклиматизация личинок.

Личинки упакованы в изотермические ящики (4-15°C), поэтому их надо акклиматизировать к температуре морской воды. Для этого холст с личинками в пластиковом пакете нужно оставить в помещении на воздухе на 20 мин.

Затем личинок перенести в 10-ти л ведро, наполовину наполненное морской водой, при температуре 18-20°C. Подождать 10

мин. и долить водой температуры 23-27°C. Подождать 10 мин и долить воды доверху.

Подсчёт.

Перемешать рукой весь объём воды в ведре, двигая энергично ладонь в вертикальном направлении. Взять 6 раз пипеткой на 1 мл пробы воды с личинками и вылить их на фильтровальную бумагу. Подсчитать с помощью лупы количество личинок в каждой пробе. Общее количество личинок определяется как среднее всех проб, умноженное на 10 тыс.

Перенос личинок в воду.

Перемешивая аккуратно содержимое ведра, распределить личинок по всем цилиндрам с помощью небольшого стакана. Возможно, что личинки будут склеиваться, образуя тяжи, что приводит к ошибкам при подсчёте. Однако это явление не является показателем плохого качества личинок.

Накануне вечером включить систему аэрирования морской воды.

Закрыть ванну (крышкой из полистирола); личинки избегают света во время прикрепления.

Обновление воды.

Периодичность: полная смена воды должна осуществляться ежедневно. Смена воды проводится, во-первых, с целью удаления продуктов метаболизма, как личинок, так и остатка кормовых водорослей, во-вторых, для акклиматизации маленьких устриц к природным условиям моря.

В идеале, (если это возможно), нужно использовать запасную ванну с профильтрованной водой той же температуры, как и в основной ванне. Цилиндры с личинками переносят в запасную ванну. Но при этом необходимо отмыть и прополоскать сита с личинками, цилиндры, трубки и т.д., а также устриц, которые могут прикрепляться друг к другу.

Промыть губкой освободившуюся ванну, а затем прополоскать её морской водой. Наполнить вымытую ванну профильтрованной морской водой. Включить систему подогрева воды, для того чтобы на следующий день можно было перенести личинок в эту ванну.

Кормление.

Кормят личинок водорослёвой пастой, либо диатомеей *Skeletonema costatum*, выращиваемой в больших объёмах.

Водорослевая паста.

Некоторые питомники реализуют корм для личинок в виде водорослевой пасты (сконцентрированный фитопланктон, с помощью центрифуги), которая хорошо хранится в холодильнике. Во время приобретения необходимо выяснить плотность пасты (количество клеток на грамм пасты; обычно это 2×10^9 клеток в 1 г пасты). Приводим дневные дозы корма в виде пасты, необходимой для 1 млн. личинок (табл. 40).

Таблица 40. Суточные дозы выдачи корма (водорослевая паста) личинкам устриц (по дням)

Дни	Частота в день	Вес пасты, г
1	2	30
2	2	30
3	2	45
4	2	60
5	2	75
6	2	80

Пасту используют следующим образом:

- отобрать необходимое количество;
- растворить ее в воде, взятой из ванны;
- перемешивать до тех пор, пока окраска жидкости не станет гомогенной; распределить по всей ванне.

*Использование водоросли *Skeletonema costatum*.*

В табл. 41 представлены суточные дозы культуры водоросли *S. costatum* с концентрацией 1,5 млн. кл/мл, выдаваемые 1 млн. личинок.

Выдача корма производится 2 раза в сутки: утром, после замены воды, и вечером. Первая выдача корма осуществляется через 0,5-1 ч после переноса личинок. После внесения корма вода должна быть коричневой и постепенно становиться прозрачной ко второму кормлению. Надо отметить, что в первые дни телекаптажа водоросли в большей степени оседают на микроосколки, чем поедаются устричным спатом.

Таблица 41. Суточные дозы выдачи корма (водоросль *Skeletonema costatum*) личинкам устриц (по дням)

Дни	Частота в день	Объём, л
1	2	40
2	2	40
3	2	60
4	2	80
5	2	100
6	2	120

Продолжительность телекаптажa.

Для полного оседания личинок достаточно 48 ч. По истечении 5-7 сут при температуре 25°C спат достигает размеров 400-600 мкм. Через 5 сут с помощью сита с размерами ячеек 400 мкм отделяют устриц от оставшихся микроосколков и мёртвых личинок устриц.

Нельзя проводить сортировку через сито ранее, чем через 48 ч. В этом случае неизбежны потери личинок и не позже, чем через 5 дней, когда спат может начать склеиваться.

Подращивание в питомнике.

Устриц продолжают подращивать в ванне (цилиндрах), оборудованной эрлифтом до тех пор, пока они не достигнут размера 800-1000 мкм: продолжительность 7-8 дней при температуре 25°C. Через неделю примерно 50% устриц задерживается на сите 700 мкм, что позволяет разделить их на две группы в зависимости от размера. В течение этого периода ежедневная порция корма (начальное количество личинок 1 млн.) составляет 120-130 л *Skeletonema* или 95-100 г пасты, выдаваемой, как это было описано выше.

Постепенно на протяжении 24-48 ч нужно понизить температуру до температуры воды в проточных ваннах питомника. Удалить слабо растущих устриц (5% общего количества).

Выращивание в проточном питомнике.

Итак, выдача корма производится 2 раза в сутки: утром, после смены воды, и вечером. Устриц, достигших размера 800-1000 мкм, переносят в цилиндр диаметром 500 мм, с размером ячеек сита 500-600 мкм (см. рис. 83). Плотность посадки 200-400 тыс. экз./цилиндр.

Вода в проточных ваннах проходит сквозь цилиндры в направлении сверху вниз. На выходе из ванны нужно предусмотреть фильтр, чтобы не допустить потери устриц.

Обслуживание оборудования.

Ежедневно промывать струёй воды цилиндры и сита до тех пор, пока устрицы достигнут размеров 10 мм, затем это делать через день.

Проводить сортировку устриц каждые 8-10 дней; формируя одноразмерные группы. В процессе роста спат устриц надо пересаживать в цилиндры с большими размерами ячеек сита.

Подсчёт осевших личинок и спата.

Такой подсчёт необходим, для того чтобы определить насколько хорошо прошло оседание, причём в кратчайшие сроки.

Обычно устрицеводы предпочитают подращивать устриц до тех пор, пока спат не будет задерживаться на сите 1250-1500 мкм, а затем уже выполняют первый подсчёт, т.е. через три недели после начала работы с личинками.

Подсчёт определяется взвешиванием:

- 2-3 партии устриц по 500 экз., взвешиваются на весах с точностью до сотой грамма и определяют средний вес 1 устрицы;
- затем взвешивают всех устриц и рассчитывают их количество, после чего определяют выживаемость.

В питомнике во время оседания личинок выживаемость составляет 55-60%, а после подращивания спата – 45-50%.

В процессе оседания 3-5% устриц склеиваются между собой.

3.2. Подращивание устричного спата на ферме

После периода предварительного подращивания спата в питомнике, он поступает на морскую ферму для дорастивания до коммерческого размера. Конструкция носителей устричной фермы аналогична носителям, применяемым в мидиеводстве. Если спат осаждали на коллекторы, их обтягивают сеткой, например овощной, которая предохранит устричную молодь от выедания хищными рыбами, а также утяжеляют грузом 2-4 кг. Затем коллекторы подвязываются самозатягивающимися узлами к хребтине носителя, где они остаются в течение 9 месяцев (до конца апреля – начала мая).

На период осенне-зимних штормов коллекторы следует заглубить на 5-10 м. Необходимо периодически контролировать состояние коллекторов со спатом, особенно целостность защитной сетки и появление на коллекторах молоди хищной рапаны.

В мае подросший спат отделяют от субстрата, что сопровождается разрушением части спата, т.е. отходом, величина которого зависит от типа коллектора. Очень трудно отделяется спат, осевший на керамику, стекло, металл, черепицу и т.д. Наиболее легко спат снимается с гибких пластиковых (особенно полиэтиленовых) пластин. Но с таких пластин спат может самопроизвольно осыпаться и потеряться во время подращивания в море. Для удержания осыпающегося спата, коллекторы обшивают мелкоячеистой делью. Однако дель быстро обрастает, поэтому её приходится чаще промывать. Когда спат поступает россыпью, т.е. в виде отдельных моллюсков, его в дальнейшем подращивают в садках на ферме.

В экспериментальном хозяйстве ИМБИ применяются два типа садков: 1) овощные ящики, зашитые сверху делью и 2) итальянские устричные садки типа «Ostriga» (рис. 94 цветной вкладыш, стр. 496).

Обычно размеры спата, поставляемого питомниками находятся в пределах 10-15 мм, поэтому он может просыпаться сквозь решётчатые стенки и днище садков. Для удержания спата в садке, его помещают в овощную мелкоячеистую сетку, которую следует зафиксировать в садке с помощью медных шпилек (рис. 95 цветной вкладыш, стр. 496).

Следует отметить, что садки и сетка обрастают и заиливаются, что затрудняет поступление корма и кислорода к устрицам, поэтому, как только спат подрастёт (через 2-3 месяца), сетку необходимо удалить. Спат рассаживают в дополнительные садки по мере его роста. Плотность посадки устриц в садке зависит от скорости течения, точнее, интенсивности водообмена в садке (табл. 42).

Таблица 42. Размещение устриц в садках типа «Ostriga».

Высота устрицы, мм	Количество устриц на садок, экз.
15 - 20	750
25 - 46	375
50 - 91	120

В условиях, когда садки хорошо промываются водой, можно ориентироваться на нормы британской фирмы GT Products (E-mail: gtproducts@mistral.co.uk) для садков размером 450×525×150 мм.

В садок «Ostriga» вмещается до 10 кг устриц товарного размера. При плотной посадке устриц ориентируют растущим краем вверх (рис. 96 цветной вкладыш, стр. 497).

В районе Севастополя в конце октября-начале ноября, при достижении спатом размеров 35-40 мм, его отделяют от субстрата, разделяют сросшихся устриц и переносят в садки. Для садков используют обшитые делью пластмассовые «овощные» ящики с отверстиями. Размеры садков – 37 x 28 x 10 см (I тип) и 47×28×11 см (II тип). Садки промываются морской водой со всех сторон, а устрицы свободно открывают створки для фильтрации; свободное расположение устриц не мешает их росту. При соблюдении этих условий устрицы достигают размера 85-120 мм за 1,5-2 года подращивания. Плотность посадки устриц приведена в таблице 43.

Таблица 43. Рекомендуемая плотность размещения гигантской устрицы в садках

Возраст устриц, год	Тип садка	Кол-во устриц в садке, экз.	Глубина положен. садка, м	Высота раковины, мм (средняя)	Общий вес, г (средний)
0,5	I	250	3 - 4	41,9±3,6	9,77±1,53
1	II	100	2 - 3	68,7±3,9	24,74±2,36
1,5	II	50	2 - 3	89,1±3,1	61,92±5,64
2	II	25 - 30	3 - 4	101±3,6	91,04±7,93

Разместить всех устриц в садках с соблюдением рекомендуемых плотностей не всегда представляется возможным. Но, если перегруженные садки выставлять на акваториях с сильным течением (1-2 м/сек), устрицы будут расти с приемлемой скоростью.

В промышленном устричном хозяйстве размещают огромное количество спата, измеряемое миллионами штук (рис. 97).

После интродукции гигантской устрицы в Чёрное море и распределения ее по марихозяйствам выяснилось, что темп роста устриц в Керченском проливе был в 1,5 раза ниже, чем у побережья Северного Кавказа и в 2 раза ниже, чем в Джарылгачском заливе. Товарного размера устрицы ($H=80$ мм) достигали через 24-26 мес. культивирования, в то время как в заливе Петра Великого (Дальний Восток) – через 15-20 мес. после оседания личинок. Отметим, что в Чёрном море культивирование личинок и процесс осадения их на субстрат производился в лабораторных условиях, а на Дальнем Востоке сбор спата устриц осуществлялся непосредственно в море. Поскольку определяющее влияние на темпы роста моллюсков оказывают экологические факторы, изучение роста устриц необходимо проводить в каждом районе размещения устричных хозяйств.



Рис. 97. Спат гигантской устрицы, перед высадкой на ферму (Франция).

На мидийно-устричной ферме (внешний рейд Севастопольской бухты) темп роста гигантской устрицы, доращиваемой до товарного размера на глубине 3-4 м в садках при оптимальной плотности посадки, был неравномерным. С середины августа 2003 г. (момент

выставления спата в море) до декабря среднее значение высоты раковины увеличилось с 5 мм до 50 мм, т.е. в 10 раз (рис. 98).

Остановка роста произошла зимой, начиная с декабря по февраль, когда температура воды понизилась с 10,3 до 8,6°C, средний общий вес составил 12,2 г. Возобновление роста было отмечено в середине марта при температуре воды выше 10°C. Вторая остановка роста произошла в июне-июле в период максимальной нерестовой активности устриц. За период с августа до середины ноября (температура воды изменялась в пределах 24,8-14,3°C) среднее значение высоты раковины увеличилось на 30 мм и достигло 100 мм. Т.е. большинство устриц возраста 18 месяцев были товарного размера. Средний общий вес составил 91,32 г; вес мягких тканей – от 9 до 15% от общего веса в зависимости от состояния зрелости гонад; вес раковины около 70% от общего веса.

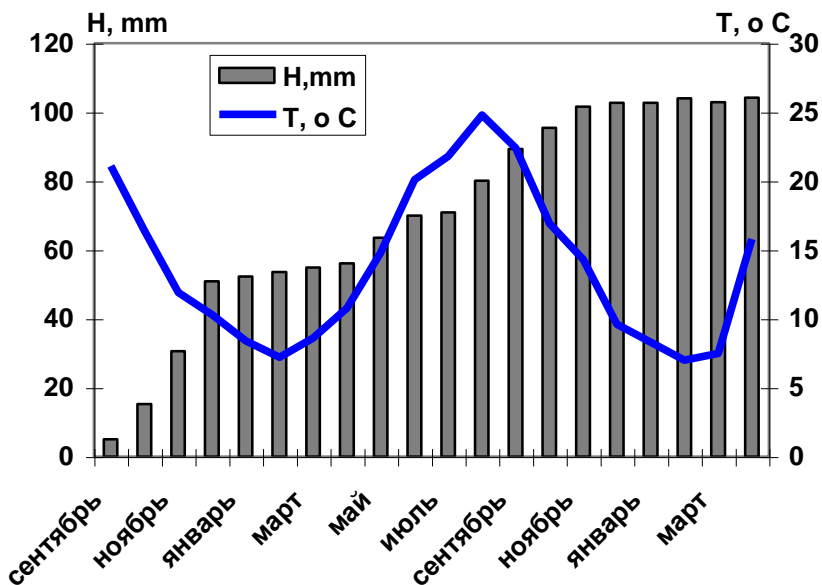


Рис. 98. Линейный рост (H, мм, увеличение высоты раковины) гигантских устриц, выращиваемых на мидийно-устричной ферме (внешний рейд Севастопольской бухты, 2003-2004 гг.).

В возрасте 2 года все устрицы достигли товарного размера. Высота раковины единичных особей составила 140 мм, а общий вес – 180 г. Однако среднее значение высоты раковины за 6 месяцев возросло незначительно, что связано с остановкой роста в зимний период и замедлением темпа роста в этом возрасте.

Таким образом, лимитирующими факторами линейного роста гигантской устрицы являются температура воды (ниже 10°C) и энергетические затраты на размножение в нерестовый период. Поскольку основной прирост, составляющий 40% от товарного размера, наблюдается до первой остановки роста, усовершенствовать биотехнику выращивания можно за счёт сокращения срока выращивания личинок до оседания.

Качество товарных устриц.

Солёность воды влияет на скорость роста устриц и на их вкусовые качества. Лучшими считаются устрицы, выращенные в воде солёностью от 20 до 30‰, в местах с небольшим и постоянным распреснением. При солёности 33-35‰, устрицы растут хорошо, но мясо их становится жестким. Это свойство было хорошо известно ещё древним римлянам, которые выдерживали собранных в море устриц в небольших распреснённых водоемах. Солёность черноморской воды 16-18,55‰, что положительно отражается на вкусовых качествах устриц. Во всяком случае, местная черноморская устрица обладает отличным вкусом, и это повышает её конкурентоспособность на рынке.

Одним из показателей качества устриц может быть, так называемый, индекс качества IQA, определенный по формуле:

$$IQA = (m_1/m_0) \times 100,$$

где: m_0 – общий вес (г) 20 устриц до вскрытия; m_1 – вес (г) сырого мяса 20 устриц. Для устриц, рост которых показан на графике, (см. рис. 98) индекс качества составил 8,33. Согласно значению этого индекса, товарного качества устрицы достигают, если $6,5 < IQA < 9$; а у устриц особого качества этот индекс превышает 9 ($IQA > 9$).

Так как вес мяса устрицы можно определить только после её вскрытия, представляет интерес метод ориентировочного определения веса мяса живых устриц. Это можно сделать, определив живой вес устрицы ($W_{\text{общ.}}$) и потом по уравнению вычислить вес мяса

или мягких тканей ($W_{\text{м.тк.}}$). Зависимость веса мягких тканей от общего веса ($W_{\text{общ.}}$) гигантской устрицы описывается уравнением:

$$W_{\text{м.тк.}} = 0,1088 \cdot W_{\text{общ.}}^{0,9315},$$

где: $0,96 \text{ г} \leq W_{\text{общ}} \leq 141,0 \text{ г}$; $R^2 = 0,9467$.

Зависимость общего веса гигантской устрицы *C. gigas* от высоты (H , мм) раковины представлена формулой:

$$W_{\text{общ.}} = 0,0006 \cdot H^{2,5451},$$

где: $24,7 \text{ мм} \leq H \leq 137,0 \text{ мм}$; $R^2 = 0,9368$ (рис. 99).

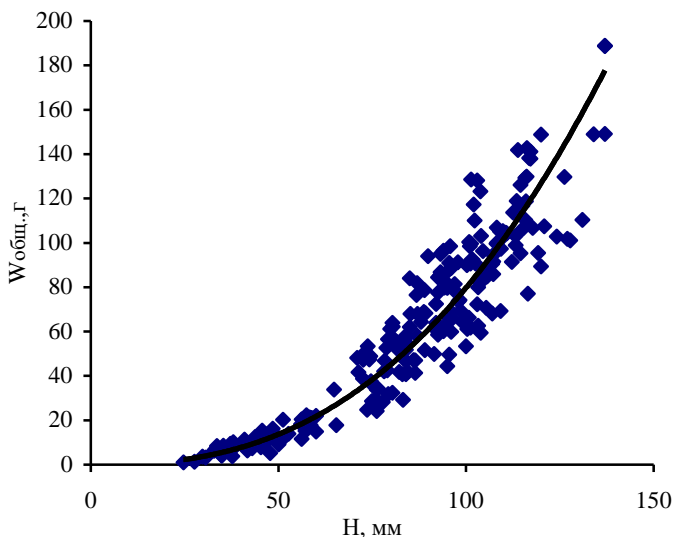


Рис. 99. Зависимость общего веса гигантской устрицы *Crassostrea gigas* от высоты раковины

При оптимальной плотности посадки большинство устриц, выращиваемых в Чёрном море, достигает товарного размера в возрасте 18 месяцев. Увеличивая продолжительность культивирования устриц до первой остановки роста, возможно сокращение сроков их выращивания до товарного размера.

Биотехника выращивания устриц в садках сводится к следующим операциям:

1. периодической чистке садков;
2. пересаживанию подросших устриц в дополнительные садки;
3. удалению хищников (рапаны) и створок погибших моллюсков;
4. разъединению сросшихся устриц;
5. изъятию устриц товарного размера для реализации.

Основное неудобство выращивания устриц в садках, особенно в бухтах, где скорости течения низкие, состоит в необходимости чаще чистить садки от обрастателей. Организмы-обрастатели забивают щели и сильно снижают интенсивность водообмена в садках, вследствие чего рост устриц замедляется либо останавливается совсем. Поэтому устриц стараются выращивать вне садков, приклеивая их к верёвкам, где они хорошо омываются водой и не нуждаются в периодических чистках. Приклеивают устриц на специальных столах, где их раскладывают рядами; сверху покрывают сетной полосой шириной 1-3 см, либо верёвкой толщиной 4-6 мм (рис. 100).



Рис. 100. Прикрепление устриц к верёвкам с помощью цемента.

Разводят в небольшом количестве быстро твердеющий цемент (марки **БТ**) и аккуратно (чтобы не заклеить створки) наносят комочки цемента на полосу или верёвку в места, под которыми находятся устрицы.

Можно использовать цемент других марок, но работы, при этом необходимо выполнять в тени в наиболее прохладном месте, где устрицы могут находиться некоторое время без воды. Клеить устриц можно на деревянные рейки, катанку, капроновые верёвки и т.д.

Комочки цемента, размером с грецкий орех, наносят ближе к замку, а не к открывающемуся краю. Сверху раскладывают верхний слой устриц. В итоге получаем полосу, с двух сторон обклеенную

устрицами. Для поклейки годятся устрицы размером 2-4 см; расстояния между приклеенными устрицами 8-10 см.

Чрезвычайно важно следить за появлением в садках молоди рапаны. В настоящее время этот хищный моллюск стал массовым видом у берегов Чёрного моря. Плавающие в воде личинки рапаны оседают на твёрдые поверхности во второй половине лета или в первой половине осени. Мелкие рапаны, едва достигшие 1 см, способны нападать на крупных устриц, просверливая отверстия размерами от 0,4×0,7 мм до 0,7×1,5 мм, через которые они вводят внутрь устрицы пищеварительные соки и хоботком втягивают жидкие полупереваренные продукты. Рапану можно удалять из садков путём визуального просмотра содержимого садков. Но можно изготовить металлическое сито с ячейёй 2,5 см, на котором будут промываться устрицы, в результате чего рапаны просыпятся вниз. Можно также садки с устрицами выдержать в течение 6-8 час на воздухе при температуре не выше 15°C, что приведёт к гибели рапаны. Возможна также непродолжительная выдержка устриц с рапаной в пресной воде. Однако последний вариант нуждается в экспериментальной проверке.

Неподвижное скопление растущих устриц постепенно превращается в единый ком сросшихся моллюсков, что не допустимо. Сросшихся устриц необходимо разъединять с помощью ножа, которым действуют как рычагом. Данная операция обычно сопровождается отходом устриц, особенно когда пытаются разъединить давно сцеметировавшихся моллюсков.

Резюмируя технологию выращивания устриц в садках, можно утверждать, что чем чаще проводятся на ферме работы с садками, тем меньше потери и тем быстрее наступает период сбора урожая.

В отличие от мидий, устрицы данного вида не имеют единого коммерческого размера. Европейцы устриц потребляют в основном в живом виде, а среди потребителей имеются как любители мелких устриц, так и средних и крупных. Начинают продавать устриц, достигших всего 30-40 г, которые относятся к категории мелкие (*petites*), подкатегории 6 (таб. 44).

Устрицы средние относятся к категории М (*moyennes*); крупные – к категории G (*grosses*); очень крупные к TG (*tres grosses*).

Таблица 44. Классификация товарных устриц по весу

Категория, подкатегория	Общая масса устрицы, г
TG TG1	110 и более
G G2	80 - 110
M	50 -80
M3	65 - 80
M4	50 - 65
P	30 - 50
P5	40 - 50
P6	30 - 40

Для специалистов и читателей с биологическим образованием приводим сведения о возможностях генетического улучшения гигантской устрицы *C. gigas* и о получении гетерозисных личинок этой устрицы в питомнике ИМБИ. Читатели без специальной подготовки могут пропустить данный раздел, что не повредит им в понимании и усвоении содержания остальных разделов книги.

3.3. Генетическое улучшение гигантской устрицы

Получение гетерозисных личинок гигантской устрицы в питомнике ИМБИ.

В настоящее время вид *C. gigas* состоит из множества популяций, географически разобщённых и не скрещивающихся между собой. В результате продолжительного естественного отбора в каждой популяции остаются генотипы, наиболее приспособленные к местным условиям, поскольку концентрация аллелей в популяции, ответственных за приспособленность, повышается с каждым поколением и соответственно снижается норма реакции генотипов на изменяющиеся условия существования. В каждой популяции также сохраняется высокий уровень гетерозиготности, как результат свободного скрещивания. При искусственном разведении устриц в питомнике маточное стадо – это небольшое количество индивидуумов, по сравнению с числом особей вида. В данном случае некоторые генетические варианты или вовсе отсутствуют, или

присутствуют с нетипичной для вида частотой. Пополнение маточного стада особями, отобранными из природных популяций, позволяет избегать близкородственных скрещиваний, поскольку инбридинг может быть направлен против продуктивности. Однако сознательное применение инбридинга при выведении чистых линий является общим приемом селекции для улучшения пород. Высокая плодовитость гигантской устрицы позволяет получать необходимое количество потомков при инбридинге.

Значительное преимущество потомков в росте и выживаемости, по сравнению с родителями, называется гетерозисом, а гетерозис возникает у гибридов, у которых родители имеют генотипические различия. Гибридные потомки являются гетерозиготными по большинству генов. Одна из характерных особенностей гетерозиса – наиболее сильное его проявление у гибридов первого поколения.

В питомнике ИМБИ для получения гетерозисных потомков в качестве производителей были использованы генетически дифференцированные устрицы: атлантической и черноморской когорты. Атлантическая когорта устриц была получена при скрещивании маточного стада питомника и устриц, отобранных из природных поселений по критерию формы и внешнего вида раковин. Черноморская когорта инбредных устриц была получена в результате многолетнего искусственного отбора и близкородственных скрещиваний в течение пяти лет. Коэффициент инбридинга, определенный согласно графику (Дубинин, 1985) составил не менее 0,8. Угнетающее действие инбридинга проявилось в снижении выживаемости на личиночных стадиях, особенно на стадии раннего велигера, а также в период перехода великонхи на стадию педивелигера. Отмечено аномальное развитие личинок в период формирования раковины (стадия D-велигера). Положительным эффектом при близкородственных скрещиваниях был факт выщепления летальных генотипов. Поскольку отход инбредных устриц, в основном, происходил на личиночных стадиях, то слабо приспособленные особи не вовлекались в последующие скрещивания. По результатам выживаемости личинок, полученных в 2003 и 2006 гг. (соответственно 25 и 21,4%) можно судить о том, что инбредный минимум достигнут, и дальнейшее снижение выживаемости в последующих инбредных поколениях происходит

не будет. После оседания на субстрат и подращивания до товарного размера, темп роста и выживаемость инбредной линии гигантских устриц не отличались от таковых из естественных мест обитания.

Содержание производителей и проведение скрещиваний.

В 1998 г. из Карадагского отделения ИнБЮМ были переданы 25 экз. трехлетних *C. gigas* в качестве производителей, которые были примерно 10-ым поколением устриц, акклиматизированных в Чёрном море. В 1999 г. в питомнике института (г. Севастополь) в результате группового скрещивания (10♀ x 1♂) получено потомство гигантской устрицы. Ежегодно, начиная с 2000 по 2003 гг., личинок получали от скрещиваний потомков одних родителей (сибсов) и (или) при возвратных скрещиваниях (родителей с потомками). В качестве маточного стада использовали до 100 экз. устриц, а для скрещивания отбирали около 50 экз. возраста от 1 до 4 лет.

В марте 2004 г. из питомника SATMAR (Франция) был получен спат *C. gigas* высотой раковины около 15 мм. До половозрелости его дорастивали в выростном садке на мидийно-устричной ферме (внешний рейд Севастопольской бухты).

В 2006 г. были проведены три типа скрещиваний: № 1 – между устрицами черноморской когорты (инбридинг); № 2 – между устрицами атлантической когорты (аутбридинг) и № 3 – перекрестное скрещивание, проведенное по схеме:

♀♀ черноморская когорта × ♂♂ атлантическая когорта;

♀♀ атлантическая когорта × ♂♂ черноморская когорта.

Кондиционирование производителей, стимуляцию их нереста и весь процесс выращивания личинок осуществляли согласно патенту № 76680 UA. Нерест каждого производителя проходил в отдельном сосуде с профильтрованной морской водой и аэрацией. Для скрещивания отбирали одинаковое количество яйцеклеток от каждой самки и сперматозоидов – от самцов. Личинок от скрещиваний № 1 и № 2 в течение двух суток от момента оплодотворения выращивали при плотности 50 тыс. лич./л; на стадии велигера – при 10 тыс. лич./л; на стадиях великонхипедивелигера – 5 тыс. лич./л. В скрещивании № 3 плотность посадки личинок на стадии велигера составила 30 тыс. лич./л, а на стадиях великонхипедивелигера – 15 тыс. лич./л.

Индекс формы раковины производителей рассчитывали по формуле:

$$IF = \frac{(H + t)}{L},$$

где: H – высота, мм; t – толщина, мм; L – длина, мм раковины устриц. Метрические характеристики устриц определяли штангенциркулем (до 0,1 мм).

Коэффициент вариации (CV) размеров личинок определяли согласно формуле:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}},$$

где: σ – среднеквадратичное отклонение, \bar{X} – среднее значение высоты раковины.

У черноморской когорты устриц раковина более плоская, чем у атлантической когорты (рис. 101).



Рис. 101. Черноморская (первый ряд) и атлантическая (второй ряд) когорты гигантской устрицы.

Об этом можно судить как по индексу формы, так и по показателю отношения высоты к толщине раковины. Так, у 73% черноморских производителей высота раковины больше толщины в 3-4,2 раза. Примерно такая же доля атлантических устриц, у которых высота раковины больше толщины в 1,41-3 раза.

Сравнение темпа роста и развития гибридных личинок с личинками от других скрещиваний.

Личинки, полученные при скрещивании черноморской когорты инбредных устриц с атлантической, по темпу роста и особенно выживаемости на личиночных стадиях, значительно превосходили личинок от скрещивания атлантических или черноморских. Продолжительность выращивания личинок, от момента оплодотворения до оседания на субстрат, в скрещиваниях черноморских (№ 1) и атлантических устриц (№ 2) составила 25 суток, а в перекрестном скрещивании (№ 3) – 21 сутки. Среднесуточный прирост гибридных личинок за период выращивания в 1,2 раза превышал прирост личинок от двух других скрещиваний и составил 13 мкм/сут. На стадии велигера (возраст 2 – 10 сут) темп роста личинок во всех скрещиваниях был аналогичным. На стадиях поздней великонхи и педивелигера гибридные личинки превосходили в росте на 4,7 мкм/сут не только инбредных, но и личинок от скрещивания № 2. В этот же период во всех скрещиваниях было отмечено максимальное варьирование размеров личинок. Так, коэффициент вариации гибридных личинок составил 11,5%; в скрещиваниях № 1 и № 2 – соответственно в 2,2 и 1,5 раза выше.

На протяжении всего периода выращивания выживаемость гибридных личинок была максимальной. Если в скрещиваниях № 1 и № 2 максимальный отход (30 и 16,6% соответственно) отмечали в течение 7 суток от момента оплодотворения, а на 14 сутки выращивания в инбредном скрещивании осталось 52,6%; в аутбредном – 72,6%, то в скрещивании № 3 насчитывалось 93,8% личинок от исходного количества. Через три недели доля личинок в скрещиваниях № 1 и № 2 составила соответственно 32,3%, и 56,3%, а в третьем скрещивании – 86,4%. В этот период все гибридные личинки были готовы к оседанию. В двух других скрещиваниях до оседания личинок доращивали еще 4 суток.

Описанный способ получения гетерозисных личинок гигантской устрицы *C.gigas* в питомнике отличается эффективностью и превосходит таковую от других скрещиваний в 6,7-8,2 раз. Эффективность в данном случае – это суммарное значение показателей превосходства гетерозисных личинок по скорости роста

(в 1,2 раза), выживаемости (в 2,5 и 4 раза) при плотности посадки личинок в три раза превышающей оптимальные значения, при которых выращивали личинок от других скрещиваний.

Эколого-географические направления селекции гигантской устрицы Crassostrea gigas Th.

Географическая изоляция популяций гигантской устрицы приводит к биологической и эволюционной дифференциации. В разных эколого-географических условиях создаются экотипы, отличающиеся как формой раковины, так и хозяйственно-ценными признаками. Признаки, которыми должны обладать культивируемые моллюски, рассеяны в природных популяциях, и являются источником генетического разнообразия. Сущность эколого-географического направления селекции гигантской устрицы состоит в том, чтобы разобщённые признаки объединить в потомстве. В настоящее время, когда разработана биотехника полноциклического культивирования гигантской устрицы и происходит её разведение во многих странах, главной целью является генетическое улучшение, направленное на увеличение продукционных характеристик, и в первую очередь – темпа роста и выживаемости, особенно на ранних стадиях онтогенеза.

В 2015 г. в устричном питомнике ИМБИ РАН сформировано маточное стадо устриц, отобранных из природной популяции Японского моря (тихоокеанская когорта, возраст 1 год) и выращенных в питомнике побережья Испании (атлантическая когорта, возраст 3 года). Спат устриц, завезённый из Японского моря, после прохождения карантина, был выставлен в садках на доращивание на мидийно-устричную ферму (внешний рейд Севастопольской бухты).

Проведены два типа скрещиваний по схеме:

♀♀ тихоокеанская когорта × ♂♂ атлантическая когорта;

♀♀ атлантическая когорта × ♂♂ тихоокеанская когорта.

Личинок выращивали при оптимальной температуре воды (22,3-24,3°C) и плотности посадки, определённой ранее методами многофакторных экспериментов. В течение первых суток выращивание проходило при плотности посадки 20 тыс. лич./л; на стадии велигера (2-6 сут) – при 10 тыс. лич./л; на стадиях великонхи (7-16 сут) и педивелигера (17-19 сут) – 5 тыс. лич./л.

Корм личинок состоял из 8 видов микроводорослей, культивируемых в питомнике: *I. galbana*, *M. lutheri*, *T. suecica*, *T. viridis*, *D. viridis*, *C. calcitrans*, *P. tricornutum*, *R. salina*. Рацион составляли с учётом стадии развития личинок и их размеров. При переходе на последующие стадии в состав основного корма включали ещё *Chlorella vulgaris*. Эта водоросль синтезирует антибиотик «хлореллин», который уничтожает патогенную микрофлору, а также нейтрализует токсины, что способствует укреплению иммунитета личинок.

В качестве субстратов для оседания личинок использовали специально подготовленные раковины мидий, пластмассовые чашки, деревянные бруски, раковины устриц, куски траловой дели. Спат подращивали в питомнике в течение 26 сут в двух емкостях объемом 450 л с ежедневной сменой воды, постоянной аэрацией и подачей корма три раза в сутки.

Сравнение метрических характеристик производителей, отобранных для скрещивания, показало, что у тихоокеанской когорты устриц более плоская раковина, чем атлантической. Об этом можно судить по индексу формы: $IF = 1,65$ и $IF = 2,23$ соответственно у тихоокеанских и атлантических (рис.102 цветной вкладыш, стр. 497).

Среднесуточный прирост гибридных личинок на стадии велигера составил 8,2 мкм/сут, на стадиях великонхи и педивелигера – соответственно 20,4 и 25,2 мкм/сут, что выше максимальных значений прироста, установленных ранее для личинок, полученных при скрещивании производителей черноморской когорты (рис. 103).

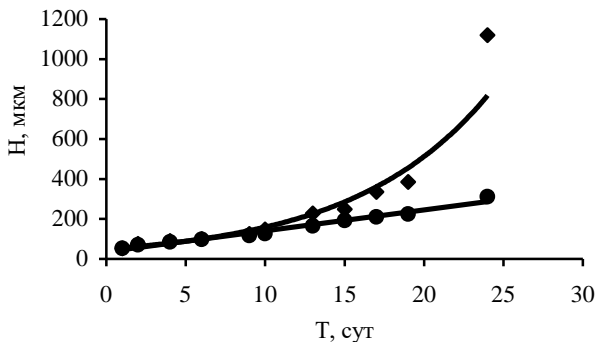


Рис. 103. Рост личинок гигантской устрицы *Crassostrea gigas*, полученных при скрещиваниях тихоокеанской с атлантической когортой (верхняя кривая) и особой черноморской когорты (нижняя кривая).

Динамика роста гибридных личинок удовлетворительно описывается экспоненциальной функцией:

$$H_t = H_0 \cdot e^{0.1043t}; R^2 = 0,9851,$$

где: H_t (мкм) – высота раковины личинок за t – сут; $1 \leq t$, сут ≤ 19 ; $H_0 = 54,078$ мкм; $e = 2,71828$ – основание натурального логарифма.

На протяжении всего периода выращивания выживаемость личинок была на уровне максимальных величин, отмеченных ранее для гетерозисных потомков гигантской устрицы, и составила около 70%.

Оседание гибридных личинок на субстрат произошло на 19 сут, тогда как личинки от скрещивания черноморской когорты, выращивание которых проходило при сходных условиях, осели на 26 сутки (рис. 104 цветной вкладыш, стр.498).

Среднесуточный прирост спата при подращивании в питомнике составил 180 мкм/сут. Его рост описывается линейной зависимостью:

$$H = 0,1777 \cdot t - 3,127; R^2 = 0,9927; (19 \leq t, \text{сут} \leq 45).$$

В середине августа коллекторы со спатом гигантской устрицы размерами около 5 мм были выставлены на доращивание на мидийно-устричную ферму (рис. 105 цветной вкладыш, стр. 499).

Через четыре месяца средняя высота раковин спата составила 46 мм, максимальная – 76,3 мм (рис. 106 а, цветной вкладыш, стр.499), а через 1,5 года большинство устриц достигло товарного размера (рис. 106 в, цветной вкладыш, стр. 500).

Таким образом, гибридную силу личинок и спата гигантской устрицы, можно объяснить и тем, что у потомков, полученных в результате эколого-географического скрещивания, норма реакции на изменяющиеся условия среды расширяется до пределов исходных популяций.

Способы получения полиплоидов.

Искусственно вызванная триплоидия – это один из генетических методов, направленных на повышение продукционных показателей устриц. В ядре соматических клеток триплоидных моллюсков имеется три набора хромосом ($3n = 30$ хр.). По причине несбалансированности набора хромосом формирование половых клеток не возможно, и потребляемая энергия идет на соматический рост.

Линейный и весовой рост триплоидных устриц превышает рост диплоидных ($2n = 20$ хр.) на 40-50%. Поскольку триплоидные устрицы не дают потомства, их необходимо каждый раз производить в питомнике.

Известно несколько способов получения триплоидных устриц:

- скрещивание диплоидных с тетраплоидными;
- ингибирование (торможение) первого мейотического деления: химическим (раствором цитохалазина Б) или физическим способами (высоким давлением; при температуре воды, выше или ниже оптимального значения для оплодотворения).

Тетраплоидные устрицы можно получить при блокировании первого митотического деления оплодотворенных яйцеклеток одним из выше указанных способов (рис.107).

Линейный рост тетраплоидных устриц может быть несколько ниже, чем диплоидных, но они могут и не отличаться по темпу роста. По форме раковины тетраплоидные устрицы не отличаются от диплоидных.

Напротив, у триплоидных устриц левая створка более выпуклая, чем у диплоидных. Она напоминает форму лодочки. Однако, точное определение ploидности возможно только цитокариологическими методами. Для сохранения производителей живыми, целесообразно оценивать ploидность по их половым клеткам.

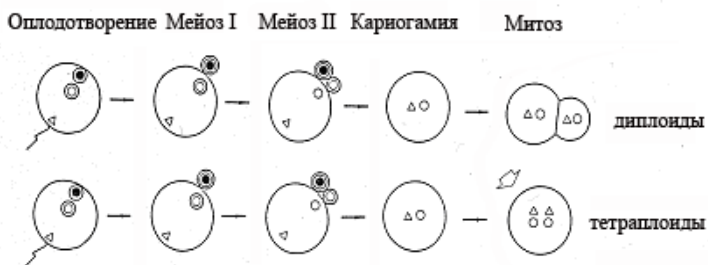


Рис. 107. Схема получения тетраплоидов.

Получение тетраплоидов воздействием на оплодотворённые яйцеклетки водой аномальной температуры.

Оплодотворенные яйцеклетки переносили в морскую воду и выдерживали при температуре 4°C (или 35°C) в течение 15 мин. Затем возвращали в воду 25°C (рис. 108).

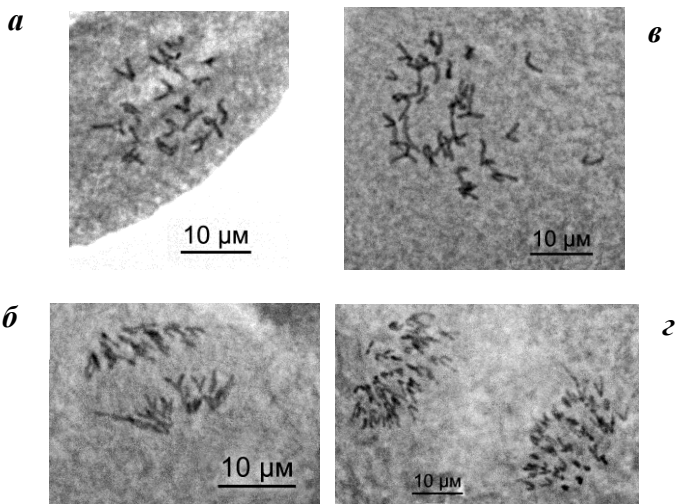


Рис. 108. Диплоиды ($2n = 20$ хромосом): *а* – метафаза митоза; *б* - анафаза митоза и тетраплоиды ($4n = 40$ хромосом): *в* - метафаза митоза; *г* - анафаза митоза гигантской устрицы, полученные в питомнике ИМБИ.

Количество тетраплоидов составило 46-60%. Выживаемость полиплоидных личинок, полученных при воздействии водой низкой температуры, выше.

Получение тетраплоидов под воздействием высокого давления.

В прибор, создающий давление 8 атм., помещали открытую пластмассовую пробирку с оплодотворенными яйцеклетками. Плотность посадки яйцеклеток – 50 тыс./л, продолжительность воздействия – 15 мин. Выход полиплоидов – до 60% .

Получение триплоидов обработкой оплодотворённых яйцеклеток раствором цитохалазина Б (СВ) (рис. 109).

Через 5-7 мин после оплодотворения при температуре воды 20°C яйцеклетки переносили в 1 М раствор цитохалазина Б (0,5 мг/л).

Объём ёмкости – 500 мл; плотность посадки яйцеклеток – $5 \cdot 10^6$ яиц/л. Продолжительность воздействия – 15 мин.

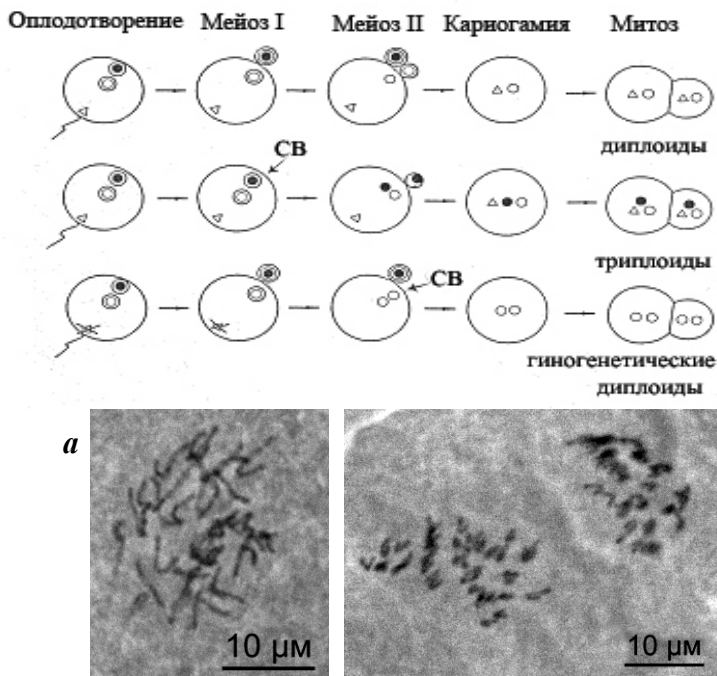


Рис. 109. Схема получения триплоидов ($3n = 30$ хромосом; *а* - прометафаза митоза, *б* - анафаза митоза) и гиногенетических диплоидов.

Затем яйцеклетки промывали в течение 15 мин в профильтрованной морской воде и переносили в ёмкость с профильтрованной морской водой и аэрацией. Эмбриональное развитие проходило при плотности посадки 50 тыс. яиц/л. При таком способе выход полиплоидов составил от 38 до 68%.

Получение гиногенетических диплоидов.

При необходимости сохранения и передачи потомкам только материнского генома, оплодотворение проводят инактивированной радиацией спермой и воздействием на оплодотворенные яйцеклетки цитохалазином Б в период второго мейотического деления (на 40 мин

после оплодотворения). Продолжительность воздействия прежняя (см. рис. 109).

3.4. Воспроизводство черноморской устрицы *O. edulis*

Как уже отмечалось, черноморская устрица отличается высокими вкусовыми качествами; её значительно проще экспортировать в Европу, т.к. европейский рынок по этой устрице не насыщен. Однако, при подращивании устриц на ферме, температура морской воды не должна превышать 19°C. Решение этого вопроса возможно технически, например, заглубляя в летний период садки с устрицами ниже термоклина

Биотехника культивирования устриц *O. edulis* принципиально не отличается от описанной технологии выращивания гигантской устрицы и включает следующие этапы: отбор и кондиционирование производителей, получение, выращивание и осажение личинок, подращивание спата с последующим его переносом в море, наращивание кормовых микроводорослей.

Для создания маточного стада в питомнике ИМБИ РАН были отобраны здоровые устрицы из бухты Казачья (Севастополь) и озера Донузлав (северо-западный Крым). Устриц содержали в садках (овощных пластмассовых ящиках, обтянутых делью), подвешенных на глубине 4-5 м. Кондиционирование производителей проводили в течение 5-6 дней с ежедневной сменой воды, подачей корма и постоянной аэрацией воды. Устриц кормили микроводорослями: *I. galbana*, *M. lutheri*, *D. viridis*, *Thalassiosira weissflogii* в соотношении клеток 2:1:1:1 при суммарной концентрации 200 тыс. кл/мл. Вынашивание устрицами личинок проходило в природных условиях. Их выход стимулировали плавным повышением температуры воды с 19 до 21°C. Личинок собирали при помощи сита с размером ячеек 140 мкм. Видовую принадлежность проверяли по строению замкового края раковины велигеров. Выращивали личинок в плоскодонных емкостях объемом по 30 л при постоянной аэрации воды, плотности посадки 1,5 и 3,0 тыс. лич./л, концентрации корма от 50 до 150 тыс. кл/мл. Состав микроводорослей варьировал в зависимости от личиночной стадии. На стадиях продиссоконх I и продиссоконх II корм состоял из *I. galbana*, концентрация 50-100 тыс. кл/мл; на

стадии великонхи – *I. galbana* + *M. lutheri*, концентрация 100 тыс. кл/мл, соотношение клеток 2:1; на стадии педивелигера – *I. galbana* + *D. viridis* + *T. weissflogii*, концентрация 150 тыс. кл/мл, соотношение клеток 1:1:2. Смену воды в сосудах с личинками проводили ежедневно; личинок отфильтровывали через сито с размером ячеек 150, 180 и 220 мкм в зависимости от их размеров. Кондиционирование производителей и выращивание личинок проводили в профильтрованной морской воде (солёность 17,9-18‰; рН 7,9-8,0).

Количество личинок определяли с помощью камеры Богорова под бинокляром МБС-9, отбирая три пробы штемпель-пипеткой, предварительно сконцентрировав и равномерно распределив личинок в объёме 500 мл. Темп роста личинок изучали, измеряя высоту (Н, мкм) и длину (L, мкм) раковины с интервалом 2-3 сут (по 30 измерений). Подсчитывали средние значения Н и L (мкм), их доверительные интервалы ($\pm i$, мкм) и абсолютный прирост (мкм/сут).

Оседание педивелигеров проходило на коллекторы, изготовленные из раковин мидий и пластмассовых пластинок (рис. 94), предварительно выдержанных в море в течение 2-х месяцев. Спат подращивали в питомнике до размеров 4-5 мм в ёмкости, объёмом 500 л при ежедневной смене воды и подаче корма.

После подращивания спата в питомнике коллекторы со спатом были выставлены в море на дорощивание. Через два месяца после оседания спат отделяли от субстрата и распределяли по садкам. В течение года изучали темп роста и выживаемость молоди в садках.

Отбор здоровых производителей наиболее важный этап биотехники, определяющий выживаемость личинок и молоди. Разработанные критерии отбора (по хрупкости раковины, скорости сокращения мускула-замыкателя, и наличию инфузорий в мантийной жидкости) дают возможность разделить производителей на условно здоровых и больных без вскрытия раковины. При неправильном отборе существует вероятность заражения культуры личинок раковинной болезнью и засорение её инфузориями, т.к. выход личинок и созревание спор гриба происходит при сходных температурных условиях (19-22°C). У больных самок наблюдаются выпуск яйцеклеток и несформированных личинок.

Нерестовый период черноморской устрицы в природных условиях непродолжительный (июнь-июль). Плавное повышение температуры воды до 20-21°C, обильное питание (суммарная концентрация $4,8 \times 10^9$ кл./устр.·сут), ежедневная смена воды и постоянная аэрация – необходимые условия подготовки устриц к нересту в питомнике. Нерест происходил через 4-5 сут после его стимуляции. Вынашивание личинок продолжалось в течение 5-6 сут при температуре воды 21,5°C. Выход (или "роение") личинок из супрабранхиальной полости самок продолжался 5-6 сут. Максимальное количество выпущенных личинок наблюдали на 7-8 сут (табл. 45).

Таблица 45. Продолжительность выхода личинок *O.edulis* из супрабранхиальной полости и их размеры

Т, сут.	1998 г			1999 г		
	Кол-во, тыс. лич.	Л, мкм (средн.)	Н, мкм (средн.)	Кол-во, тыс. лич.	Л, мкм (средн.)	Н, мкм (средн.)
5	85	155,5	136,5	–	–	–
6	240	166,0	147,3	75	162,2	147,2
7	2127	156,8	140,7	300	168,0	151,6
8	1520	167,4	151,1	1008	169,0	153,2
9	114	172,2	152,3	165	170,0	151,0
10	11	176,0	153,2	60	179,0	154,0

С каждым последующим днём размеры выпущенных личинок были крупнее и к концу срока «роения» их длина составила 176,0-179,0 мкм. Количество выпускаемых личинок увеличивалось при пересадке самок в чистую воду. Средняя плодовитость самок составила 1 млн. 24 тыс. и 536 тыс. лич./самку и зависела от размеров самки.

При известной продолжительности вынашивания личинок и сроках начала нереста, а также с целью получения более жизнестойких потомков в дальнейшем был исключён этап кондиционирования производителей. Создать необходимые условия

для кондиционирования производителей в питомнике, аналогичные таковым в природных условиях, довольно сложно. Это связано с подбором качественного состава корма, как для производителей, так и личинок, находящихся в супрабранхиальной полости самок. Искусственное повышение температуры воды или слабая проточная система приводит к колебаниям растворенного кислорода и накоплению в воде продуктов жизнедеятельности. Все это может отразиться на выживаемости личинок. Выращивание личинок до момента оседания на субстрат продолжалось 17 (в 1999 г.) – 18 (в 1998 г.) сут (табл. 46).

Таблица 46. Динамика роста личинок *O.edulis* в 1999 году

Т, сут	L, мкм (средн.)	L, мкм		Н, мкм (средн.)	Н, мкм		Н/L
		max	min		max	min	
1	169,6	189,0	154,0	153,2	175,0	140,0	0,90
3	185,0	224,0	168,0	161,0	203,0	161,0	0,87
4	203,0	224,0	175,0	182,0	196,0	157,0	0,90
5	202,7	222,0	182,0	182,0	201,0	168,0	0,90
6	207,8	224,0	196,0	186,3	203,0	175,0	0,90
7	213,5	231,0	203,0	191,7	213,0	182,0	0,90
10	236,0	294,0	203,0	212,9	280,0	182,0	0,90
12	254,2	308,0	203,0	221,6	294,0	182,0	0,87
14	272,0	350,0	203,0	248,5	308,0	182,0	0,91
17	296,5	350,0	210,0	266,0	315,0	189,0	0,90

Продолжительность планктонных стадий личинок зависела от среднесуточной температуры воды, которая изменялась в пределах 21,8 - 23,7 и 18,0 - 22,5°C соответственно в сезоны выращивания 1999 и 1998 гг. Плотность посадки личинок во втором случае была в два раза выше (1,5 и 3 тыс. лич./л). Эти два значимых фактора определяли темп роста личинок. Концентрация и состав корма были аналогичны.

Выделяют следующие планктонные стадии личинок устриц, связанные с изменением морфологических показателей раковины: продиссоконх I, продиссоконх II, великонха и педивелигер.

Продиссоконх I – это прямозамковый D-велигер, образование которого начинается в супрабранхиальной полости самки. Эта стадия наблюдалась ещё 3-5 дней в планктоне. Длина раковины личинок на стадии продиссоконх II около 200 мкм. Продолжительность её 2-3 сут.

Выпячиванием макушки начинается стадия великонхи. Форма личинки становится ассиметричной, правая створка больше левой. Максимальная длина великонхи 310-320 мкм, продолжительность стадии 6-11 сут. При длине раковины 322-336 мкм образуется «глазок» (пигментное пятно на внешней стороне мантии), расположенный примерно в средней части раковины, ближе к переднему краю.

Через 4-5 сут у личинок появляется нога – это стадия педивелигера (364 мкм). Процесс метаморфоза личинок и оседание на субстрат заканчивается через 4-7 сут при длине раковины 370-390 мкм. Отношение высоты к длине раковины личинок в течение всего периода выращивания изменялось в пределах 0,87-0,91.

В 2001 г от одной самки были получены личинки (опыт № 2), у которых средняя длина раковины достоверно отличалась от размеров личинок, полученных от трёх самок (опыт №1): соответственно $182,0 \pm 7,0$ мкм и $169,7 \pm 10,8$ мкм (таблица 47).

Переход на последующие стадии и метаморфоз личинок в опыте №2 произошел раньше на 2-3 дня, чем в опыте №1. Выращивание личинок проводили в аналогичных условиях, поэтому влияние внешних факторов на различия в темпах роста можно исключить. Влияние материнского эффекта на темп роста и выживаемость личинок оказалось определяющим, т.к. личинки были получены в результате групповых скрещиваний: №1 – $3 \text{♀}_{(1-3)}$ скрестили с $3 \text{♂}_{(1-3)}$; №2 – $1 \text{♀}_{(4)}$ скрестили с $3 \text{♂}_{(1-3)}$. Рост личинок устриц в опыте №2 описывается линейной функцией:

$$L = a + b \times T,$$

где: $a = 187,4 \pm 13,09$; $b = 5,25 \pm 0,85$ ($r = 0,89$; $P = 0,05$); L – средняя длина раковины, мкм, T – возраст, сут.

Таблица 47. Динамика роста личинок *O.edulis*, полученных от трех самок (опыт №1) и одной самки (опыт №2)

Т, сут	опыт №1				опыт №2				°С
	L, мкм	±i, мкм	H, мкм	±i, мк м	L, мкм	±i, мкм	H, мкм	±i, мк м	
1	170	11	–	–	182	7	–	–	18,5
3	171	22	157	23	191	17	170	14	18,5
5	178	30	162	26	195	15	172	20	18,5
7	189	29	169	22	202	20	184	17	18,3
10	211	23	–	–	232	24	–	–	17,5
12	219	35	196	24	246	30	214	27	17,0
14	232	37	199	35	250	36	216	36	17,7
17	246	43	216	42	277	48	233	37	18,5
19	249	38	218	43	285	41	254	46	19,5
21	272	48	239	34	293	45	259	43	20,0
24	298	71	268	64	316	64	285	62	20,5
27	312	63	277	68	326	60	290	61	21,5

Абсолютный среднесуточный прирост личинок в опыте №1 был максимальным на 10, 14 и 21 сутки и составил 7,4; 6,3 и 11,5 мкм/сут.; в опыте №2 – на 10, 17 и 24 сутки и составил соответственно 10,1; 8,9 и 7,5 мкм/сут. Минимальный прирост был отмечен на 5, 12 и 19 в опыте №1 и на 5, 14 и 19-21 сутки – в опыте №2, что совпадало с переходом личинок на следующую стадию развития.

Выживаемость личинок определяется степенью приспособленности их к внешним условиям. Отход может быть вызван повышением температуры воды. Так, в 1999 г. выживаемость личинок за период выращивания составила около 5%. Температура воды в течение всего периода культивирования не опускалась ниже 22°С, а на 10 день повысилась до 23,7°С. В данном случае прошёл

отбор особей, устойчивых к высокой температуре. Количество спата не превышало 1% от начальной численности личинок.

В 2001 г при среднесуточной температуре воды 18,8°C на 24 сут выращивания выживаемость личинок составила 36,1 и 40,0% соответственно в опытах №1 и №2. Максимальный отход произошёл в период между 17 и 20 сут (около 10%/сут), что совпало с переходом личинок на стадию педивелигера. Среднесуточный отход в другие дни не превышал 2%. Оседание личинок закончилось на 33 сут. Метаморфоз прошли 16,7 и 26,7% личинок соответственно в опытах №1 и №2.

В 2000 г спат подращивали в питомнике в течение месяца. При достижении размеров 3,8 мм, он был выставлен в море в садках на дорращивание (табл. 48).

Таблица 48. Рост спата *O.edulis*, осевшего в 2000 г

Размеры (средние значения)	Дата						
	2000 г			2001г			
	6.08	4.10	2.11	1.03	12.04	21.05	18.06
H, мм	3,8	27,4	32,3	35,5	36,8	38,8	42,0
L, мм	3,1	24,4	30,0	33,2	34,8	35,3	35,3

Через год высота раковины увеличилась в 10 раз и составила в среднем 42 мм ($H_{\max} = 53$ мм). Среднесуточный прирост спата был максимальным в августе-октябре; минимальный – отмечен в декабре-апреле. В этот период замедление темпа роста устриц связано с относительно низкой температурой воды (около 8°C). Опыты по получению молоди черноморской устрицы были успешно повторены в 2008 году. Личинки, осевшие на дисковые коллекторы и раковины гигантской устрицы и мидии, через 3,5 месяца подращивания в море, были перенесены в садки (рис. 110 цветной вкладыш, стр. 501).

В мае-июне прирост устриц увеличился примерно в 3,5 раза, по сравнению с зимним сезоном, но был ниже в 3 раза по сравнению с

летне-осенним, т.к. в этом возрасте темп роста устриц уже замедляется.

Таким образом, за первые пять месяцев выращивания размеры устриц увеличились до 32,3 мм. За последующий период прирост составил всего 10 мм. Товарного размера (50-60 мм) черноморские устрицы достигли в возрасте 2,5 года.

Заключение. Воспроизводство черноморской устрицы *O.edulis* возможно только в искусственных условиях, при получении личинок от здоровых производителей. Темп роста и выживаемость личинок, выращиваемых в питомнике, зависят от качественного отбора производителей, температуры воды, плотности посадки личинок, состава и концентрации корма. Равномерного оседания спата можно достичь при оптимальной плотности посадки педивелигеров и регулируя режим аэрации воды в период оседания личинок на субстраты. Темп роста спата устриц, подращиваемых в садках в море, определяется, в основном, сезонной динамикой температуры воды и плотностью их посадки.

Глава 4

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Процесс культивирования микроводорослей в питомнике ИМБИ РАН включает:

- подготовку питательных сред;
- хранение коллекции кормовых водорослей (маточные культуры);
- подготовку инокуляционного материала (стартовые культуры);
- массовое культивирование микроводорослей.

Основные этапы культивирования микроводорослей представлены на схеме (рис. 111 цветной вкладыш, стр. 502).

Наиболее важными факторами, влияющими на рост микроводорослей, кроме питательной среды, являются: температура, интенсивность света (освещённость), фотопериод, солёность воды, рН среды. Для каждого вида водорослей значения этих факторов различны. Так, максимальные численности клеток и биомассы диатомовых водорослей можно получить при температуре 16-18°C, золотистых – 22-24°C, а зелёных – 22-26°C. Поэтому культивирование микроводорослей в питомнике включает и оптимизацию этих условий (табл. 49.)

Таблица 49. Оптимальные параметры культивирования микроводорослей в питомнике

№	Параметры культивирования	Оптимальные значения
1	Температура, °C	18 - 24
2	Освещённость, клк	1 - 10
3	Солёность морской воды, ‰	16 - 18
4	Фотопериод (день : ночь), ч	16:8 минимум; 24:0 максимум
5	рН	7,5 - 8,2

4.1. Подготовка питательных сред

Процесс интенсивного культивирования микроводорослей зависит от качества морской воды, используемой для приготовления питательной среды. Существует ряд способов обработки морской воды при выращивании одноклеточных водорослей:

1. фильтрация через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 или 0,22 мкм;
2. стерилизация при температуре 65-75°C;
3. автоклавирование;
4. химическая обработка гипохлоритом натрия (NaOCl).

Фильтрация морской воды через мембранные фильтры с последующей ультрафиолетовой стерилизацией и химическая обработка воды применяются в крупных промышленных питомниках.

Для ультрафиолетовой стерилизации морской воды используются специальные ультрафиолетовые стерилизаторы, смонтированные в жестком корпусе, внутри которого протекает вода, которая подвергается воздействию ультрафиолетового облучения (рис. 112).



Рис. 112. Внешний вид ультрафиолетового стерилизатора.

Вода поступает через нижний патрубок ультрафиолетовой реакционной камеры и протекает вокруг мощной ртутной лампы,

термически защищенной кварцевой трубкой. Длина волны излучения ультрафиолетовой лампы 253 нм. Излучение разрушает молекулы ДНК в клетках бактерий и микроорганизмов, препятствуя их размножению. Выходящая через верхний патрубок вода простерилизована и готова к использованию.

Для химической стерилизации воды используется гипохлорит натрия, который добавляют в морскую воду из расчёта 20-50 мг/л. Химическая стерилизация продолжается не менее 1 часа в зависимости от объёма культиватора, после чего проводится нейтрализация хлора бикарбонатом натрия или тиосульфатом натрия, при этом восстанавливается рН среды до 7,8-8,2.

Автоклавирование или влажная стерилизация паром обычно применяется при культивировании микроводорослей в небольших объёмах (5-6 л) и определяется размером автоклава, т.к. морская вода стерилизуется вместе с колбами. Автоклавирование осуществляется при температуре 120°C под давлением 2 атм., в течение 30 мин.

Опыт нашей работы показал, что в небольших питомниках питательные среды целесообразнее готовить на профильтрованной и стерилизованной морской воде, что позволяет исключить заражение культур микроорганизмами. При очистке морская вода проходит через 4 фильтрующих элемента (фильтры-картриджи) с диаметром пор 20, 10, 5 и 1 мкм, после чего вода стерилизуется при температуре 85°C и обогащается питательными веществами (рис. 113 цветной вкладыш, стр. 502).

При приготовлении питательной среды для коллекционных культур, вода трижды стерилизуется при температуре 85°C с интервалом в один день. Водоросли хорошо растут на питательной среде обогащённой макро- и микроэлементами, которые вносят в морскую воду. К макроэлементам относятся азот, фосфор, калий. К микроэлементам – железо, марганец, медь, цинк, кобальт, бор, молибден. Источниками азота для водорослей могут быть азотнокислый калий или натрий, мочевины; источниками фосфора – одно- или двузамещенный фосфорнокислый калий или натрий, аммофос. Очень важно, чтобы в питательной среде наряду с натрием содержался калий, т.к. он ускоряет рост водорослей. При его отсутствии или недостаточном количестве рост микроводорослей тормозится.

При хранении водорослей на жидких средах следует использовать среду Гольдберга в модификации Кабановой или среду Конвея. При культивировании микроводорослей в 2-5 л колбах или в полиэтиленовых мешках мы используем среду Guillard F/2 или среду Конвея.

Состав среды Гольберга в модификации Кабановой.

Раствор 1		Раствор 2	
KNO_3	– 20,2 г;	$\text{FeSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	– 28 мг;
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	– 0,71г;	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	– 27,03 мг;
H_2O дистиллированная	– 100 мл.	$\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	– 23,8 мг;
		$\text{Na}_2\text{ЭДТА}$	– 300 мг;
		H_2O дист.	– 100 мл.

Рабочий раствор: раствор 1 – 1мл;
раствор 2 – 1 мл;
цистин – 5 мг;
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – 1,2 мг.

Состав среды Конвея (в собственной модификации).

NaNO_3	– 200,0 г ;	$\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	– 0,72 г;
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	– 40,0 г;	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	– 5,20 г;
H_3BO_3	– 67, 2 г;	ЭДТА (трилон Б)	– 90,0 г;
Раствор микроэлементов	– 2 мл;		
H_2O дистиллированная	– 2 л.		
Раствор микроэлементов:			
ZnCl_2	– 2,1 г ;	$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	– 2 г;
$\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	– 2,0 г;	H_2O дист.	– 100 г;
$(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	– 0,9 г;		
Рабочий раствор: 1 мл/1л морской воды.			

Состав среды Guillard F/2.

NaNO_3	– 75 г/л;
$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	– 5 г /л;
$\text{Na}_2 \text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	– 30 г /л.
Следы металлов:	

$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ – 3,50 г;

$\text{Na}_2\text{ЭДТА}$ – 4,36 г.

Растворить в 900 мл дистиллированной воды.

Раствор микроэлементов – 1мл.

Раствор микроэлементов:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ – 0,98 г/100мл ;

$\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ – 2,20 г/100мл;

$\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ – 1,00 г/100мл ;

$\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ – 18,00 г/100мл;

$\text{Na}_2 \text{MoO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ – 0,63 г/100мл.

Витамины:

B_1 – 1 мг;

B_{12} – 1 мг;

B_6 – 20 мг.

Витамины растворить в 1 л дистиллированной воды; отобрать 0,5 мл раствора витаминов и добавить к 1 л стерильной морской воды.

Рабочий раствор: 1 мл среды на 1 л стерильной морской воды.

Потребность микроводорослей в микро- и макроэлементах различна, поэтому при выращивании очень важно правильно подобрать питательную среду, на которой можно получать максимальные биомассы. Например, при культивировании диатомовых водорослей скелетонема и хетоцерос важно, чтобы в состав питательной среды входил кремний, необходимый для развития клеточной оболочки. Поэтому нами используется питательная среда Guillard F/2, содержащая соли кремния.

Максимальная концентрация клеток культуры скелетонемы ($V=2$ л), выращиваемой на среде F/2, составляла 7,42 млн. кл/мл и 4,11 млн. кл/мл – на среде Конвея, а среднесуточный прирост соответственно: 1,72 и 1,34 млн. кл/мл ·сут. Удельная скорость роста водоросли на среде F/2 на порядок выше, чем на среде Конвея (рис. 114).

Концентрация кремния в питательной среде также оказывает влияние на рост микроводорослей и накопление биомассы. Так, при массовом культивировании скелетонемы ($V = 18$ л) на питательной среде F/2 с добавлением силиката натрия: 30 мг/л и 5 мг/л максимальная плотность получена на 5 сутки на среде, содержащей

30 мг/л кремния. При этом удельная скорость роста водоросли на среде с максимальным содержанием кремния составляла $0,03 \text{ сут}^{-1}$, что в 1,8 раза выше, чем при концентрации 5 мг/л кремния в среде F/2 (рис.115).

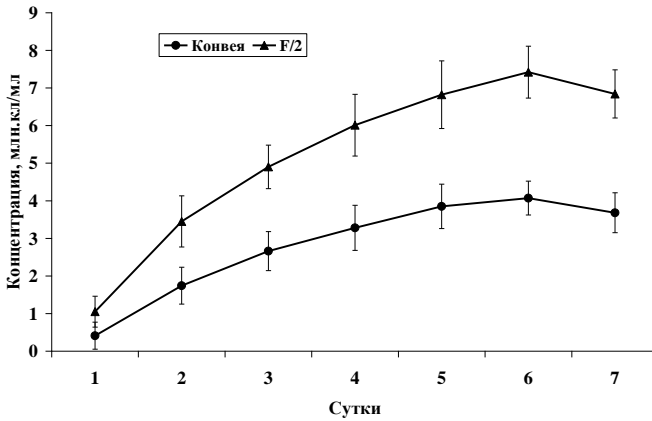


Рис. 114. Динамика роста микроводоросли *Skeletonema costatum* на разных питательных средах.

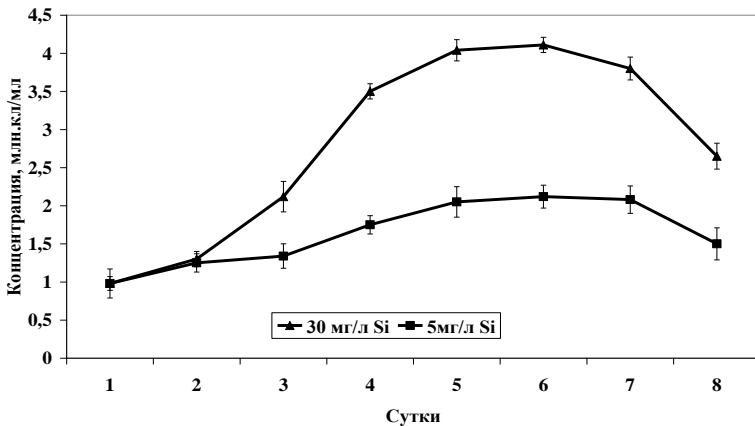


Рис. 115. Динамика роста микроводоросли *Skeletonema costatum* на питательной среде F/2 при разной концентрации кремния.

4.2. Хранение коллекционных культур

Коллекционные культуры (маточные культуры) хранятся в жидкой среде в пробирках или круглых плоскодонных колбах объёмом 100-250 мл, установленных в ламинарном шкафу (рис. 116 цветной вкладыш, стр. 503).

В шкафу производится регулярная стерилизация воздуха, поскольку одним из необходимых условий для содержания коллекционного материала является исключение его загрязнения микроорганизмами. Бактериальное загрязнение коллекционных культур может вызвать в дальнейшем загрязнение стартовых и массовых культур, что послужит причиной гибели личинок моллюсков на ранних стадиях развития. Поэтому пересевы культур должны осуществляться в специальных боксах, которые перед работой стерилизуют не менее 20-30 минут с помощью бактерицидных ламп. При отсутствии таких условий, пересев альгологически чистых культур можно проводить непосредственно в комнате без бокса над пламенем горелки или спиртовки. Коллекционные культуры могут храниться в течение 1-2 недель, а затем их необходимо пересеять.

Длительность выращивания культуры водорослей без пересева в жидкой среде зависит от различных факторов: темпов роста водорослей, запаса питательных элементов в среде, температуры выращивания и т.п. Пересев культур золотистых и зелёных микроводорослей осуществляется через 10-12 дней, диатомовых – через 7 дней.

При работе с коллекционными культурами необходимо соблюдать определенные условия:

- стерильность помещения, посуды, питательных сред. Посуду стерилизуют в сушильном шкафу при температуре не ниже 120°C; питательные среды стерилизуют в автоклаве согласно общепринятым правилам;
- при работе с водорослями, относящимся к разным классам (диатомовые, криптофитовые, золотистые, зелёные), культивирование желательно проводить в изолированных отсеках, чтобы не загрязнить посеvy другими культурами при

совместном их выращивании. Если такой возможности нет, желательно пересевать водоросли в разные дни.

Маточные культуры хранятся при температуре 4-12°C и при интенсивности света не более 1 клк, без аэрации и добавления углекислого газа. Их можно поддерживать как на жидких питательных средах (среда Конвея и среда F/2), так и на твердых агаризованных средах.

При хранении на агаризованной питательной среде небольшой объём культуры высевают в чашку Петри и распределяют посев по всей её поверхности. Чашку помещают на свет для роста, а при необходимости микроводоросли снова переводят на жидкую питательную среду. При таких условиях выращивания, культуры длительное время могут находиться в хорошем физиологическом состоянии. Обычно для хранения водорослей на агаризованных средах используют холодильный шкаф с температурой 4-12°C, освещаемый слабым источником света 300-500 лк. На такой среде микроводоросли можно хранить в течение 3-х месяцев. На агаризованных средах водоросли растут медленнее, чем на жидких.

Длительно выдерживать водоросли без пересева не рекомендуется, т.к. даже на не богатой питательной среде они могут прекратить рост в результате самоотравления продуктами жизнедеятельности. Признаками угнетения жизнедеятельности и прекращения роста могут быть пожелтение культуры, появление белесого оттенка или её помутнение.

Основное назначение коллекционных культур – обеспечение качественных линий стартовых культур.

4.3. Подготовка стартовых культур

Через 1-2 недели маточные культуры переводят в стартовые (инокулят). Для этого 200-300 мл коллекционной культуры переносят в колбу объёмом 2 л, добавляют питательную среду и ставят на световую решетку для дальнейшего наращивания.

Процесс культивирования стартовых культур проходит при температуре 20-22°C, интенсивности света 5 тыс. люкс и постоянной аэрации воздухом. Объём пересеваемой маточной культуры можно увеличивать, это позволит быстрее получить максимальную

плотность стартовой культуры и сократить время её культивирования. Основная задача стартовых культур – получение инокулята за короткий промежуток времени с целью его дальнейшего использования для массового культивирования микроводорослей.

Для наращивания стартовых культур необходимо иметь специальные стеллажи (желательно металлические) со стеклянными полками, которые оборудованы лампами дневного света (рис. 117 цветной вкладыш, стр. 503). Лампы устанавливаются над верхней полкой, а также под каждой ниже следующей.

Культивирование водорослей происходит в течение 7-10 дней на питательной среде Конвея с повышенным содержанием железа. Железо занимает промежуточное положение между макро- и микроэлементами. Потребность водорослей в железе ниже, чем в азоте и фосфоре, но выше, чем в других микроэлементах. В процессе фотосинтеза железо выполняет важную регуляторную роль, т.к. входит в состав многих ферментов.

Железосодержащие белки принимают участие в окислительно-восстановительных реакциях фотосинтеза, дыхания и углеродного обмена. Отсутствие или недостаток железа в питательных средах вызывает значительное уменьшение продуктивности микроводорослей вследствие угнетения фотосинтетической активности, задерживает рост клеток и уменьшает количество хлорофилла.

Стартовые культуры, в зависимости от видовой принадлежности, нарастают в течение разных промежутков времени. Так, для диатомовых и золотистых водорослей этот период составляет 5-7 дней, а для зеленых водорослей – 10 дней.

Наращивание инокулята необходимо продолжать до достижения сухой биомассы водорослей 0,3 г/л, 0,7 г/л и 0,5 г/л соответственно для *I. galbana*, *D. viridis* и *P. tricornutum*. В это время водоросли находятся в логарифмической фазе роста и достигают высокой концентрации.

Далее 1/3 часть их объема используют для выращивания новой стартовой культуры, а остальную – для наращивания больших объемов микроводорослей (массовое культивирование).

4.4. Массовое культивирование микроводорослей

Развитие промышленного производства биомассы водорослей сопровождалось разработкой новых конструкций культиваторов, в которых происходит наращивание микроводорослей до высоких концентраций. В зависимости от потребности питомника в корме, культивирование водорослей может осуществляться в культиваторах разного типа: сферические плоскодонные стеклянные колбы или оплетённые бутылки ($V=20$ л), полиэтиленовые мешки, полиэтиленовые баки в стальной оплётке (объём до 100 л).

В крупных коммерческих питомниках наращивают большие биомассы микроводорослей, поэтому объём культиваторов увеличивается до 480 л, и, как правило, они имеют цилиндрическую форму и изготовлены из прозрачного пластика или полиэтилена. Для поддержания прочности таких культиваторов используют стальной каркас. Осветительные лампы устанавливаются внутри культиватора, что обеспечивает получение больших биомасс водорослей (рис.118 цветной вкладыш, стр. 504). Функционирование таких культиваторов возможно только при наличии поршневых или центробежных насосов. При наращивании больших биомасс микроводорослей необходимо интенсивное перемешивание, для обеспечения равномерного питания водорослей, а это приводит к частичному разрушению клеток у большинства видов водорослей. Кроме этого, стенки культиваторов обрастают водорослями, поэтому после каждого цикла выращивания их необходимо очищать химическим способом.

Для питомника ИМБИ, рассчитанного на получение 100 тыс. экз. спата устриц, использование таких культиваторов нерентабельно. Поэтому в качестве рабочих культиваторов используются одноразовые полиэтиленовые мешки объёмом 20 л (рис.119 цветной вкладыш, стр.505). Их изготавливают из полиэтиленового рукава, основание которого запаивают. Мешки устанавливают по обе стороны световой решетки из люминесцентных ламп ЛД-40, расположенных горизонтально. Мешки используются одноразово, т.к. к внутренней поверхности могут прикрепляться отмершие клетки водорослей и вызывать бактериальное заражение культур. Они удобны в эксплуатации и отвечают требованиям, предъявляемым к

культиваторам закрытого типа. Схема процесса выращивания водорослей при массовом культивировании представлена на рис. 120.



Рис. 120. Схема подготовки питательной среды и массового культивирования микроводорослей.

Массовое культивирование микроводорослей в ИМБИ производится на стерильной морской воде, обогащённой питательной средой Конвея или средой Guillard F/2. Культиваторы на 1/3 заполняли питательной средой, вносили инокулят в объёме 4-6 л, а затем добавляли оставшуюся морскую воду с питательной средой. Мешки устанавливали перед панелью из люминесцентных ламп ЛД-40, расположенных горизонтально. Максимальная интенсивность освещения составляла 10 тыс. люкс. Выращивание водорослей осуществляли при температуре 22-24°C и круглосуточной аэрации газозудной смесью, содержащей 2% CO₂. При таких оптимальных условиях выращивания, через 12-14 дней – на среде Конвея и через 7-10 дней – на модифицированной среде F/2, биомасса водорослей увеличивалась в 2-4 раза по сравнению с исходной.

Рост микроводорослей при массовом культивировании описывается S - образной кривой (рис.121).

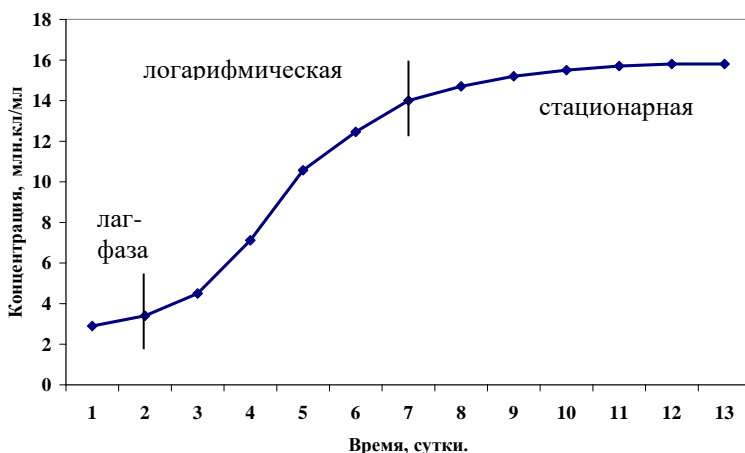


Рис. 121. Динамика роста микроводоросли *Isochrysis galbana*.

Рассмотрим динамику роста микроводорослей на примере изохризиса. В процессе культивирования водорослей различают следующие фазы роста:

- 1) лаг-фаза, когда не происходит увеличения количества клеток – период акклиматизации водорослей (первые 2-3 дня культивирования). Продолжительность лаг-фазы зависит от концентрации клеток в инокуляте. Если используется малое количество клеток, то в свежей питательной среде лаг-фаза наблюдается, а при больших количествах клеток в инокуляте – она не отмечается;
- 2) экспоненциальная или логарифмическая фаза роста, когда численность клеток увеличивается в геометрической прогрессии. После того, как водоросли приспособились к условиям культивирования, их клетки увеличиваются в размере и начинают активно делиться, вследствие чего их численность увеличивается по экспоненте (например, 8, 16, 32, 64 ... и т.д.). Продолжительность этой фазы зависит от скорости деления и величины максимальной концентрации клеток, при которой способен расти данный вид. Чем медленнее размножаются водоросли, тем продолжительнее будет экспоненциальная фаза роста;
- 3) фаза уменьшения относительного роста (фаза замедления роста);
- 4) стационарная фаза роста, когда количество клеток постоянно. Культура достигает максимальной плотности. Деление клеток прекращается, их численность не увеличивается, т.к. происходит снижение концентрации биогенных элементов в питательной среде в результате их использования одноклеточными водорослями и уменьшается количество света, проходящего через плотную культуру. Микроводоросли, собранные на стационарной фазе роста являются высококачественным кормом для двустворчатых моллюсков.

Режимы культивирования водорослей.

Культивирование микроводорослей можно осуществлять в двух режимах: накопительном (периодическая культура) и непрерывном (полупроточная культура). Накопительный режим культивирования предусматривает накопление биомассы водорослей до тех пор, пока не будут израсходованы все биогены и не прекратится рост микроводорослей. Полупроточное культивирование характеризуется

непрерывным ростом водорослей и сочетается с периодическим изъятием определенной части урожая и внесением в культуру свежей питательной среды.

Накопительное культивирование.

Накопительный способ культивирования микроводорослей применяется при выращивании корма для личинок мидий и устриц, находящихся на поздних стадиях развития или при подращивании спата. При культивировании водорослей в данном режиме в культиватор, заполненный питательной средой, вносят небольшое количество инокулята. Начальная концентрация водорослей составляет $4,07 \cdot 10^6$ кл/мл, $0,55 \cdot 10^6$ кл/мл, $0,55 \cdot 10^6$ кл/мл и $0,1 \cdot 10^6$ кл/мл соответственно для *I. galbana*, *D. viridis*, *T. suecica* и *C. calcitrans*. В процессе роста микроводорослей происходит увеличение численности клеток до некоторой максимальной плотности, величина которой зависит от содержания биогенов в питательных средах. Так, максимальные биомассы культивируемых видов водорослей на модифицированной среде F/2 были в 2 раза, а у *C. calcitrans* в 10 раз больше, чем на среде Конвея (табл. 50).

Таблица 50. Максимальные биомассы водорослей при культивировании в накопительном режиме на разных питательных средах

Вид водорослей	Питательная среда (модифицированная)			
	Конвея		F/2	
	Концентрация, млн. кл/мл	Биомасса сырая, г/л	Концентрация, млн.кл/мл	Биомасса сырая, г/л
<i>I. galbana</i>	16,45	1,838	24,05	2,687
<i>M. lutheri</i>	18,75	1,281	30,25	2,067
<i>D. viridis</i>	4,25	2,254	6,85	3,634
<i>T. suecica</i>	3,90	4,517	6,41	7,425
<i>T. viridis</i>	4,56	3,542	9,56	7,965
<i>C. calcitrans</i>	0,95	0,304	11,22	3,588
<i>P. tricornutum</i>	31,85	2,742	40,37	3,476

Накопление биомассы продолжается до тех пор, пока не будут потреблены все биогены, показателем является снижение скорости роста водорослей. Накопление биомассы водорослей представлено на рис. 122.

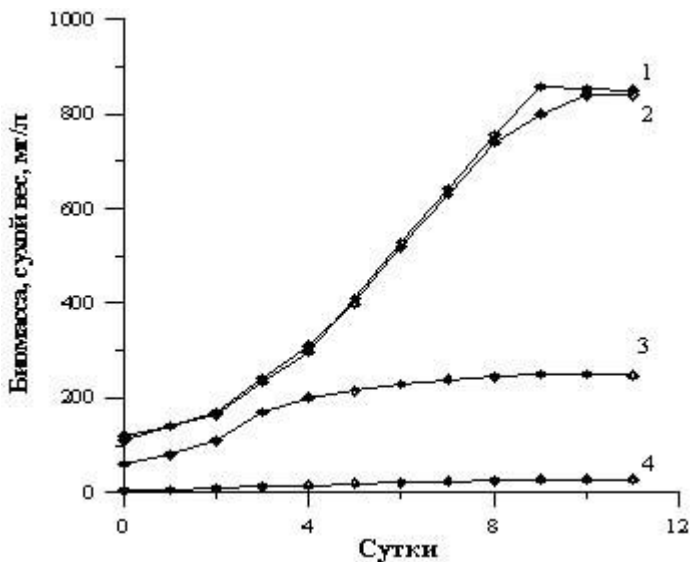


Рис. 122. Динамика биомассы водорослей в накопительных культурах при выращивании в полиэтиленовых мешках на среде Конвея: 1 – *Tetraselmis suecica*, 2 – *Dunaliella viridis*, 3 – *Isochrysis galbana*, 4 – *Chaetoceros calcitrans*.

В зависимости от условий культивирования в накопительном режиме, количество фаз роста может изменяться. Лаг-фаза занимает очень короткий промежуток времени, поскольку культура была уже адаптирована к условиям выращивания.

При культивировании кормовых видов водорослей главной задачей является получение биомассы нужного биохимического состава за короткий промежуток времени, поэтому наибольший интерес представляют три фазы роста: логарифмическая, замедления роста и начало стационарной фазы. В логарифмической фазе роста практически всегда можно выделить участок линейного роста, характеризующийся постоянством скорости роста (продуктивность культуры постоянна). Рост водорослей на этом участке практически

неограничен минеральными компонентами. Биохимический состав водорослей в этой фазе роста характеризуется максимальным содержанием белка, необходимого личинкам на ранних стадиях развития.

В фазе замедления скорость роста водорослей снижается в 1,5-2 раза по сравнению с линейной фазой, вследствие снижения концентрации биогенов. В конце фазы скорость роста снижалась до нуля, а биохимический состав водорослей характеризовался накоплением углеводов.

В качестве ростовых характеристик водорослей при накопительном режиме культивирования можно выбрать удельную скорость роста и продуктивность, которые изменялись в зависимости от фазы роста (табл. 51).

Таблица 51. Ростовые характеристики микроводорослей на разных фазах развития накопительных культур

Фаза роста	Удельная скорость роста, сут ⁻¹				Продуктивность, г·л ⁻¹ ·сут ⁻¹			
	Виды водорослей							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Логарифмическая	0,43	0,4	0,37	0,18	48,0	113,3	89,7	3,5
Замедления	0,15	0,2	0,17	0,13	29,9	74,50	58,9	2,7
Стационарная	0,01	0,2	0,04	0,04	3,02	13,93	11,0	1,1

Примечание: 1 – *Isochrysis galbana*; 2 – *Tetraselmis suecica*, 3 – *Dunaliella viridis*, 4 – *Chaetoceros calcitrans*.

Максимальные значения удельной скорости роста отмечены в логарифмической фазе роста, а минимальные – в стационарной. Продуктивность также снижалась с возрастом водорослей. Так, в логарифмической фазе роста продуктивность водорослей составляла 47,99; 113,35; 89,67 и 3,49 г · л⁻¹ · сут⁻¹, соответственно у *I. galbana*, *T.*

suecica, *D. viridis* и *C. calcitrans*. В стационарной фазе роста продуктивность снизилась на порядок у *I. galbana* и в 3-8 раз – у *C. calcitrans*, *T. suecica* и *D. viridis*. В стационарной фазе роста прекращается деление клеток, поэтому удельная скорость роста и продуктивность минимальны, вследствие чего наблюдается изменение биохимического состава водорослей. В клетках накапливалось максимальное количество липидов и жирных кислот, необходимых для роста личинок на поздних стадиях развития и успешного прохождения метаморфоза, а также для дальнейшего роста спата. Поэтому сбор биомассы водорослей в накопительном режиме культивирования целесообразно производить в конце стационарной фазы роста.

Накопительный способ культивирования считается самым легким и надежным для получения максимальных биомасс водорослей при условии строгого соблюдения стерильности выращивания.

Полупроточное культивирование.

Полупроточный метод выращивания микроводорослей позволяет достаточно быстро достигнуть состояния динамического равновесия роста культуры; стабилизировать параметры среды и получить устойчивую величину биомассы с заданным биохимическим составом. При таком режиме культивирования водорослей клетки быстро адаптируются к условиям среды (постоянная интенсивность света и температура), вследствие чего результаты не зависят от исходной концентрации культуры. Данный режим культивирования позволяет задавать такую плотность культуры, при которой водоросли в течение длительного периода находятся в фазе логарифмического роста, характеризующейся максимальным содержанием белка в клетках. Полупроточное культивирование даёт возможность нарастить большие объёмы одноклеточных водорослей. Главный недостаток данного способа культивирования – риск загрязнения другими микроводорослями или микроорганизмами (бактериями, инфузориями), вследствие длительного периода выращивания в одном культиваторе (от одного до трёх месяцев).

Фаза линейного роста при полупроточном культивировании у разных кормовых видов водорослей, протекает неравномерно. Так, у *T. suecica* и *D. viridis* она длится с 4 по 9-й день, а у *I. galbana* и *P.*

tricornutum с 3 по 8-й день культивирования. Максимальная продуктивность водорослей составляла соответственно 113,35; 89,67 и 47,99 г · л⁻¹ · сут⁻¹ у *T. suecica*, *D. viridis*, *I. galbana*.

Управлять ростом водорослей при полупроточном культивировании можно путём разбавления культуры. Плотность культуры может изменяться в зависимости от объёма разбавления и частоты внесения питательной среды.

Величину биомассы, которую можно постоянно изымать, определяли с учетом величины продуктивности водорослей в логарифмической фазе (линейный участок) по накопительной кривой роста исследованных видов водорослей (см. рис.122). Культуры водорослей начинали разбавлять в конце логарифмической фазы роста, на 9-й день для *T. suecica* и *D. viridis* и 8-й день – для *I. galbana* и *P. tricornutum* (рис. 123).

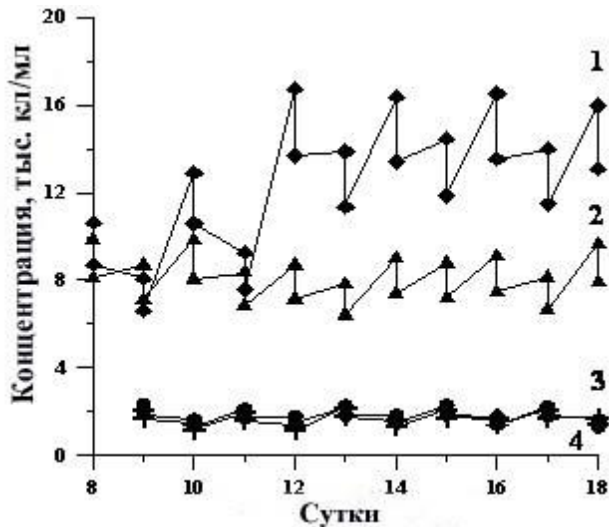


Рис. 123. Динамика концентрации клеток микроводорослей при полупроточном режиме культивирования (скорость протока 0,18 сут⁻¹, среда Конвея): 1 – *Phaeodactylum tricornutum*, 2 – *Isochrysis galbana*, 3 – *Tetraselmis suecica*, 4 – *Dunaliella viridis*.

При скорости протока 0,18 сут⁻¹ (т.е. ежедневном сливе 3 л водорослей) было отмечено снижение плотности культур с 9,87 до

8,35 млн. кл/мл – у *I. galbana*; с 16,52 до 12,9 млн. кл/мл – у *P. tricorutum*; с 2,31 до 1,76 млн. кл/мл – у *T. suecica* и с 2,19 до 1,62 млн. кл/мл – у *D. viridis* с последующим возвращением за сутки к исходному уровню плотности.

Из культиваторов объёмом 20 л при таком режиме культивирования можно ежедневно изымать: 460 мг сухой биомассы *I. galbana*, 420 мг – *P. tricorutum*, 1368 мг – *T. suecica* и 1456 мг – *D. viridis*. Полученные расчёты позволяют определить величину биомассы каждого вида водорослей, необходимую для всего периода выращивания личинок и молоди моллюсков в питомнике. Поэтому, используя основные характеристики водорослей (высокая скорость роста, способность расти и размножаться при больших концентрациях), изменяя удельную скорость протока и время включения протока, можно прогнозировать количество изымаемой биомассы на весь период выращивания личинок в питомнике.

При выращивании личинок и спата мидий и устриц в питомнике нами используются как накопительный, так и полупроточный режим культивирования микроводорослей. Эти методы позволяют наращивать биомассы водорослей с максимальным содержанием белка, углеводов, липидов и использовать водоросли в качестве корма в разные периоды выращивания личинок и спата мидий и устриц.

Контроль за ростом микроводорослей.

В процессе роста микроводорослей необходимо определять их плотность (концентрацию). Существует ряд методов определения плотности культуры: использование специальных камер для подсчёта концентрации клеток, а также определение плотности на спектрофотометре или флюориметре.

Концентрацию клеток в культурах можно определять прямым подсчётом в камере Горяева с помощью микроскопа МБИ-6 (рис. 124).

Камера представляет собой стеклянную пластинку с отделённой средней частью с помощью поперечных желобков. На поверхности средней части пластинки нанесена сетка в виде квадратов с известной площадью. Объём камеры, состоящей из 25 квадратов, составляет 0,0001 мл.

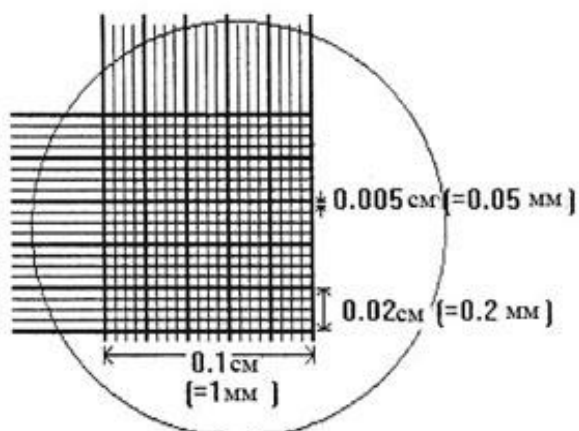


Рис. 124. Камера Горяева для подсчёта клеток водорослей.

Каплю культуры наносят на сетку и покрывают покровным стеклом. Покровное стекло тщательно притирают. Просчитывают число клеток в 25 квадратах; полученную сумму умножают на 10^4 и получают число клеток в 1 мл суспензии. Если плотность культуры большая, суспензию необходимо развести в 10, 20 раз, для того, чтобы подсчёт числа клеток был более точным и выполнить поправку на разведение. Например, если в 25 квадратах было 150 клеток, и суспензия разведена в 20 раз, концентрация клеток в 1 мл суспензии составит $150 \cdot 10^4 \cdot 20 = 30 \cdot 10^6$ кл./мл. Для более точного определения плотности культуры, подсчёт клеток необходимо произвести в трёх повторностях и найти среднее значение.

Если клетки микроводорослей подвижные, то перед подсчётом плотности культуры их необходимо обездвижить спиртом или слабым раствором уксусной кислоты.

При определении плотности культуры спектрофотометрическим методом проводят калибровку фотоэлектроколориметра (ФЭК) и составляют градуировочную кривую для каждого вида водорослей и затем, по этим кривым, определяют число клеток. Градуировочную кривую составляют следующим образом:

- делают ряд последовательных разведений суспензии микроводорослей;
- проводят измерения оптической плотности культур на ФЭК при длине 750 нм;
- параллельно с измерением на ФЭК подсчитывают плотность этой культуры в камере Горяева;
- на основании полученных данных строят калибровочную кривую.

Факторы среды, влияющие на рост одноклеточных водорослей.

При массовом культивировании микроводорослей главными факторами, влияющими на рост культур, являются: свет, температура, углеродное и минеральное питание. Взаимосвязь факторов может положительно влиять на продуктивность водорослей. Обнаруженные взаимосвязи показаны на рисунке 125.

Для получения высокой продуктивности культуры существенное значение имеет не столько зависимость роста и фотосинтеза водорослей от каждого из этих факторов в отдельности, сколько их сопряженное действие.

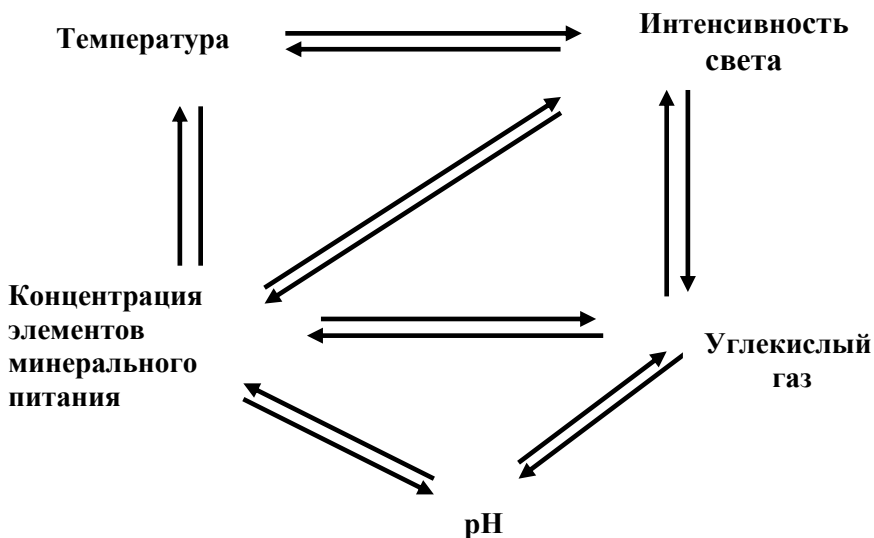


Рис. 125. Схема взаимосвязи факторов, влияющих на продуктивность водорослей.

Освещённость.

Свет является одним из главных экологических факторов, влияющих на физиологическое состояние микроводорослей. С одной стороны, свет определяет рост клеток, развитие и интенсивность фотосинтеза в клетках водорослей, с другой – свет высокой интенсивности может вызывать фотоокислительный стресс, который приводит к фотоингибированию, деструкции фотосинтетических пигментов и гибели клеток. При массовом культивировании микроводорослей оптимальный диапазон освещённости: 2,5-10 клк. Источником света служат люминесцентные лампы дневного света ЛД-40. Число люминесцентных ламп определяется высотой и диаметром культиваторов. Поэтому для колб, объёмом 2 л, достаточно 4-х ламп мощностью по 40W, а для полиэтиленовых мешков – необходимо не менее 8-10 ламп. При выращивании стартовых культур освещённость на поверхности культиватора должна быть 5-6 клк, а для получения высокой плотности культур – освещённость увеличивают до 10-20 клк (массовое культивирование).

Кроме интенсивности света большое значение для фотосинтеза водорослей имеет продолжительность светового дня. Минимальная длина светового периода при выращивании микроводорослей – 16 ч; при её увеличении до 24 часов плотность культур увеличивается вдвое, поэтому массовое культивирование водорослей осуществляется при круглосуточном освещении.

Углеродное питание.

Особое место в ряду факторов внешней среды, определяющих скорость роста водорослей, занимает обеспеченность культуры углекислотой. Синтез биомассы микроводорослей происходит из полностью окисленных неорганических веществ (углекислый газ и вода) и минеральных элементов за счёт световой энергии, преобразуемой в процессе фотосинтеза. Поэтому, использование смеси воздуха с углекислотой – необходимое условие для успешного культивирования водорослей.

Величина насыщающей концентрации углекислоты в подаваемой смеси с воздухом при культивировании микроводорослей, может изменяться от 0,02% до 5-7%. Данные по величине ингибирующей концентрации CO_2 также различны: от 0,7%

до 20%. Потребности микроводорослей в концентрации углекислого газа зависят от плотности суспензии. Известно, что чем выше плотность культуры и её продуктивность, тем больше величина насыщающей концентрации углекислоты. При таких условиях уменьшается удельный объём среды, приходящийся на каждую клетку.

Кроме плотности культуры, величина насыщающей концентрации углекислоты зависит как от таксономической принадлежности водорослей, так и внешних факторов. Внешние факторы, определяющие скорость потребления углекислоты и её насыщающую концентрацию, включают интенсивность освещения, температуру, рН суспензии.

Следовательно, при массовом культивировании микроводорослей углекислый газ выполняет несколько функций: источник углерода для роста водорослей; в смеси с воздухом способствует перемешиванию культуральной среды, предотвращая оседание клеток микроводорослей; стабилизирует рН суспензии.

При массовом культивировании водорослей в питомнике источником углекислоты служит углекислый газ из баллонов, который предварительно смешивают с воздухом (рис. 126). Количество диоксида углерода регулируют с помощью манометра на газовом баллоне.

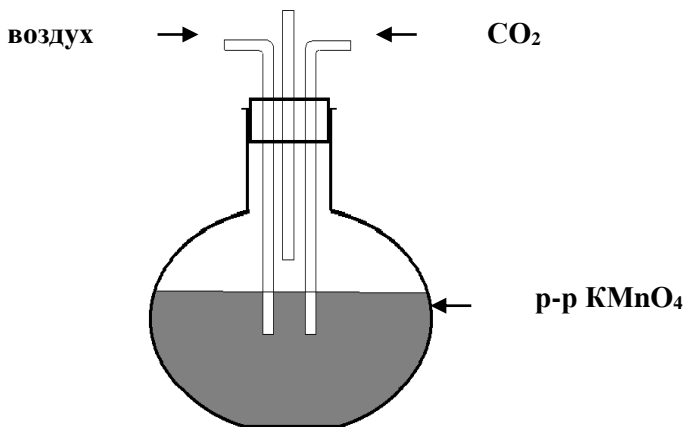


Рис. 126. Схема смешивания углекислого газа и воздуха.

Через культуральную жидкость круглосуточно пропускали газовоздушную смесь, содержащую около 2% CO₂. Смешивание углекислого газа и воздуха осуществляли в сосуде с раствором KMnO₄ (V = 10 л) в соотношении 2:100. Через 4-5 ч уровень pH культуральной среды находится в пределах 7,5-8,2.

Культивирование микроводорослей с добавлением углекислого газа позволяет за короткий срок получить максимальную биомассу. Так, при культивировании изохризиса и дуналиеллы с продувкой воздухом, максимальные концентрации водорослей составили соответственно 11,57 и 1,9 млн. кл/мл (рис. 127).

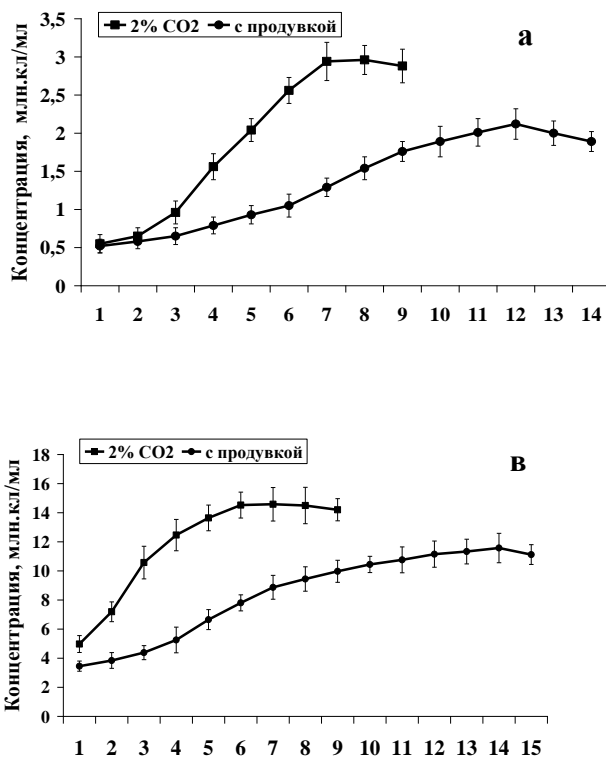


Рис. 127. Динамика роста микроводорослей в зависимости от концентрации CO₂: а – дуналиелла; в – изохризис.

При аэрации газовой смеси, содержащей 2% CO₂, обеспечивающей оптимальный уровень pH среды (7,5-8,2), максимальные концентрации клеток изохризиса и дуналиеллы увеличились соответственно до 14,58 и 2,96 млн. кл/мл. Максимальные биомассы – 571,4 мг/л и 926,5 мг/л соответственно для изохризиса и дуналиеллы получали за 7 дней при добавлении 2% углекислого газа, и за 14-15 дней – при выращивании без углекислого газа. Увеличение концентрации углекислого газа свыше 2% приводит к изменению pH среды, увеличивает период выхода на стационарную фазу роста и снижает продуктивность водорослей. Однако, если биомасса водорослей высокая (3-5 г/л сухого веса), то содержание углекислого газа в газовой смеси необходимо увеличить до 5%.

Температура.

Оптимальная температура культивирования кормовых видов микроводорослей – 20-24°C. При температуре ниже, чем 16°C и выше, чем 27°C их темп роста замедляется, а при температуре 30°C – водоросли погибают. Так, при температуре 24°C скорость роста *I. galbana* и *D. viridis* в 2-3 раза выше, чем при температуре 15°C. Обратная тенденция прослежена для диатомовых водорослей – *P. tricornutum*, *C. calcitrans*. Их скорость роста при температуре 15°C в 2 раза выше, чем при 24°C. Поэтому оптимальная температура культивирования золотистых и зелёных микроводорослей – 24°C, а диатомовых – не выше 20°C. При низких значениях температуры (8-14°C) поддерживается только жизнедеятельность коллекционных культур.

4.5. Пищевые рационы для личинок устриц и мидий

При составлении рационов для личинок мидий и устриц учитываются морфологические особенности водорослей и их калорийность. Микроводоросли, используемые в качестве корма, существенно отличаются по калорийности (табл. 52). Наиболее калорийными являются золотистые (изохризис) и диатомовые водоросли (хетцерос, скелетонема, феодактилюм), менее калорийными – зелёные (дуналиелла, тетраселмис).

Рационы для личинок и спата гигантской устрицы.

Для кормления личинок устриц на стадии велигера (2-6 сут.) использовали монокультуру: изохризис в концентрации 50 тыс. кл/мл, при этом максимальный прирост личинок составил – 11,1 мкм/сут. Среднесуточный прирост велигеров значительно снижался при увеличении биомассы корма, т.е. когда корм состоял из изохризиса и тетраселмиса или изохризиса и дуналиеллы (суммарная концентрация 50 тыс. кл/мл). Биомасса увеличивалась за счёт водорослей с крупными клетками: *T. suecica* (505,32 мкм³) и *D. viridis* (313,5 мкм³), которые плохо усваиваются личинками на ранних стадиях развития.

Таблица 52. Калорийность кормовых видов микроводорослей

Вид водорослей	Белок, ккал/г СВ	Липиды, ккал/г СВ	Углеводы, ккал/г СВ	Суммарная калорийность, ккал/г СВ
<i>I. galbana</i>	2,19	2,38	1,67	6,24
<i>M. lutheri</i>	1,91	2,51	0,82	5,24
<i>C. calcitrans</i>	1,28	2,51	1,77	5,56
<i>P. tricorutum</i>	1,67	1,86	1,24	4,77
<i>D. viridis</i>	1,52	1,67	0,84	4,03
<i>T. suecica</i>	1,25	1,94	0,98	4,17
<i>S. costatum</i>	2,05	2,42	0,98	5,45

Примечание: СВ – сухой вес.

На стадии великонхи (7-16 сут) в качестве корма использовали смесь микроводорослей: изохризис и хетоцерос в соотношении клеток 1:1 при суммарной концентрации 100-150 тыс. кл/мл. Максимальный среднесуточный прирост личинок при таком корме составил 21,1 мкм/сут. Размеры клеток водорослей не превышали 8 мкм; их средний объём составил соответственно 39,19 и 52,25 мкм³. Клетки этих водорослей имеют тонкую оболочку, что делает их доступными для усвоения личинками. Темп роста и выживаемость личинок на монодиете из изохризиса или из хетоцероса были значительно ниже, чем на смешанной диете. Монокультуры, как

правило, имеют ограниченный состав питательных веществ, поэтому для удовлетворения пищевых потребностей личинок необходимо использовать смешанные водорослевые диеты. Питательная ценность микроводорослей изохризиса и хетоцероса обусловлена высоким содержанием белка, липидов, углеводов и полиненасыщенных жирных кислот. Качественный состав микроводоросли *I. galbana* определяется высоким уровнем содержания белка. При полупроточном режиме культивирования этой водоросли максимальное количество белка составляет 49,8% от сырого веса. Личинки на ранних стадиях развития, питающиеся водорослями с высоким содержанием белка, имеют высокий темп роста и выживаемость. При корме, обеднённом белками, увеличивается потребление кислорода личинками. На 14-й день выращивания личинок в состав корма добавляли *P. tricornutum*, объём клеток, которого 113 мкм³, а максимальное содержание белка – 40,7%. Среднесуточный прирост личинок устриц на стадии великонхи был в 2 раза выше, чем на стадии велигера, что является и следствием смешанной диеты сбалансированного биохимического состава.

В состав микроводорослей хетоцероса и изохризиса входит насыщенная жирная кислота С 16:0 n-3 соответственно – 70% и 50%, и ПНЖК – эйкозапентаеновая кислота С20:5 n-3 по 17 %. Микроводоросль феодактилюм помимо того, что содержит до 18% С 20:5 n-3, богата доказагексогеновой кислотой (С22:6 n-3) – 14,2% и каротиноидами (фукоксантин и β-каротин), которые обладают высокими антиоксидантными свойствами. Жирные кислоты играют важную роль на ранних стадиях развития двустворчатых моллюсков, т.к. аккумулированные во время личиночного периода, они обеспечивают энергией весь процесс метаморфоза. Большинство гидробионтов не могут синтезировать С20:5 n-3 и С22:6 n-3 ПНЖК, поэтому скорость роста и выживаемость личинок возрастает, когда эти жирные кислоты присутствуют в рационе.

Содержание углеводов в клетках изохризиса, хетоцероса и феодактилюма варьирует от 20% до 28%. Высокое содержание углеводов в микроводорослях служит источником энергии для метаболических процессов во время личиночного развития моллюсков.

На стадии великонхи (10-е сут) и при переходе на последующие стадии в состав основного корма включали микроводоросль хлореллу (*C. vulgaris*). Эта водоросль синтезирует антибиотик «хлореллин», который уничтожает патогенную микрофлору, а также нейтрализует токсины, что способствует высокой выживаемости личинок. Кроме этого хлорелла – хороший кормовой объект для личинок, т.к. содержит до 62% белка, 30% углеводов, 5% липидов (Богданов, 2007). Она синтезирует белок высокого качества, в состав которого входят все аминокислоты, в том числе незаменимые, а также аспарагиновая кислота, гамма-аминомасляная, глутаминовая кислоты, глицин, серин, аланин. В хлорелле содержатся все известные витамины и особенно много витамина С (1000-2500 мг/г сухого веса).

После трех недель выращивания личинок (стадия педивелигера), когда их размеры превышали 350 мкм, состав диеты дополнили микроводорослью тетраселмис. Рацион состоял из водорослей: *I. galbana* + *C. calcitrans* + *P. tricornutum* + *T. suecica* в соотношении клеток 2:1:1:1, при концентрации корма 200 тыс. кл/мл. Размер клеток тетраселмиса (8x12 мкм) и биохимический состав соответствовали потребностям личинок. Водоросль содержит 30,4 % белка и более 4% эйкозапентаеновой кислоты C20:5n-3. При добавлении к смеси *I. galbana* + *C. calcitrans* + *P. tricornutum* микроводоросли *T. suecica* среднесуточный прирост личинок увеличивался с 4,5 до 5,7 мкм/сут. На стадии педивелигера в качестве добавки к основному корму необходимо использовать дуналиеллу, т. к. она содержит 19,7% β-каротина (Соловченко, 2015), который способствует улучшению роста и повышению выживаемости личинок.

В рацион педивелигерам включали криптофитовую водоросль родомонас (*R. salina*), которая значительно увеличивает темп роста личинок и обеспечивает успешное прохождение метаморфоза. Пищевая ценность микроводоросли определяется содержанием в ней белка, углеводов и липидов. Родомонас содержит максимальное количество липидов – 41%, 29% белка и 30% углеводов. Жирнокислотный состав микроводоросли представлен высоконенасыщенными кислотами эйкозапентаеновой и эйкозагексаеновой, содержание которых варьирует соответственно

от 12% до 17%. Суммарное содержание жирных кислот микроводоросли *R. salina* в 2,2-2,5 раза выше, чем у диатомовой водоросли *S. costatum*.

Для успешного оседания личинок устриц необходимо, чтобы в состав корма входили водоросли с высоким содержанием липидов, поэтому помимо родомонаса мы добавляем водоросль скелетонему, содержащую на стационарной фазе роста до 27% липидов. При добавлении в корм родомонаса и скелетонемы период оседания личинок значительно сокращался.

При подращивании спата устриц в питомнике в качестве корма используем те же микроводоросли, что и при выращивании личинок. Однако рацион спата должен на 70% состоять из водорослей с высоким содержанием липидов (изохризис, хетоцерос, феодактилюм, родомонас, скелетонема) и 30% – другие кормовые виды водорослей. Допустимо соотношение 50:50, т.е. чтобы корм содержал не менее 50% высококалорийных водорослей.

Рацион для спата устриц подращиваемого в питомнике, рассчитывается на основании биомассы водорослей и с учётом условий его выращивания (проточная система или частичная замена морской воды). Молодь большинства двустворчатых моллюсков имеет сходные потребности в корме, рассчитанные на единицу сырого веса моллюсков. Поэтому рацион необходимый для спата гигантской устрицы, может быть использован и для молоди мидий аналогичного сырого веса. Однако при этом рост культивируемой молоди моллюсков может отличаться, что связано с физиологическими особенностями гидробионтов.

Рацион для спата двустворчатых моллюсков определяется по формуле:

$$F = (S \times R) / 7,$$

где: F – сухой вес водорослей в день (мг); R – рацион, сухой вес водорослей (мг) на 1 мг общего веса спата в неделю; S – общий вес спата (мг) в начале каждой недели.

Известно, что рацион спата устриц в расчёте на сухую биомассу микроводорослей может изменяться от 0,4 до 1 мг/мг.

Рассмотрим на примере, как рассчитать необходимый объём культуры водорослей (V, л), для суточного рациона спата устриц.

Если общий вес спата в начале недели – 500 г (500 000 мг). Рацион – 0,8 мг сухого веса водоросли на мг общего веса спата в неделю (0,8 мг/мг). Корм – *T. suecica*, концентрация клеток водоросли – 1 500 000 кл/мл, тогда:

$F = (500\ 000 \times 0,8) / 7 = 57143$ мг или 57,143 г (сухого веса водоросли).

Отсюда, ежедневный рацион спата устриц весом 500 г равен 57,143 г сухого веса микроводорослей.

Если 1 000 000 клеток *T. suecica* весит 0,22 мг (сухой вес), тогда объём суспензии культуры *T. suecica*, который необходим для обеспечения рациона спата устриц, рассчитывается по формуле:

$$V = (S \times 0,8) / (7 \times W \times C),$$

где: V – объём суспензии клеток водоросли (л), необходимый для обеспечения суточного рациона спата;

W – вес 1 млн. клеток кормовых водорослей;

C – концентрация клеток этого вида водоросли (кл/мл).

Отсюда:

$$V = (500\ 000 \times 0,8) / (7 \times 0,22 \times 1\ 500\ 000) = 0,173 \text{ л} = 173 \text{ мл}.$$

Таким образом, для роста спата устриц, общий вес которого составляет 500 г, необходимо ежедневно подавать 173 мл микроводоросли *T. suecica* концентрации 1,5 млн. кл/мл.

Рационы для личинок мидий.

Пищевой рацион личинок мидий на стадии велигера состоит из смеси микроводорослей: изохризис и монохризис в соотношении клеток 1:1 при концентрации 40 тыс. кл/мл. Клетки монохризиса имеют округлую форму и небольшие размеры ($V = 13,85 \text{ мкм}^3$), поэтому легко заглатываются личинками и хорошо усваиваются. Водоросль богата белком и липидами. Доля полиненасыщенных жирных кислот составляет 34%, а содержание витаминов B₆ и C соответственно $162 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$ и $837 \text{ мг} \cdot \text{г}^{-1}$.

Для личинок мидий на стадиях великонхи и педивелигера оптимальной является смешанная диета, состоящая из водорослей *I. galbana* + *M. lutheri* + *P. tricorutum* + *T. suecica*, при концентрации 100 тыс. кл/мл и соотношении клеток 1:1:1:1. Добавление в корм микроводоросли феодактилюма способствовало увеличению в 2 раза среднесуточного прироста личинок на стадии великонхи. Перед

оседанием личинок (на стадии педивелигера) в состав корма обязательно включали скелетонему или родомонас.

Для каждой стадии развития личинок мидий и устриц рассчитывается количество корма, добавляемого в выростные ёмкости с личинками. Для этого необходимо знать: оптимальную концентрацию корма для данной стадии развития, концентрацию клеток водорослей, объём ёмкости, в которой выращивают личинок. Например, чтобы накормить личинок устриц на стадии велигера (оптимальная концентрация 50 тыс. кл/мл) в 100 л ёмкости, необходимо внести 333,0 мл изохризиса, концентрации 15 млн. кл/мл ($50000 \text{ кл/мл} \times 100 \text{ л} / 15000000 \text{ кл/мл} = 0,333 \text{ л}$). На стадиях великонхи и педивелигера рацион личинок должен состоять из смеси водорослей, поэтому таким же образом необходимо рассчитывать объём каждой культуры и приготовить смесь корма.

Усвоение корма личинками устриц и мидий.

Личинки устриц и мидий начинают питаться на стадии Д-велигера соответственно на 2-й и 4-й день. К этому времени у них уже развита система пищеварения. Из трех предложенных видов водорослей *I. galbana*, *D. viridis* и *P. tricornutum* в первые два дня выращивания личинки не заглатывали водоросли, даже если их количество было в избытке. Вероятно, в это время энергию для дыхания и развития личинки получают за счёт питательных веществ яйцеклетки. Размер яйцеклеток мидий и устриц составляет 80 и 55 мкм, следовательно, запас питательных веществ у мидий больше чем у устриц, поэтому личинки мидий могут находиться на эндогенном питании до 4 дней. Возможно, что развивающиеся эмбрионы могли также потреблять растворённые органические вещества из морской воды.

На третий день выращивания личинки заглатывали только *I. galbana*, все другие виды водорослей ими не употреблялись, а если поступали в пищеварительную систему, то не переваривались, что связано с особенностями строения пищеварительной системы личинок моллюсков. Поэтому, на стадии раннего велигера размер клеток водорослей является определяющим в отборе пищи личинками. Положительная корреляция размеров личинок и размеров водорослей на стадии велигера показывает, что потребление водорослей происходит только в том случае, если

размер клеток соответствует размеру ротового отверстия и пищевода. Прежде чем водоросли заглатываются личинками, они захватываются ресничками и переносятся в ротовое отверстие, а затем поступают в пищевод. Очевидно, что этот механизм включает взаимодействие между ресничками и пищей, в результате чего осуществляется отбор пищи соответствующего размера.

Продолжительность переваривания микроводорослей личинками устриц зависит от их возраста. Личинки устриц в возрасте 3-4-х суток переваривают клетки изохризиса за 8-10 ч, в возрасте 5-6 суток – за 4 ч, а 7-8 суток – в течение 2-3 часов происходит полное переваривание водорослей. Индекс усвоения водорослей, определяемый как степень усвоения в течение 2 ч, увеличивался с возрастом и размером личинок. На стадии велигера индекс усвоения личинками был самым высоким (8,4%) при кормлении их изохризисом. Личинки не усваивали корм, состоящий из дуналиеллы и феодактилюма. Поэтому на стадии велигера основным кормом для личинок устриц является золотистая водоросль изохризис. Клетки этой водоросли имеют небольшие размеры 5-6 мкм (средний объём 39,19 мкм³) и тонкую целлюлозную оболочку, что делает их доступными для усвоения личинками.

Продолжительность переваривания клеток водорослей личинками на стадии великонхи (12-14 сут выращивания) была различной. Так, клетки изохризиса переваривались за 1 ч, дуналиеллы и тетраселмиса – за 3 ч, феодактилюма – за 4 ч, что связано с морфологическими особенностями этих водорослей.

Потребление микроводорослей личинками мидий и устриц.

Потребности личинок мидий и устриц в микроводорослях в течение одного и того же периода выращивания различны (табл. 53).

Каждая личинка устрицы на стадии велигера потребляла в сутки до 6310 клеток изохризиса, при этом среднесуточный прирост составил 8,32 мкм/сут. На стадии великонхи суммарное потребление микроводорослей (изохризис + хетоцерос + тетраселмис) одной личинкой *S. gigas* увеличилось до 26 тыс. кл/сут. При этом среднесуточный прирост личинок составил 18,17 мкм, что в 2,2 раза выше, чем на стадии велигера. Потребление разных видов водорослей личинками было неодинаково: 50% составил изохризис, 35% – хетоцерос и 15% – тетраселмис, что указывает на

избирательность питания. Следовательно, личинки гигантской устрицы способны регулировать как количество, так и качество потребляемой пищи.

Таблица 53. Потребность в микроводорослях личинок устриц и мидий

Стадия развития личинок	Личинки устриц		Личинки мидий	
	Потребление водорослей, кл./лич ·сут	Средне-суточный прирост, мкм/сут	Потребление водорослей, кл./лич ·сут	Средне-суточный прирост, мкм/сут
велигер	6310	8,32	2170	4,5
великонха	26000	18,17	15000	7,82

Личинки мидий на стадии велигера потребляют в сутки до 2170 кл./лич. изохризиса, а на стадии великонхи потребность в корме увеличивается до 15 тыс. кл./лич. Потребление личинками разных видов водорослей также неодинаково: 52% составляет изохризис, 22% – феодактилом и 26% – дуналиелла. Суточный рацион личинок устриц на стадиях велигера и великонхи выше соответственно в 3 и 2 раза, чем личинок мидий. Следовательно, потребности в корме устричных питомников должны быть значительно выше, чем при выращивании мидий.

Концентрированные корма.

С увеличением спроса на двустворчатые моллюски увеличивается и потребность в выращивании большого количества личинок и спата и рациональное использование микроводорослей в виде концентрированных кормов. В настоящее время такие компании как Innovative Aquaculture Products (Канада) и Reed Mariculture (США) производят широкий спектр концентратов – корма для двустворчатых моллюсков, креветок, а также личинок морских рыб. Стоимость концентратов обычно гораздо меньше, чем себестоимость живых микроводорослей культивируемых в питомниках.

При подращивании спата устриц в питомнике ИМБИ и при проведении телекаптажа в качестве корма используем не только живые микроводоросли, но и водорослевые пасты (концентраты).

Культивирование микроводорослей для получения концентрированных кормов необходимо начинать значительно раньше, чем начнутся работы по выращиванию личинок устриц в питомнике.

Концентраты водорослей готовим путем центрифугирования микроводорослей при 3 тыс.об./мин. Микроводоросли, клетки, которых имеют небольшой объём, при центрифугировании оседают медленнее, чем те, у которых объём клетки больше, поэтому время центрифугирования варьирует от 3 до 10 мин. Полученный концентрат необходимо герметично упаковать в баночки или полиэтиленовые пакеты. На каждой упаковке должен быть указан вид водоросли, дата приговления пасты. Срок хранения концентрированных кормов 12-14 недель при температуре не выше 5°C без добавления консервантов (рис. 128 цветной вкладыш, стр.505).

В США в питомнике Horn Point – Environmental Laboratories, снабжающем посадочным материалом 35 устричных ферм, водорослевую пасту хранят в течение года и поставляют её на фермы, осуществляющие телекаптаж. Водорослевые пасты обычно используют для кормления спата моллюсков в питомнике, особенно в неблагоприятные для роста водорослей сезоны, а также при проведении телекаптажа. Небольшой объём концентрата разводят в морской воде, получают суспензию из целых неповрежденных клеток водорослей, которую вносят в выростные ёмкости. Концентраты из микроводорослей не являются «живыми» водорослевыми культурами и поэтому их невозможно использовать для дальнейшего культивирования.

Видовой состав производимых концентратов значительно шире, чем состав живых водорослей, выращиваемых в питомниках, поэтому, приобретая концентраты, специалист, обслуживающий питомник, может значительно разнообразить рацион для спата.

Однако следует отметить, что концентрированные корма не могут заменить живые микроводоросли, особенно на ранних стадиях развития личинок, т.к. их качественный состав (содержание белка и высоконасыщенных жирных кислот), значительно ниже, чем в живых микроводорослях.

Глава 5

БЕРЕГОВАЯ БАЗА

Без береговой базы невозможно выращивание моллюсков. Действительно, прежде чем выращивать, необходимо изготовить соответствующее оборудование, для чего нужно предварительно запастись и складировать различные материалы. На базе изготавливают отдельные узлы фермы; производится предварительный монтаж оборудования, а также его текущий ремонт. В процессе выращивания, моллюсков периодически извлекают из рукавов и садков, снимают с коллекторов; их моют, сортируют на товарные и мелкие. Затем товарных моллюсков готовят к реализации (моют, взвешивают, упаковывают и складывают). Подготовка товарных моллюсков к реализации, а также для доращивания называется **«обработкой моллюсков»**. Этот термин следует отличать от **«переработки моллюсков»**, что означает приготовление из мяса, или створок мидий различных продуктов пищевого, фармакологического или технического назначения. Нетоварных мидий помещают в рукава, а устриц в садки, после чего их отправляют на доращивание. Считается, что при выращивании моллюсков на небольших фермах (не более 100 т в год) работы по обработке можно не механизировать. Для оснащения крупных хозяйств, с годовой продукцией 300 т и выше, желательно приобрести специальное оборудование, выпускаемое фирмами Франции, Италии, Испании, Голландии и других стран.

Итак, на береговой базе выполняются в основном технологические процессы обработки, хранения и отправки на реализацию моллюсков, а также ряд вспомогательных технических операций. Прежде всего, база должна быть удачно расположена. Выбор участка для размещения береговой базы должен определяться следующими условиями:

- близость к морю;
- показатели загрязнений морской воды не должны превышать соответствующие значения ПДК;
- близость морской фермы;
- близость систем жизнеобеспечения (пресная вода, электричество, телефон, подъездные пути, газ);

- приемлемое качество рельефа. Идеальная площадка должна быть плоской и на 2-3 м выше уровня моря, которое, в свою очередь, должно быть достаточно глубоким (для подхода плавсредств и забора воды).

Если такая возможность отсутствует, тогда нужно предусмотреть промывку моллюсков на берегу вблизи от моря. При этом выпуск использованной морской воды производится непосредственно в море, т.к. вода после промывки моллюсков не содержит опасных загрязнителей. Действительно, мидии и устрицы покрываются организмами-обрастателями, широко распространёнными в море, а также илом, который в прибрежной зоне встречается повсюду. Поэтому вода, содержащая природные компоненты, не наносит ущерба морской экосистеме и не представляет опасности для здоровья человека. Однако, по эстетическим соображениям, не следует устраивать слив мутной воды вблизи пляжей с отдыхающими.

База, так же, как и морская ферма, средства хранения, транспорта и реализации моллюсков должны отвечать требованиям документа Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.4.050-96 "Производство и реализация рыбной продукции" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 11 марта 1996 г.)

Береговая база включает следующие компоненты:

- цех обработки мидий и устриц, производства и складирования готовой продукции;
- холодильник;
- бассейн для отсадки моллюсков (со скважинной морской водой, либо с установкой для аэрации морской воды);
- склад для хранения тары;
- склад для хранения материалов;
- склад ГСМ;
- мастерская;
- атофургон с термоизоляцией;
- автопогрузчик;
- контора (офис);
- общежитие для персонала;
- подъездные пути, спуск к причалу, автостоянка и т.д.;

- подведение электричества, газа, воды, телефона;
- ограждение территории.

На береговой базе предусмотрено выполнение следующих технологических операций:

1. Доставка судном на причал базы товарных моллюсков, отмытых в открытом море и размещённых в ящики, в количестве, соответствующем заказу. Во время плохой погоды, на базу доставляются рукава с мидиями и садки с устрицами для их полной обработки на берегу.
2. Транспорт этих моллюсков (в случае необходимости их очистки от бактериального загрязнения) к бассейну отсадки. Морская вода в бассейне подвергается обработке: фильтруется через механические фильтры и стерилизуется с помощью проточного ультрафиолетового стерилизатора и аэрируется.
3. Отбор моллюсков из бассейна; взвешивание и расфасовка их в тару.
4. Хранение готовой продукции в холодильной камере.
5. Погрузка готовой продукции в автофургон.
6. Полная обработка мидий и устриц (отделение от коллекторов, промывка, сортировка, упаковка и хранение продукции) в периоды сложных метеоусловий.
7. Набивка рукавов некондиционными мидиями для дальнейшего подращивания; размещение мелких устриц в садках.
8. Поклейка нетоварных устриц на сетные полосы.
9. Транспортировка мелких моллюсков на судне на ферму для дорощивания.

Основной объём работ при хорошей погоде рационально производить на борту судна. Поднятый урожай пройдёт предварительную обработку (очистку от обрастаний и осевшего ила, сортировку и т.д.) в море на удалении от берега.

Выполнение обработки в море позволяет сократить объём работ, резко уменьшить отход мидий при пересадке в рукава (доставка мидий в жаркое время на берег, их обработка, наполнение рукавов, складирование рукавов, доставка рукавов на ферму – неизбежно будут сопровождаться большими потерями). Кроме этого,

выполнение «грязных» работ в море позволит избежать неприятностей, связанных с замутнением воды в узкой прибрежной зоне отдыха. Таким образом, на береговую базу преимущественно будут доставляться только промытые товарные моллюски. Запас товарных моллюсков можно содержать в бассейне, заполняемым морской водой из скважины, либо к бассейну будет подключена установка кондиционирования (фильтрации и стерилизации) морской воды. В последнем случае себестоимость очистки повышается, а система очистки будет работать в замкнутом цикле.

Мидии, полностью готовые к отправке, должны храниться сутки в холодильной камере при температуре $+5^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}$). Там же можно хранить и устриц в течение 5-6 сут.

Все работы по обработке, хранению, отправке моллюсков, их перемещению могут быть размещены на территории – 300 м².

Сюда входит:

1. Здание 100 м² (сортировка и взвешивание), 12 м²; бассейн для отсадки – 5 м² (объём 5 м³); кондиционирование и упаковка – 15 м²; хранение подготовленных к транспортировке моллюсков и погрузка – 10 м²; администрация, управление и контроль – 10 м²; хранение упаковок, садков и т.д., что обычно устраивается на втором этаже – 25 м²; детрокаж (разделение) устриц, и поклейка их на фал или деревянные рейки, очистка – 20 м²; мастерская – 15 м²; туалет / умывальник – 3 м².
2. Причал, на который доставляются моллюски – 15 м².
3. Место промывки доставленных моллюсков – 20 м².
4. Стоянка автомобилей, мытьё оборудования – 100 м².
5. Проезды – 5 м².

Участки, оборудование и инструменты должны содержаться в чистоте и промываться, как минимум, в конце рабочего дня.

Персонал должен быть одет в чистую одежду. Больные от работы освобождаются и приступают к ней после полного выздоровления (предъявить медицинское подтверждение).

Регулярно должен проводиться микробиологический контроль обрабатываемых моллюсков, а результаты контроля должны храниться минимум 3 месяца.

Список основного технологического оборудования береговой базы представлен в таблице 54.

Таблица 54. Смета затрат на приобретение основного оборудования для береговой базы (цены за 2008 г)

№	Наименование	Цена за ед., \$	Кол-во, шт.	Сумма, \$
1	Моечно-сортировальная машина для мидий	11 400	1	11 400
2	Машина для промывки устриц	4 750	1	4 750
3	Сортировальная машина для устриц	14 250	1	14 250
4	Холодильная камера	3 500	1	3500
5	Автофургон изотермический	27 200	1	27 200
6	Автопогрузчик	6 700	1	6 700
7	Грузовик	17 300	1	15 300
	Итого:			83100

5.1. Технология и оборудование для обработки моллюсков

Принято делать цех обработки сквозным: с одной стороны цеха необработанные моллюски доставляются в цех на прицепе, а с противоположной стороны – упакованная продукция вывозится из цеха на фургоне (рис. 129).

Последовательность операций такова: доставка прицепа с моллюсками непосредственно в цех. → Выгрузка садков с устрицами на площадку. → Выгрузка рукавов с мидиями на рабочий стол. → Разборка садков. → Отделение мидий от рукавов и перенос устриц (и мидий) на площадку-бассейн для их промывки. → Промывка моллюсков морской водой из шланга. → Перенос промытых устриц на рабочий стол.

Перенос промытых мидий на сортировальный стол. → Сортировка моллюсков по размерам. → Отсадка товарных моллюсков (**в случае необходимости**) в бассейне с обработанной

водой. → Размещение нетоварных моллюсков в рукавах и садках (на рабочем столе). → Поклейка устриц на сетные полосы, либо верёвки. → Погрузка нетоварных моллюсков на прицеп. → Взвешивание и упаковка товарных моллюсков. → Складирование продукции в холодильной камере. → Погрузка товарных моллюсков в изотермический фургон.

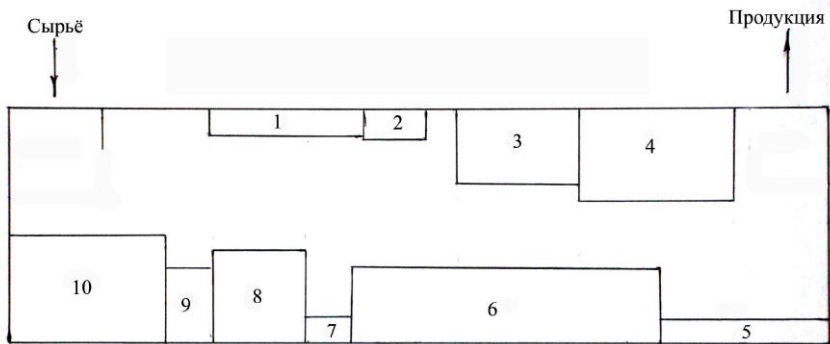


Рис. 129. План размещения технологического оборудования на береговой базе:

1 – рабочий стол; 2 – сортировальный стол; 3 – склад упаковочных материалов; 4 – холодильная камера; 5 – упаковочный стол; 6 – бассейн отсадки; 7 – умывальник; 8 – промывка поверхностей моллюсков; 9 – насос и песчаный фильтр; 10 – бассейн накопитель морской воды.

Технологическое оборудование.

Основное оборудование состоит из трёх бассейнов, рабочего стола, сортировочного стола (сортировка мидий по размерам), упаковочного стола, холодильной камеры.

1) *Бассейн – накопитель морской воды* (см. рис. 129 и см. рис. 87) служит для создания запаса фильтрованной морской воды, а также нефилтрованной воды, используемой для очистки раковин моллюсков.

Для примера рассмотрим оборудование базы мидийно-устричного хозяйства производительностью 200 т моллюсков в год. Морская вода для производства технологических работ закачивается погружным насосом производительностью 8-10 м³/ч в бассейн-накопитель объёмом 30 м³ (3×5×2 м) и подаётся в бассейн через верхний патрубок. Вода из бассейна может использоваться непосредственно для очистки раковин моллюсков от ила и

организмов-обработателей, а также для очистки моллюсков от бактериального загрязнения. Из бассейна вода выходит через нижний патрубок, поступает в центробежный насос производительностью 5 м³/ч и далее прокачивается через песчаный фильтр, либо, минуя песчаный фильтр, идёт под давлением на участок промывки моллюсков. От песчаного фильтра отходят две трубы: 1) водная магистраль в цех обработки и 2) слив воды в канализацию, что производится при промывке песка методом обратной фильтрации. Используемые насосы и фильтры рассчитаны на работу с морской водой и не должны включать детали, содержащие медь и её сплавы.

При работе песчаного фильтра предусмотрено замыкание фильтра на бассейн, что практикуют при очистке запаса воды в бассейне (см. рис. 87). В этом случае вода возвращается в бассейн через второй верхний патрубок и, проходя по верхней трубе, вода насыщается воздухом с помощью встроенной трубки Вентури. При открытии крана, пропускающего воду от фильтра на магистральную линию и закрытии крана возврата воды в бассейн, вода проходит на дальнейшую очистку (песчаный фильтр задерживает частицы, размеры которых превышают 50 мкм) и набора фильтров-картриджей с порами от 25 мкм до 5 мкм. Если анализы воды показывают превышение содержания кишечной палочки, тогда вода пропускается через проточный ультрафиолетовый стерилизатор.

Кроме облучения ультрафиолетом, стерилизацию воды можно производить озонированием либо хлорированием.

Итак, данный бассейн снабжён тремя патрубками: вверху три патрубка (от погружного насоса; патрубок переполнения – выпуск в канализацию; возврат воды от песчаного фильтра – в случае кондиционирования воды). Снизу выходят два патрубка: один на песчаный фильтр, другой – для осушения бассейна, т.е. в канализацию.

2) Бассейн очистки (отсадки) моллюсков.

Кроме очистки моллюсков от бактериального загрязнения и создания запаса живых мидий, данный бассейн можно использовать для трюпажа (trompage), что в переводе с французского означает обман, который применяют в отношении моллюсков, особенно мидий. Дело в том, что мидии на воздухе легко выпускают воду из створок, поэтому их необходимо предварительно подготовить для

отправки. Подготовка заключается в поочередном извлечении мидий из воды и погружении их вновь в воду. Чистых мидий выдерживают на воздухе в течение часа, затем их погружают в воду на 1-2 ч. Эту процедуру повторяют трижды, в результате чего мидии «обучаются» не выпускать воду.

В соответствии с требованиями Минздрава России пол и стены очистительных бассейнов должны иметь водонепроницаемую поверхность, которая легко моется и чистится. Для изготовления бассейнов должны использоваться нетоксичные материалы, которые также являются устойчивыми к коррозии.

Конструкция бассейнов должна:

- обеспечивать равномерное протекание воды сквозь контейнеры с моллюсками;
- предупреждать возникновение застойных зон и связанную с ними возможность вторичного загрязнения моллюсков.

Необходимый уровень циркуляции воды в бассейнах достигается при соотношении их длины и ширины от 1:10 до 1:4. При значительной длине бассейнов их устанавливают с наклоном до 2% для стока воды.

Район водозабора морской воды, которую используют для очистки моллюсков, не должен загрязняться промышленными или хозяйственно-бытовыми сточными водами. Морская вода после обеззараживания должна соответствовать требованиям ГОСТа 2874.

Требования к режиму отсадки (выдерживания в чистой воде) живых двустворчатых моллюсков.

На выдерживание не допускаются моллюски с надломанными створками, с оголением мантии, трещинами. Моллюски перед размещением в бассейне должны быть тщательно вымыты струей воды из шланга и расположены на решетчатом втором дне, поднятом на 15-20 см от дна бассейна или в специальных контейнерах. Толщина слоя моллюсков на втором дне или на полках контейнеров должна быть не более 15 см. При выдерживании мидий в многоярусных контейнерах толщина слоя воды над моллюсками должна быть не менее 15 см между секциями (этажами) и не менее 30 см над верхним слоем моллюсков.

Перед началом процесса очистки моллюсков систему тщательно промывают.

Расстояние между водозабором морской воды и стоком должно быть достаточным, для недопущения загрязнения.

В европейских нормах указывается, что плотность размещения моллюсков в бассейне не должна превышать 50 кг/м². Стенки и дно бассейнов покрыты водонепроницаемым, твёрдым и гладким материалом.

Размеры бассейна в проекте приняты из соображения возможности очистки и хранения в воде двухдневного запаса моллюсков (1100 кг). Необходимо разъяснить, что проектная производительность фермы 200 т моллюсков в год, что составляет в день 550 кг. Очистка загрязнённых моллюсков будет продолжаться максимум 2 сут. Площадь бассейна должна быть не менее 22 м² (1100 кг: 50 кг/м² = 22 м²). Принимаем площадь бассейна равную 25 м² (длина – 10 м, ширина – 2,5м). Перед бассейном устанавливается УФ-стерилизатор. Моллюски, предназначенные для очистки, засыпаются в контейнеры (например, овощные пластиковые ящики) и вручную размещаются в бассейне.

Следует отметить, что итальянские и французские мидийные и устричные марихозайства обычно не оснащены станциями очистки моллюсков (ввиду их дороговизны). В случае необходимости, загрязнённых моллюсков сдают на очистку по цене 0,5 \$ за кг моллюсков.

3) Промывочный бассейн.

Данный бассейн используется для очистки струёй воды раковин моллюсков от ила и обрастателей. Он представляет собой бетонную площадку размером 3×3 м, огороженную бетонной стенкой высотой в 1 м. Доставленные моллюски засыпаются в бассейн; один работник струёй морской воды моет моллюсков, а другой – переворачивает их совковой лопатой, подавая под струю грязных моллюсков. Загрязнённая вода уходит через слив.

4) Рабочий стол.

На столе производится ручная сортировка устриц; разъединение сросшихся устриц (детрокаж); доочистка устриц, предназначенных для реализации, а также набивка рукавов мидиями. Длина стола 4-6 м, высота – 1 м. По периметру стол окружён бортиком высотой 6 см (рис. 130).

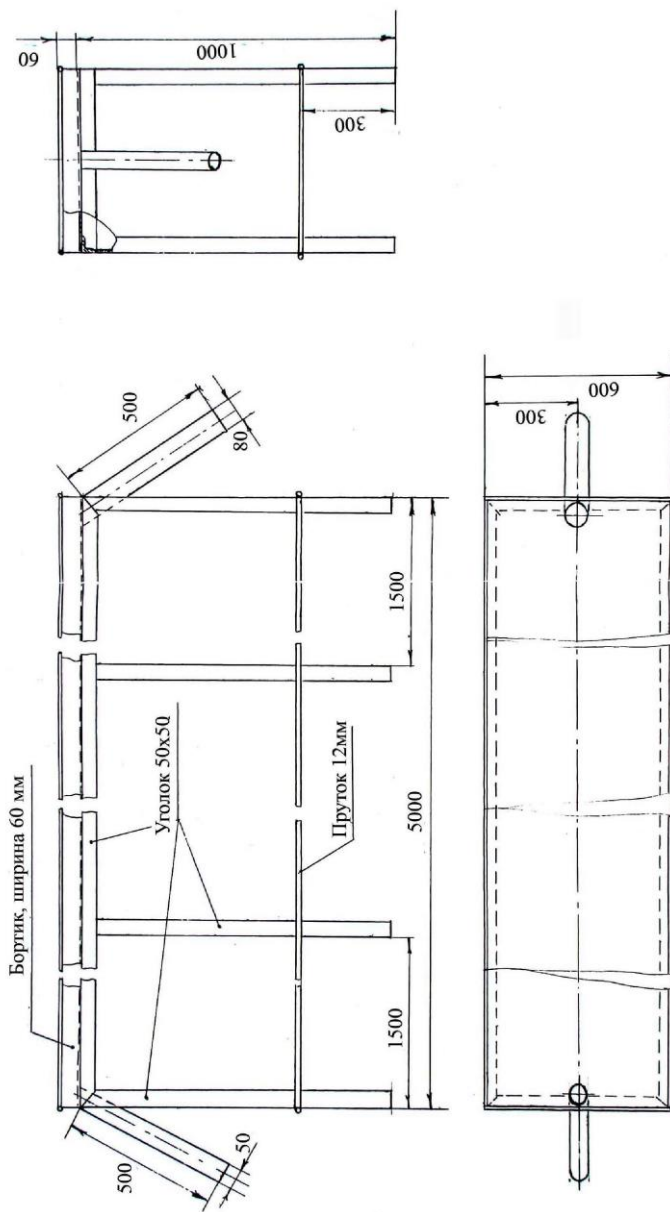


Рис. 130. Рабочий стол для обработки мидий и устриц и заполнения рукавов мидиями.

5) *Сортировальный стол* для сортировки мидий (правая сторона цеха). Длина 2 м, высота 0,9 м. (см. рис. 74).

6) *Упаковочный стол*. Развеска и упаковка мидий и устриц.

7) *Холодильная камера*, обеспечивающая хранение моллюсков при температуре +5, +10°C. Объём камеры зависит от характера поставок. Если клиенты заинтересованы в ежедневных поставках в определённом объёме, тогда для выполнения таких требований нужно создать 3-4-х дневный запас моллюсков.

План размещения оборудования на втором этаже приведен на рисунке 131.



Рис. 131. План 2-го этажа здания береговой базы.

В здании базы размещаются: бытовка, склад для хранения материалов и оборудования для выращивания, мастерская, туалет. Бытовка рассчитана на обслуживание 8-10 человек и состоит из двух помещений: 1) помещение для переодевания (прихожей) со шкафами, размер помещения 2×5,5 м; 2) комнаты для отдыха (приёма пищи) – 3,5×7 м. Шкафы в прихожей расположены вдоль стен; напротив, шкафов установлены табуретки (или лавки). В комнате отдыха находится столовый стол длиной 3 м; подсобный стол с микроволновой печью и электрочайником, а также 10 стульев.

Необходим также склад, например, размером 7,5×12 м. Это основной склад, который предназначен для хранения основных элементов морской фермы: буёв, канатов, садков, коллекторов и т.д. Предусмотрена организация мастерской площадью 35-45 м².

В мастерской изготавливают и производят ремонт технических средств выращивания.

Мастерская оснащена слесарным верстаком, сверлильным станком, рабочим столом и стеллажами для инструментов и материалов. Туалет с умывальником, площадью 4 м².

В данном примере предполагается, что на предприятии будут проводиться, совместно с научными работниками, исследования по некоторым вопросам марикультуры, поэтому в структуру береговой базы входит и помещение для лаборатории (рис. 132). Таким образом, на этом этаже размещаются: офис, лаборатория, склад.



Рис. 132. План 3-го этажа: 1 – кабинет директора; 2 – делопроизводство; 3 – прихожая; 4 – подсобная; 5 – прихожая лаборатории; 6 – умывальник; 7 – помещение для влажных работ; 8 – приборная; 9 – склад.

Офис.

Офис разделён на четыре помещения: 1) кабинет директора – 4×7,5 м; 2) помещение для делопроизводства и бухгалтерского учёта – 4,5×7,5 м; 3) прихожая – 2×4 м; 4) подсобное помещение (приготовление чая, кофе) с умывальником – 2×3,5 м.

Лаборатория.

В лаборатории предусматривается выполнение следующих работ:

1. Определение индекса кондиции моллюсков в течение года и выбор сроков реализации мидий и устриц.

2. Изучение состояния мидий и устриц:

- выявление случаев поражения раковин устриц микрогрибом *Ostracoblabe implexa*;
- изучение динамики роста и выживаемости мидий и устриц по сезонам;

– изучение репродуктивного цикла моллюсков;
– оценка степени поражения раковин моллюсков организмами-перфораторами (губкой клионой, молодой моллюска рапаны и полихетой полидорой).

3. Изучение кормовой базы моллюсков:

– определение качественного и количественного состава фитопланктона;
– мониторинг токсичных видов фитопланктона.

4. Определение оптимальных условий сбора спата мидий:

– выявление сроков массового оседания личинок мидий на коллекторы;
– выявление оптимальных глубин размещения коллекторов;
– определение оптимальных типов (материал и конструкция) коллекторов.

5. Оценка влияния хищничества на величину урожая.

6. Изучение роли морской фермы как искусственного пелагического рифа.

7. Проведение экспериментальных исследований (опыты над гидробионтами в проточной воде будут проводиться на первом этаже).

Лаборатория состоит из трёх помещений: 1) прихожей – 2×2 м; 2) помещения для проведения влажных работ (обследование коллекторов, садков, экспериментальных субстратов, вскрытие моллюсков и т.д.) – 6×5,5 м; 3) помещение, в котором используются приборы, включая ПК – 5,5×4м. В лабораторных помещениях устанавливается следующее оборудование:

- в прихожей: шкаф для переодевания (2×0,6 м);
- во влажном помещении: стол рабочий (из некоррозионных материалов); стол лабораторный; шкаф для химпосуды; шкаф для лабораторных материалов; раковина-мойка с краном; аквариум для содержания морских животных;
- в помещении с приборами: стол письменный – 2 шт; шкаф лабораторный, стеллаж для документов; книжный шкаф; компьютер; бинокляр (микроскоп); весы.

4) Складское помещение – 5,5×6 м. В складе хранятся канцелярские материалы, приборы и запчасти, посуда, продукты питания и т.д.

Типовое сборное здание береговой базы во Франции стоит 62000 €. Сооружение модульных утеплённых зданий в России обходится 3120 руб/м² (данные из Интернет).

Сооружение модульного быстросборного здания базы стоит 3120 руб/м² × 240 м² = 748800 руб.

Бассейн для передерживания живых мидий перед отправкой.

Бассейн предназначен для следующих целей:

- для передерживания живых мидий, перед их подготовкой к отправке;
- адаптация мидий после стресса (от их обработки) в воде, что позволит им лучше перенести транспортировку;
- очистка загрязнённых мидий и устриц.

Рассматриваются два варианта: 1) запас мидий на 3 дня;

2) запас мидий на 4 дня.

1) Запас на 3 дня.

Запас должен обеспечить бесперебойные поставки моллюсков даже в штормовую погоду, которая нередко наблюдается в период с ноября по март. Если ежедневная поставка составляет, допустим, 1 тонну, то трёхдневный запас составит 3 т. При условии, что плотность размещения моллюсков не должна превышать 50 кг на м², найдём, что минимальная площадь бассейна должна быть: 3000:50=60 м². Соотношение ширины и длины бассейна должно находиться в пределах 1:10 и 1:4. То есть конфигурация бассейна должна находиться в пределах: от 2,5×24 до 4×15 м. Таким образом, длина бассейна должна находиться в пределах от 15 до 24 м.

Моллюски будут размещаться в пластмассовых контейнерах, которые можно заменить овощными пластиковыми ящиками из расчёта 4 ящика на квадратный метр. В каждом ящике помещено по 12-13 кг моллюсков. Для запаса на 3 дня потребуется 60×4=240 ящиков, а на 4 дня – 320 ящиков.

Расчёт скорости подачи воды в бассейн с запасом мидий.

Мидии, как и прочие гидробионты, при содержании в ограниченном объёме воды без протока, поглощают весь растворённый в воде кислород, после чего погибают. Для того чтобы

мидии при содержании их в бассейне оставались живыми, необходимо подавать в бассейн кислород, например, вместе с протоком морской водой. Необходимо рассчитать требуемую скорость подачи воды.

Минимально допустимую скорость (w) поступления воды в бассейн можно определить из равенства: скорость потребления кислорода моллюсками из бассейна равно скорости поступления закачиваемой морской воды в бассейн с кислородом:

$$v \times n = w \times c; \quad \text{откуда } w = v \times n / c,$$

где: n – масса хранимых мидий, тонны;

v – скорость потребления кислорода одной тонной мидий (л/ч);

w – скорость поступления воды в бассейн ($\text{м}^3/\text{ч}$);

c – концентрация кислорода в морской воде ($\text{л}/\text{м}^3$).

Исходные данные для расчётов взяты из табл. 32 (глава 2). В бассейне будут храниться мидии товарного размера, размерной группы 51-60 мм. Для определения скорости потребления кислорода, выраженной в л/(ч×1т) необходимо данные таблицы умножить на k – количество мидий в тонне и разделить на 24 ч и на 1000 мл.

$k = 1000\ 000\ \text{г} : 14,06\ \text{г} = 71124$ экз. мидий товарного размера в тонне:

$$71124 : (24 \times 1000) = 2,96$$

Итак, умножив данные, взятые из табл. 32 (глава 2), строка для мидий 51-60 мм на коэффициент 2,96 – получим скорость (v) потребления кислорода тонной мидий в литрах за час:

февраль – 33,3 л/ч;

март – 56,0 л/ч;

октябрь – 41,4 л/ч.

Средняя концентрация (c) кислорода в морской воде – 7 мл/л (или $7\ \text{л}/\text{м}^3$)

Скорость подачи воды в бассейн (w) при хранении 1 т мидий:

$$w = (v \times 1) / c$$

февраль – $4,7\ \text{м}^3/\text{ч}$;

март – $8,0\ \text{м}^3/\text{ч}$;

октябрь – $5,9\ \text{м}^3/\text{ч}$.

Итак, получены нижние значения скоростей подачи воды в бассейн, в котором хранится 1 т мидий товарного размера. При хранении другого количества мидий, эти данные нужно умножить на количество хранимых тонн мидий. Например, если хранится 8,5 т мидий эти данные надо умножить на 8,5.

Однако, для обеспечения гарантии хорошей сохранности мидий, желательно данные значения скоростей подачи воды увеличить в 1,5-2 раза.

2) *Запас на 4 дня.*

Планируемый запас – 4000 кг, соответственно площадь бассейна – $4000:50=80$ м². Конфигурация бассейна должна находиться в пределах – 3×27 и $4,5 \times 18$ м; т.е. длина бассейна – от 18 до 27 м.

Минимальная скорость подачи воды в бассейн с 4 тоннами товарных мидий:

февраль	– 18,8 м ³ /ч;
март	– 32,0 м ³ /ч;
октябрь	– 23,6 м ³ /ч.

Запас устриц.

Устриц, в отличие от мидий, удобно хранить на воздухе при пониженной температуре. Можно также хранить товарных устриц в проточном бассейне. Расчёт скорости поступления воды в бассейн с устрицами выполняется аналогично расчёту протока для бассейна с мидиями.

Устрица коммерческого размера весит около 100 г (сырой вес мягких тканей – 10,73 г, а сухой вес мягких равен – 1,61 г).

Скорость потребления кислорода такой устрицей равна 1,591 мл/ч (май) и 1,183 мл/час (сентябрь).

В 1 т содержится 10 000 устриц весом по 100 г. Поэтому 1 т устриц потребляет кислорода: в мае – 15,9 л/ч; в сентябре – 11,83 л/ч. Средняя концентрация (с) кислорода в морской воде – 7 мл/л (или 7 л/м³). Для обеспечения потребностей в кислороде 1 т устриц нужно подавать воду в бассейн со скоростью:

в мае – 15,9 л/ч : 7 л/ м ³ = 2,27 м ³ /ч;
в сентябре – 1,69 м ³ /ч.

Соответственно, запас 3 т устриц потребляет кислорода в мае – 47,7 л/ч, а сентябре – 35,5 л/ч. Скорость подачи воды в бассейн в мае – 6,81 м³/ч; в сентябре – 5,07 м³/ч. Полученные цифры – это

минимальные значения скорости подачи воды в бассейн, которые желательно увеличить в 1,5-2 раза.

Устрицы хорошо хранятся вне воды, т. е. на воздухе при высокой влажности. Для длительного хранения необходимо прохладное помещение с температурой воздуха в пределах от +1°C до +10°C. Оптимальной температурой считается +4°C. Не рекомендуется понижать температуру ниже +1°C и повышать выше +10°C. При хранении поверхность раковин устриц не должна пересыхать. Устриц нужно укладывать нижней (выпуклой) створкой вниз – в таком положении они меньше выпускают воды. Но лучше устриц плотно рассадить по ящикам (с отверстиями для вентиляции) до верха; затем покрыть сверху влажным полотенцем и прижать устриц грузом, предотвращающим их открытие. В таких условиях срок хранения полностью подготовленных (отмытых) устриц составляет 10 дней. Однако этот срок может быть значительно увеличен, если хранить устриц, не подвергавшихся механической чистке, которая вызывает стресс моллюсков. Например, крупное устричное предприятие восточного побережья США “Frank M. Flower & Sons Inc.”, расположенное в городе Bayville N.Y. хранит и экспортирует совершенно не чищенных устриц, при этом, в зависимости от условий, срок их хранения составляет 15-21 день (наблюдения в 1990 г. одного из авторов настоящей книги).

В исследовательском центре университета штата Мэн (Ira S. Darling Center, University of Maine, Walpole, MD 04573) проводились эксперименты по хранению устриц без воды. Устриц содержали в специальном погребе при температуре близкой к 0°C в течение пяти зимне-весенних месяцев. Их изолировали друг от друга с помощью соломы. Устрицы оставались живыми, однако мы не располагаем данными относительно изменения биохимического состава мяса устриц при их столь длительном хранении без воды и корма. Возможно, что при 0°C жизненные процессы настолько затормаживаются, что устрицы остаются качественными даже через месяцы хранения. Но это предположение должно быть проверено на практике.

Большое значение для безопасности потребителя устриц имеет качественный и количественный состав микрофлоры устриц. В специальной литературе (Службы ветеринарного контроля, Франция)

имеются рекомендации потреблять устриц в срок, не превышающий 7 сут после их извлечения из моря.

Мы считаем, что вся приведенная информация должна приниматься во внимание при разработке способа хранения собственного запаса устриц.

В здании с бассейнами будут располагаться следующие участки:

- промывки моллюсков;
- сортировки моллюсков; хранения отходов в герметически закрываемых контейнерах;
- хранения тары и упаковки;
- хранения готовой продукции (в закрытом виде);
- хранения различных материалов (верёвки, моющие средства, горючее и т.д.).

Пол должен иметь наклон и отверстие для стока загрязнённой воды.

Упаковка моллюсков описана в разделе, освещающем вопросы переработки и потребления мидий и устриц. Здесь же отметим весьма существенный момент, связанный с поставками мидий. Известно, что мидии во время их хранения на воздухе, а также перевозок, частично выпускают воду, отчего становятся легче. Поэтому во Франции есть нормы на увеличение веса отправляемых мидий, иначе получатель получит по весу количество мидий меньше заказанного и оплаченного. Каждый фермер этот вопрос, во избежание недоразумений, должен обговорить с покупателем заранее.

Оборудование для обработки мидий и устриц.

На крупных предприятиях обработку моллюсков механизировать. Оборудование для разбивки мидийных друз, промывки мидий, их сортировке и набивке рукавов не крупными мидиями выпускают предприятия стран Европейского Союза, например, Франции, Италии, Испании, Голландии и др. Выпускаются также специальные транспортёры для подъёма из воды тяжёлых коллекторов и рукавов на палубу судна и оборудование для глубокой переработки моллюсков.

Поиск нужного оборудования и материалов можно провести в Интернете, вводя ключевые слова:

Русские	Английские	Французские
Аквакультура, марикультура	aquaculture, mariculture	aquaculture, mariculture
Мидия	mussel	moule
Устрица	oyster	huitre
Оборудование для конхиокультуры	Shellfish farming equipment	Materiel conchylicole
Сортировочная машина	Grading machine	Machine de tri
Конхиокультура	Shellfish culture	Conchyliculture
Машина для разбивки друз, промывки и сортировки мидий	Machine for declumping, Washing and selecting mussels.	Machine a degrapper, laver et trier des moules
Машина для удаления биссуса мидий	Debyssing machine for mussel	Debyssuesseuse pour coquillage
Мывочная машина для мидий	Mussels washer	Laveuse a moules
Буи из полиэтилена высокого давления для мидийных ферм	HD polyethylene floats for mussel farms	Bouees flottantes en polyethylene pour l'elevage des coquillages
Судовое оборудование для подъема урожая моллюсков, выращенных на фермах в открытом море	Boat equipment for harvesting mussels farmed in long-line	Equipement des bateaux pour la recolte des coquillages eleves en long-line
Сетной рукав	Sleeve bag	Filet tubulaire
Деревянная тара для устриц	Wooden oyster boxes	Caissettes en bois pour huitres
Оборудование для очистки и содержания моллюсков	Depuration and maintaining plants for shellfish	Materiel pour depuration et maintien des coquillages

Фирмы, предлагающие широкий спектр оборудования для конхиокультуры:

1. MULOT S.A.S. <http://www.mulot.fr/index-uk.php>
Франция.
2. BYS Франция <http://www.bys.fr/node/90>
3. Luciano Cocci Италия <http://www.cocci.it>

Качественные и сравнительно недорогие рукава для выращивания мидий, а также устричные садки выпускает испанская фирма INTERMAS S.A., Website: <http://www.intermas.com>

Хорошие и недорогие буи из полиэтилена высокого давления для мидийных и устричных ферм изготавливает итальянская фирма TEAM MARE, E-mail: info@teammare.it

Удобные для подвесной культуры устричные садки типа OSTRIGA выпускает итальянская фирма Acqua & Co, E-mail: info@acquaeco.com

Оборудование для бассейнов отсадки моллюсков выпускают многочисленные европейские фирмы. Приводим сайт «первого в Европе» и «мирового лидера» в данной области, итальянской фирмы “ADRIATIC SEA. AQUARIUM & EQUIPEMENT”:
<http://www.adriasea.com/inglese/default.htm>

E-mail: adriasea@adriasea.com

Разнообразное оборудование для конхиокультуры предлагает фирма BYS, сайт: <http://www.bys.fr>.

Суда для работы на мидийно-устричных фермах в открытом море выпускает французская фирма CHANTIER GAMELIN Website: <http://www.chantiers-gamelin.fr/index.php?L=pecheetmer>

Перечисленные фирмы – это малая часть европейских предприятий, выпускающих оборудование для мидиеводства и устрицеводства.

Следует отметить также, что в советское время в ЮгНИРО были разработаны машины по промывке и сортировке мидий, а также по набивке рукавов. Эти машины хорошо себя зарекомендовали в период работы на базе Карадагской станции ИнБЮМ. Аналогичное оборудование, но для судового варианта, было разработано в Севастополе и эксплуатировалось «Мариэкопром» (затем переименованном в «Шельф»).

При промывке мидий вручную используют сетные мешки размером примерно 0,6×1,2 м. Ко дну мешка и к его горловине привязаны верёвки. Мидий засыпают в такой мешок, затягивают горловину и опускают его в море. Затем попеременно тянут то за один конец, то за другой, в результате чего мидии, пересыпаясь, трутся друг о друга и о стенки мешка и, таким образом, очищаются и отмываются в морской воде.

В процессе обработки мидии, даже с неповреждёнными створками, пребывают в состоянии стресса и, поэтому на воздухе, могут выпускать межстворчатую жидкость. Во избежание этого, отмытых мидий необходимо выдержать в чистой воде в течение 1-2 часов. Тем не менее, в процессе хранения и перевозки некоторые мидии частично выпустят воду и вес партии мидий, поступивших к получателю, уменьшится, поэтому начальный вес отправляемых мидий должен быть больше, указанного в заказе.

Количество жидкости, теряемой мидиями на воздухе, зависит от их физиологического состояния, температуры хранения, подготовки их к хранению на воздухе, продолжительности хранения или транспортировки и т.д. Необходимо опытным путём определить величину потерь веса с выделяемой жидкостью в зависимости от перечисленных факторов.

Глава 6

САНИТАРНЫЙ КОНТРОЛЬ МЕСТ ВЫРАЩИВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ МОЛЛЮСКОВ

Весь цикл выращивания мидий и устриц выполняется под строгим санитарно-бактериологическим контролем. Категорически запрещена реализация моллюсков, не прошедших аттестацию санитарными органами, т.к. не проверенные моллюски могут представлять серьёзную угрозу здоровью потребителей. В отличие от других морских организмов, выращиваемые моллюски требуют особого внимания со стороны санитарно бактериологического контроля. Для обеспечения себя кормом и кислородом моллюски, отфильтровывая большие объёмы воды, способны накапливать болезнетворные бактерии и токсичный фитопланктон (ядовитые одноклеточные водоросли), а также тяжёлые металлы, пестициды и другие токсичные соединения, сорбирующиеся на микроводорослях. Поэтому санитарно-бактериологический контроль (СБК) двустворчатых моллюсков проводится более тщательно, чем СБК рыб, креветок, омаров и т.д., загрязняющихся, главным образом, только химическими соединениями. Следует также учитывать, что моллюсков употребляют и в живом виде, т.е. не подвергая термообработке (устриц, иногда мидий), что увеличивает риск отравления потребителей.

Загрязнённые моллюски нередко гибнут сами, нанося экономический урон хозяйству, но, что ещё хуже, они способны вызывать тяжёлые заболевания у потребителей (гепатит, паралич и т.д., а иногда даже и смерть). Учитывая многообразное негативное влияние современной цивилизации на морскую среду, фермер должен отнестись со всей серьёзностью к выбору мест для выращивания и обработки моллюсков и к необходимости тщательного контроля санитарного состояния продукции.

СБК проводится на всех звеньях производственно-технологической цепи: в местах выращивания, отсадки (очистки, либо выдерживания в воде перед реализацией), а также хранения, транспорта и реализации моллюсков. Организация и проведение работ на перечисленных этапах должны соответствовать требованиям Санитарных правил и норм СанПиН 2.3.4.050-96

"Производство и реализация рыбной продукции" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 11 марта 1996 г).

Уже отмечалось, что моллюски концентрируют и накапливают микроорганизмы, органические и минеральные загрязнители, биотоксины, производимые токсичным фитопланктоном. Соответственно должен выполняться контроль по каждому из перечисленных компонентов загрязнения.

На территории черноморского побережья России устрицеводство практикуется небольшим количеством морских хозяйств, а мидиеводство представлено редкими полуксperimentalными хозяйствами, которых насчитывается не более десятка. В других странах Черноморского бассейна, за исключением Турции и Болгарии, наблюдается аналогичная ситуация. Поэтому в настоящее время на Чёрном море нет разветвлённой сети станций СБК, аналогичной национальным сетям стран ЕС. Но по мере развития мидиеводства и устрицеводства будет создаваться и совершенствоваться российская национальная сеть СБК, подобная, в основных чертах, сетям стран ЕС. Также и при возможном экспорте моллюсков в Европу, фермеру потребуется знать и соблюдать европейские требования. Поэтому здесь мы приводим основную информацию об организации и функционировании европейской системы СБК.

В Европе создание нового хозяйства планируется в заведомо пригодной для выращивания зоне, поэтому начинающий фермер не рискует развалить своё дело в самом начале деятельности. В странах ЕС, начиная с 1991 года, прибрежные воды классифицированы по степени пригодности для марикультуры на четыре зоны А, В, С и D. В наших прибрежных водах пока подобная классификация не проводилась. И так, полностью непригодной считается зона D, поэтому там никто не будет устанавливать фермы. Конечно, в России процедура согласования была бы значительно упрощена, если бы прибрежные районы, в которых административные органы допускают организацию марихозяйств, прошли бы предварительную классификацию в зависимости от их санитарного состояния. Выделение пригодных зон необходимо и для оценки продуктивных возможностей марикультуры страны и перспектив развития мидиеводства и устрицеводства.

Во Франции правила такой классификации были введены в 1995 г; они заменили национальные нормы, существовавшие с 1939 г. Зоны выращивания определены чёткими географическими границами. При их выделении учитывают следующие параметры:

- гидрологический режим; гомогенность вод;
- условия доступности и возможность выделения (отграничения) зоны.

С учётом этих двух пунктов выделяют:

А) Зоны выращивания в открытом море, где невозможно управлять качеством воды.

В) Другие зоны выращивания, например, клеры, которые снабжены регулируемой системой подачи воды.

С точки зрения загрязнённости, европейские правила классифицируют воды по результатам микробиологических двухлетних анализов диких, либо культивируемых моллюсков, (но не воды!). В разрешённых для выращивания зонах не должно быть химических загрязнителей и особенно важно, чтобы концентрации тяжёлых металлов не превосходили ПДК (предельно допустимые концентрации) для мяса и межстворчатой жидкости мидий (на кг сырого веса): ртуть – 0,5 мг; кадмий – 2 мг; свинец – 2 мг.

По степени пригодности для выращивания моллюсков в ЕС выделяют на основе коли-титра, т.е. обсеменённостью кишечной палочкой, следующие зоны:

Зона А – самая чистая. Менее 300 фекальных колиформ или 230 *E. coli* на 100 г мяса и межстворчатой жидкости, при условии, что ни в каком образце подсчёт не превысит 1000. Очистка (отсадка) моллюсков перед реализацией не требуется.

Зона В – слабозагрязнённая. Менее 6000 фекальных колиформ или 4000 *E. coli* на 100 г, при условии, что ни в каком образце не будет превышения 60000 фекальных колиформ, или 46000 *E. coli*. Моллюски, выращенные в этой зоне, перед реализацией требуют «лёгкой» очистки в бассейне.

Зона С – умеренно загрязнённая. Менее 60000 фекальных колиформ или 46000 *E. coli*. Требуется интенсивная очистка в бассейне.

Зона D – все остальные воды, которые нельзя отнести к первым трём зонам, относятся к этой зоне. Моллюски не подлежат очистке и

реализации, т.е. зона запрещена для выращивания и сбора «диких» моллюсков.

В каждой из четырёх зон периодически проводят СБК и, в зависимости от показателей СБК, класс зоны может со временем измениться. Важно отметить, что пробы для анализов берут в зоне, а не на акватории конкретного хозяйства. Поэтому полученные результаты СБК имеют отношение ко всем хозяйствам зоны, а европейский фермер, в отличие от российского фермера, не контактирует непосредственно с контролирующим органом. К сожалению, российский морской фермер непосредственно связан с СЭС и в период выращивания, и в моменты реализации моллюсков, что существенно осложняет его работу.

Согласно российским нормам, морская вода в зоне выращивания по бактериальным показателям должна соответствовать требованиям, указанным в таблице 55.

Таблица 55. Рекомендованные микробиологические нормативы для **морской воды** в районах выращивания двустворчатых моллюсков

Название показателя	Допустимое кол-во клеток	Периодичность контроля
Бактерии группы кишечных палочек в 1 дм ³ . Не более	$2,5 \times 10^4$	Два раза в месяц микробиологом марихозяйства
Фекальные кишечные палочки в 1 дм ³ . Не более	1×10^3	---- // ---
Патогенные микроорганизмы в т.ч. сальмонеллы, в дм ³ .	Не допускаются	---- // ----
Патогенные галофильные вибрионы	То же самое	Проводит СЭС при эпид. неблагополуч.
Энтеровирусы, в т.ч. антиген вируса гепатита А в 10 дм ³ .	То же самое	Проводит СЭС при эпид. неблагополуч.

Концентрация тяжёлых металлов и других химических загрязнителей **в воде** не должна превышать ПДК для воды (мкг/л): ртуть – 0,1; свинец – 10,0; кадмий – 10,0; хром – 1,0; медь – 5,0; никель – 10,0; нефтеуглеводороды (НУ) – 50; хлорорганические соединения (ХОС) – 0.

Требования к мясу моллюсков **в период выращивания** содержатся в таблице 56. Санитарные требования ужесточаются в период сбора урожая и его реализации (табл. 57).

Таблица 56. Микробиологические показатели двустворчатых моллюсков в период выращивания

Название показателя	Норма
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КУО в 1 г, не более	1×10^5
Бактерии группы кишечных палочек в 0,001 г	Не допускаются
Наиболее вероятное число бактерий группы кишечных палочек в 1 г, не более	100
Споры мезофильных анаэробных микроорганизмов в 0,01 г	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы в 25 г	-//-
Патогенные мезофильные вибрионы в 25 г	-//-
Патогенные галофильные вибрионы в 25 г	-//-

Как уже говорилось, контролируется не только уровень микробиологического загрязнения. Опасным для здоровья человека является загрязнение морепродуктов тяжёлыми металлами. Прежде всего, необходимо, чтобы содержание в мясе токсических веществ (кадмий, свинец, мышьяк, ртуть) не превышало нормативы, утвержденные Министерством охраны здоровья. Концентрация тяжёлых металлов и мышьяка в мясе мидий не должна превышать ПДК (мг/г сырого мяса): ртуть – 0,2; кадмий – 2,0; свинец – 10,0; медь – 30,0; мышьяк – 2,0.

Токсические соединения (биотоксины) продуцируют некоторые виды одноклеточных водорослей. Загрязнение моллюсков биотоксинами – серьёзная проблема, периодически возникающая перед фермерами Европы и Северной Америки, Австралии и других районов Мирового океана. Однако в России контроль содержания биотоксинов в моллюсках пока не осуществляется (подробнее см. далее).

Таблица 57. Микробиологические показатели живых двустворчатых моллюсков в период сбора урожая и реализации моллюсков

Название показателя	Норма	
	Для консервного производства	Для кулинарного производства
Количество мезофильных аэробных и факультативно - анаэробных микроорганизмов КУО в 1 г, не более	1×10^5	5×10^4
Бактерии группы кишечных палочек в 0,1 г	–	Не допускаются
Наиболее вероятное число бактерий кишечных палочек в 1 г, не более	–	50
Споры мезофильных анаэробных микроорганизмов в 0,1 г	Не допускаются	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы в 25 г	Не допускаются	Не допускаются
Патогенные галофильные вибрионы в 25 г при эпидемиологических неблагоприятных условиях	Не допускаются	Не допускаются

В процессе развития черноморской марикультуры будет развиваться и СБК. Для становления СБК в России очевидно можно было бы использовать зарубежный опыт. Например, во Франции организация и функционирование сети СБК была возложена на Французский исследовательский институт эксплуатации моря (IFREMER) – самый крупный морской институт в Европейском Союзе, насчитывающий 1300 специалистов, работающих в 5 исследовательских центрах и на 23 станциях. Этот институт осуществляет наблюдения за морскими ресурсами, охрану прибрежной экосистемы и контроль качества морской воды. Европейский СБК исследует три типа загрязнения: химическое, микробиологическое и загрязнение, создаваемое токсичными одноклеточными водорослями (биотоксины), поэтому организованы в масштабах страны три сети контроля:

- Национальная сеть наблюдений, именуемая RNO (Reseau National d'Observation), которая отслеживает химическое загрязнение моря.
- Микробиологическая сеть REMI (Reseau Microbiologique) – контролирует микробиологическое загрязнение.
- Фитопланктонная сеть REPHY (Reseau Phytoplantonique) – следит за качественным и количественным составом фитопланктона, особенно за токсичным фитопланктоном. Измеряет уровень биотоксинов в моллюсках.

Конечно, во Франции СБК функционировал и до создания Национальной сети, однако со временем повысились требования к нему, возникли также и новые задачи. Выяснилось, например, что необходимо определить чёткие цели СБК, т.к. накопление дорогостоящих данных приводит к тому, что их трудно использовать для конкретных целей контроля (охрана среды, охрана здоровья, мониторинг параметров среды и т.д.). Национальная сеть наблюдений организована в 1974 г Министерством окружающей среды Франции, которое и финансирует её работу, выполняемую IFREMER (химические анализы воды, гидробионтов и донных осадков). В воде измеряют общие показатели воды: температуру, солёность, биогены (соли азота, кремния и фосфора), хлорофилл, феопигменты, что необходимо для выявления тенденций в многолетних изменениях экосистемы. Мониторинг проводят в

постоянных точках атлантического и средиземноморского побережья. Наличие поллютантов (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, полихлорбифенилы, полиароматические углеводороды, ДДТ и др.) измеряют только в гидробионтах (мидии, устрицы) четыре раза в год на 43 постоянных станциях. Общее число точек отбора проб равно 95. При этом данные СБК не теряются: после статобработки их вводят в электронную базу данных и, таким образом, они становятся доступными для внешних пользователей. Данные публикуются в виде региональных и национальных отчётов.

Уточним, что загрязняющие вещества или поллютанты (минеральные или органические) могут находиться в растворённом, либо взвешенном состоянии, а иногда в виде эмульсий. Поллютанты характеризуются токсичностью, стойкостью к разрушению. Вещество считается токсичным, если, попадая в воду, оно вызывает гибель организмов. Токсическое действие вещества зависит от его количества или концентрации в воде. Количество вещества, вызывающего гибель 50% численности популяции называется 50-ти процентной летальной дозой. Эта величина зависит от продолжительности эксперимента и испытуемых организмов, и чем она ниже – тем выше токсичность данного вещества. Обычно она измеряется в течение 2-4 дней, следовательно, является показателем острой токсичности.

Но имеется обширный класс загрязняющих отравляющих веществ, которые не являются остро токсичными. Например, соли тяжёлых металлов (ртуть, свинец, медь, цинк, кадмий), а также синтетические органические вещества (ДДТ и другие) не разрушаются в воде в течение нескольких лет. Они могут сорбироваться на поверхности микроводорослей, затем концентрироваться в поедающих их моллюсках и ещё в большей степени концентрироваться в потребителях моллюсков (рыба, человек). Причём, содержание этих веществ в тканях конечных потребителей (например, в жировой ткани, нервных клетках и т.д.) может в сотни тысяч раз превышать их концентрации в морской воде. В таких случаях накопленные вещества действуют разрушающе на организм.

Можно с высокой долей уверенности утверждать, что в будущем, в нашей стране, система СБК принципиально не будет

отличаться от европейской. Поэтому, обсуждая современную структуру СБК стран ЕС, мы заглядываем в наше собственное будущее. Рассмотрим основные компоненты системы СБК.

Микробиологическая сеть.

Эта система, в современном виде, была внедрена в 1989 г для осуществления контроля бактериального загрязнения моллюсков прибрежной зоны. Кроме предотвращения вреда здоровью человека, в задачи сети входит и слежение за уровнем загрязнения и тенденциями изменения этого уровня. Сеть состоит из двух подразделений:

1. Сеть наблюдений (измерение уровней загрязнений и выявление тенденций изменений этих уровней).
2. Сеть интервенций (включение мероприятий, направленных на охрану здоровья потребителей морепродуктов).

На всём побережье Франции были выделены 345 точек для взятия проб, относящихся к 53 зонам, в которых выращивают моллюсков. В случаях ухудшения санитарного состояния, возможно подключение ещё 278 точек. Количество точек и их расположение обеспечивают выявление источников загрязнения и получение оценок влияния источников загрязнения на выращиваемых моллюсков, прежде всего устриц и мидий.

Функционирование сети заключается в ежемесячном отборе проб моллюсков на микробиологический анализ. Из моллюсков выделяют мясо и межстворчатую жидкость, их смешивают, а затем подвергают микробиологическому анализу. Определяют количество кишечных палочек (или *Escherichia coli*, которые составляют 15% от общего количества фекальных колиформ). Эти бактерии являются обычными в кишечной микрофлоре человека, поэтому их используют в качестве индикаторов загрязнения воды хозяйственно-бытовыми стоками. В случае возросшего риска, пробы отбирают 1-2 раза в неделю и, кроме колиформ, определяют наличие сальмонелл. Сеть работает с повышенной интенсивностью в период дождей, бурь, сельхозработ, туристического сезона, при получении тревожной информации от ветеринарной службы.

Фитопланктонная сеть.

В течение многих веков население побережья Франции употребляло моллюсков в пищу, что иногда из-за несоблюдения

санитарных или гигиенических условий хранения, или перевозки моллюсков приводило к отравлениям. Непосредственной причиной отравления обычно было бактериальное загрязнение. Однако в конце XX века отравление людей стало вызывать массовое развитие одноклеточных водорослей, продуцирующих токсичные вещества – биотоксины.

По причине многочисленных отравлений, произошедших летом 1983 г, власти организовали сеть контроля над распространением токсичного фитопланктона: динофизиса (*Dinophysis*), водоросли, производящей токсин DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning), александриума (*Alexandrium*), продуцирующего токсин PSP (Paralytic Shellfish Poisoning), а также за другими опасными водорослями. В задачи РЕФНУ входит:

- сбор данных по фитопланктону в прибрежной зоне, в том числе по цветению вод;
- охрана здоровья человека (слежение за токсичным фитопланктоном и уровнем биотоксинов в моллюсках);
- охрана выращиваемых моллюсков путём обнаружения одноклеточных водорослей, провоцирующих болезни моллюсков.

В прибрежной полосе для взятия проб воды выделены 110 точек, из которых 37 работают постоянно, а 73 – по необходимости. В режиме работы сети выделяют два периода: с сентября по апрель, когда ежемесячно в основных точках отбирают по две пробы воды (по результатам анализов составляют полный список планктонных водорослей) и с мая по август, когда пробы отбирают еженедельно (раз в две недели составляют полный список фитопланктона и список токсичных водорослей).

Если количество токсичных для человека водорослей достигает опасных концентраций, тогда сеть переходит в режим тревоги. В этом случае забор воды осуществляют в 110 точках и, кроме воды, анализируют моллюсков на содержание биотоксинов. Причём воду берут с поверхности и с глубины батометром.

Токсичными являются виды: *Dinophysis acuminata*, *Alexandrium minutum*. Размеры динофизиса 40-55 мкм. Представители рода *Dinophysis* широко распространены в морях у побережья Германии, Дании, Испании, Италии, Норвегии, Швеции, Нидерландов,

Португалии, Индии, Таиланда, Чили, США. Эти водоросли в небольших концентрациях встречаются и в Чёрном море. Токсичными также считаются *D. acuta*, *D. norvegica*, *D. sacculus*.

Клетки *A. minutum* разного размера: от 17 до 29 мкм. Он развивается в достаточно тёплой воде и поэтому при температуре ниже 10-11°C обычно не встречается. Эта водоросль вместе с *Scrippsella*, *Heterocapsa*, *Gonyaulux*, *Gyrodinium* образуют красные приливы, во время которых в моллюсках накапливается токсин PSP.

Определение биотоксинов в моллюсках.

Для проверки мидий или устриц на заражённость биотоксином DSP из печени моллюсков получают ацетоновый экстракт, который вводят мышам (три стандартных самца весом по 20 г). Если в течение 5 ч после введения экстракта две мыши из трёх гибнут, тест считается позитивным. В настоящее время, в соответствии с европейскими правилами, продолжительность выдержки мышей увеличили до 24 ч.

Токсин PSP продуцируется водорослями, относящимися к родам *Alexandrium*, *Gymnodinium*, *Pyrodinium*. Для определения этого токсина также применяют «мышиный тест». Вытяжку, полученную из гомогената мяса мидий, вводят мышам и измеряют время от момента введения вытяжки до наступления смерти мыши. По этому временному интервалу судят о количестве токсина в моллюсках.

В случае позитивного теста на DSP или PSP, IFREMER немедленно ставит в известность местную администрацию, которая принимает решение о вводе запрета на реализацию моллюсков из неблагополучной зоны.

В России определение биотоксинов в микроводорослях и в моллюсках выполняется в Институте биоорганической химии РАН (Владивосток), причём с применением современных тест-систем основанных на иммуноферментном методе анализа. Данные тест-системы были разработаны немецкой фирмой «Biosense Laboratories AS» в качестве эффективной и удобной альтернативы методу биотестирования на мышах. Однако слежение за токсичным фитопланктоном выполняется лишь эпизодически, хотя о необходимости данного контроля упоминается в «Санитарных правилах и нормах». Безусловно, с развитием марикультуры на Чёрном море, данный тип контроля будет внедрён в практику и в

черноморском бассейне. Поэтому морской фермер должен иметь о нём достаточно чёткое представление.

Распространённость токсичного фитопланктона в Чёрном море пока недостаточно изучена. Сведения о вспышке численности александриума у берегов Северного Кавказа летом 2001 г и зимой 2002 г, когда она достигала 4500 кл/л, следует считать настораживающими, но не катастрофическими. Риск отравления от этих водорослей появляется, если их концентрация достигает 50000 кл/л и выше и удерживается в течение двух недель. Считается, что опасность несёт не столько концентрация токсичных водорослей, сколько доза токсина, которая накапливаются в моллюсках в течение достаточно длительного времени. Поэтому кратковременные пики численности токсичного фитопланктона менее опасны продолжительного «повышенного фона» токсичных водорослей. Все эти сведения получены из практики конхиокультуры в Атлантике и Средиземном море. Токсичность черноморского фитопланктона пока ещё не исследовали.

По-видимому, наиболее опасной для конхиокультуры водорослью является динофизис, которая может представлять угрозу для здоровья человека уже при концентрации 200 кл/л. Однако, иногда динофизис, образуя даже высокие концентрации, не проявляет токсичных свойств (сообщения IFREMER). Существует гипотеза о том, что токсичность динофизису придают симбиотические бактерии, которые находятся внутри клеток этой водоросли. Предполагают, что черноморский динофизис не обладает симбиотическими бактериями и поэтому он не токсичен. Эти предположения пока ещё не проверены экспериментально. В противоположность динофизису, диатомея *Pseudonitzshia*, продуцирующая токсин ASP (Amnesic Shellfish Poisoning), становится опасной при концентрациях выше 100000 кл/л. Заинтересованный читатель может получить более подробную информацию на сайте: www.ifremer.fr/envlit.

В качестве резюме к разделу о СБК мест выращивания следует отметить, что в России в процессе выращивания анализируют пробы воды на бактериальное загрязнение и моллюсков – на химическое и бактериальное загрязнение. Контроль воды может осуществлять микробиолог марихозяйства. Количество бактерий группы кишечных

палочек (БГКП) в воде не должно превышать $2,5 \times 10^4$ кл/л, а фекальных кишечных палочек (ФКП) – 1000 кл/л. Для сравнения приведём нормы, принятые в США и Канаде: в 90% проб воды количество БГКП не превышает 70 кл/100 мл (700 кл/л) с максимальным количеством в пробе 230 кл/100 мл (2300 кл/л). Если в воде менее 15 кл/100 мл (150 кл/л), то разрешается продажа моллюсков без очистки.

Что касается моллюсков, они не должны содержать БГКП в навеске мяса в 0,001 г, а наиболее вероятное число БГКП в 1 г мяса не более 100, т.е. в 100 г мяса – 10000. Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, отсутствуют в 25 г мяса. Согласно европейским нормам в 100 г смеси мяса и межстворчатой жидкости должно быть менее 300 фекальных палочек или менее 230 *Escherichia coli*, отсутствие сальмонелл в 25 г мяса.

Санитарные требования к пунктам отсадки моллюсков.

Если собранные для реализации моллюски не отвечают санитарным микробиологическим нормам – они должны пройти очистку (в течение 1-2 сут) на станции очистки. От химического загрязнения моллюски могут освободиться только в течение длительного срока, измеряемого месяцами. Поэтому на практике такой тип очистки не производится.

Береговые базы, точнее здания, предназначенные для подготовки моллюсков к реализации, должны быть аттестованы Лабораторией ветеринарной медицины или СЭС. Базы сооружаются на незатапливаемых участках, не подверженных задымлению или воздействию неприятных запахов (например, навоза), воздействию пыли и других загрязнителей. В здания не должны проникать грызуны и другие животные. Пол здания должен иметь наклон, обеспечивающий сток использованной воды к выводному отверстию. Стены должны иметь гладкую и прочную, легко моющуюся облицовку.

Требования к очистительным центрам содержатся в санитарных правилах и нормах. В них, в частности, указано, что очистительные бассейны должны иметь водонепроницаемую легко моющуюся поверхность, а используемые материалы должны быть нетоксичными. Форма бассейнов должна обеспечивать равномерный

ток воды через контейнеры с моллюсками и исключать возможность возникновения застойных зон.

Используемая для очистки морская вода фильтруется, либо отстаивается и затем обеззараживается ультрафиолетовым стерилизатором. Европейские требования освобождают фермера от фильтрации и обеззараживания воды, если используемая морская вода отвечает санитарным нормам для зоны А. По этим же правилам, количество моллюсков в бассейне не должно превышать 50 кг на квадратный метр.

Контроль процесса очистки живых двусторчатых моллюсков должна осуществлять лаборатория предприятия. При этом выполняются **микробиологические** анализы закачиваемой воды и живых моллюсков до и после очистки. Использованная морская вода выпускается непосредственно (**без очистки**) в море на удалении от водозабора.

В бассейнах выдерживают моллюсков не только с целью их очистки. При необходимости создания запаса товарной продукции перед реализацией, например, для обеспечения регулярности поставок, несмотря на штормовую погоду; выдерживания моллюсков в воде после стресса от механической обработки (разбивка друз, промывка, сортировка), также возможна отсадка моллюсков в чистой проточной морской воде (см. главу «Береговая база»).

Санитарный контроль мест обработки и реализации моллюсков во Франции осуществляет не IFREMER, а Ветеринарная служба Министерства сельского хозяйства.

СБК транспортных средств.

Транспорт моллюсков может осуществляться как по морю, так и по суше и воздушным транспортом. В соответствии с российскими нормами к транспортным средствам, которые используются для перевозки моллюсков, установлены такие требования:

- внутренние стенки, с которыми могут соприкасаться живые моллюски, должны быть изготовлены из нержавеющей стали и легко очищаться;
- моллюски не должны перевозиться с другой продукцией, которая может их загрязнить;
- лед, который используют при перевозке живых моллюсков, должен быть изготовлен из питьевой или

чистой морской воды и соответствовать требованиям нормативных документов.

Транспортное средство, используемое для доставки моллюсков, должно соответствовать требованиям санитарных правил и иметь пристрой для стока воды. Транспортировка моллюсков должна осуществляться при температуре не выше 25°C в специальных ёмкостях или контейнерах с проточной морской водой (или периодически меняться). Разрешается транспортировка моллюсков насыпью без воды слоем не более 2/3 высоты ёмкости (высота слоя моллюсков не более 1 м) при температуре воздуха от 0 до 12°C в специальных контейнерах. При повышении температуры воздуха выше установленной, моллюски охлаждаются льдом, лёдно-солевой смесью или охлаждаются до 2°C морской водой.

В европейских нормах дополнительно указывается, что в автомобильном транспорте грузовой отсек должен быть полностью изолированным от кабины водителя и в нём не должны находиться посторонние предметы. Нижняя часть кузова герметична и исключает протекание жидкости. Если в кузове предусмотрена установка полок, стеллажей и т.д., это оборудование должно легко отмываться и дезинфицироваться. Внутренняя поверхность стенок кузова должна иметь покрытие, стойкое к коррозии и легко отмывающееся. Автотранспорт, перевозящий живых моллюсков, может не оборудоваться термоизоляцией. Однако, в случае дальних перевозок и при высокой наружной температуре, желательно предусмотреть оборудование, обеспечивающее оптимальную температуру перевозки (для мидий – от 0 до 10°C, оптимум 4-5°C; для устриц – от 5 до 10°C, оптимум 8°C).

Автотранспорт проходит освидетельствование санитарной службой и получает сертификат на 6 лет (для рефрижераторов) и 2 года для прочих грузовиков. Перевозка моллюсков, предназначенных для потребления, вроссып при дистанциях свыше 20 км **запрещена**. Моллюски должны быть упакованы и снабжены санитарными этикетками. Причём, в российских нормах указывается, что маркировка должна выполняться по ГОСТ 7630. Каждая упаковочная единица с продукцией должна иметь бирку с такой информацией:

- страна – производитель;
- вид моллюска (русское или латинское название);

- дата изготовления: месяц, число, час;
- условия и сроки хранения.

Маркировка должна легко читаться, не смываться, обозначения расшифровываться.

СБК мест реализации моллюсков.

Оборудованное место для оптовой либо розничной реализации должно быть аттестовано санитарной (СЭС или Лабораторией ветеринарной медицины) службой. Ниже приведены основные положения европейских норм к местам реализации.

Оптовая реализация.

Основные требования гигиены:

- рабочие места располагаются таким образом, чтобы легко обеспечивалась последовательность выполнения операций;
- места и оборудование должны регулярно промываться и дезинфицироваться;
- пол и стены должны быть гладкими и непроницаемыми; углы округлены;
- оборудование и рабочие поверхности должны быть стойкими в отношении к коррозии;
- персонал должен быть одет в чистую одежду; имеется санузел;
- запрещено присутствие домашних животных;
- запрещены орошение моллюсков водой и их опускание в ёмкости с водой;
- упаковки с моллюсками нельзя ставить друг на друга; они должны располагаться вне досягаемости дождя и солнечных лучей.

Розничная реализация.

Специализированные магазины (рыбные магазины и магазины морепродуктов; отделы в супермаркетах).

Реализация моллюсков вроссыпь запрещена. Также запрещено орошение моллюсков водой. Хранение и реализация моллюсков должны проходить при температуре от 0 до 15°C. Санитарный сертификат должен быть доступен покупателям. Различные партии моллюсков не должны перемешиваться.

Рыночная торговля на открытом воздухе.

Моллюски, доставленные в закрытых упаковках, снабжённые санитарными этикетками, должны реализовываться на легко отмываемых прилавках, стойких к коррозии. Высота прилавка минимум 0,7 м; должен быть предусмотрен сток жидкости с прилавка. Продавец выполняет правила строгой личной гигиены. Требования к хранению и продаже моллюсков аналогичны описанным выше.

Продажа в автомобилях - бутиках.

Требования, предъявляемые к материалам и оборудованию, аналогичны описанным ранее.

В странах ЕС качество моллюсков определяется и уровнем их загрязнений тяжёлыми металлами и другими загрязнителями (табл. 58).

Таблица 58. Качество моллюсков (мидий и устриц) в зависимости от показателей загрязнений. Материалы IFREMER – RNO, Франция

Показатель	Очень высокое качество	Высокое качество	Среднее качество	Низкое качество
Цинк, мг/кг Мидии Устрицы	Менее 100 Менее 1500	100-150 1500-2500	150-200 2500-4500	Более 200 Более 4500
Медь, мг/кг Мидии Устрицы	Менее 5 Менее 100	5-10 100-350	10-15 350-700	Более 15 Более 700
Ртуть, мг/кг	Менее 0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	Более 0,4
Кадмий, мг/кг Мидии Устрицы	Менее 1 Менее 3	1-2 3-6	2-4 6-12	Более 4 Более 12

Продолжение таблицы 58

Свинец, мг/кг	Менее 2	2-4	4-6	Более 6
СВ, мкг/кг*	Менее 250	250-800	800-1350	Более 1350
ДДТ, мкг/кг	Менее 50	50-125	125-200	Более 200
аНСН, мкг/кг	Менее 2	2-4	4-6	Более 6
gНСН, мкг/кг	Менее 5	5-10	10-15	Более 15
РАЦ, мг/кг**	Менее 4	4-12	12-20	Более 20
DSP, % полож. результатов	0	Менее 20	20-40	Более 40
PSP, мкг / 100 г мяса	Отсутствие токсичности	Минимум один результат в пределах 38,5 - 80	Минимум один результат в пределах 80 - 1000	Минимум один результат со значение м более 1000
E. coli /100 мг мяса	90% результатов менее 230 и ни одного более 4600	Ни одного результата более 4600	Ни одного результата более 46000	Минимум один результат более 46000

* Полихлорбифенилы

** Полиароматические углеводороды

Итак, к настоящему времени на Чёрном море пока ещё не создано ни устрицеводство, ни мидиеводство. Соответственно не существует постоянно действующего санитарного контролирующего органа (нечего контролировать!). Поэтому каждому предпринимателю, организующему свою морскую ферму, придётся в индивидуальном порядке устанавливать рабочие контакты с СЭС и с Лабораторией ветеринарной медицины.

В дальнейшем, одновременно с развитием конхиокультуры, будет складываться сеть контроля, аналогичная Национальным сетям европейских стран, что значительно упростит взаимоотношения фермеров с контролирующими органами, которые не будут непосредственно связаны с фермерами, т.к. будут работать (брать пробы) в зонах, включающих многие фермы.

Глава 7

ПОТРЕБЛЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА МОЛЛЮСКОВ

Все продаваемые в сыром виде двустворчатые моллюски (в том числе мидии и устрицы) должны быть живыми, а это значит, что они плотно закрыты, а приоткрытые моллюски тотчас закрываются при прикосновении к ним. Пригодность моллюсков для потребления подтверждается сертификатом. Моллюски, собранные либо выращенные в неблагоприятных местах, могут представлять реальную угрозу для здоровья потребителя (заражение гепатитом, сальмонеллёзом и т.д.). Подготовленные к реализации или к потреблению моллюски должны быть упакованы. При этом вода, выпускаемая частью моллюсков, не должна скапливаться на дне упаковки, т.к. в ней могут развиваться микроорганизмы опасные как для потребителя, так и для самих моллюсков. Поэтому в коробках с устрицами делают второе дно, либо расфасованных моллюсков складировать в поддонах с выступающими площадками.

7.1. Расфасовка моллюсков.

Мидий чаще расфасовывают в джутовые мешки по 5, 10, 15 кг в мешке. Мидий в меньших количествах (1-3 кг) расфасовывают в овощные сетки (рис. 133 цветной вкладыш, стр. 506). В последние годы всё чаще мидий упаковывают в полиэтиленовые пакеты под вакуумом, как вместе с морской водой, так и без воды. Мидий также поставляют в баркетах, т.е. в пластмассовых водонепроницаемых ящиках, заполненных морской водой и запечатанных под вакуумом. В таком виде живые мидии могут храниться не двое, а четверо суток. В некоторых странах (Франция, Голландия, Новая Зеландия) на перерабатывающих фабриках из мидий готовят наиболее популярные блюда, в том числе вместе со створками (мариньер, мукляд и т.д.), затем их расфасовывают в вакуумные упаковки и поставляют потребителям в охлаждённом виде. Разогретое блюдо практически не отличается от свежеприготовленного, но срок хранения продукции при этом значительно увеличивается.

Устриц традиционно упаковывают, всегда без воды, в деревянные, картонные, либо пластиковые коробки, несколько

расширяющиеся кверху. Вес устриц в коробке находится в пределах от 1 до 15 кг.

Во Франции самые распространённые коробки для устриц сделаны из картона: как из твёрдого картона (carton compact), так и из гофрированного картона (carton ondule). Картон пропитывается специальным составом и поэтому не намокает. Но коробки делают не герметичными, сквозь них должна протекать жидкость. Кроме картона, используют и деревянные пластины, (из которых делают фанеру). Изготавливают коробки и из гофрированного пластика, который состоит из двух плёнок, толщиной по 0,2 мм, между которыми заключена гармошка (гофрированная часть) толщиной 1 мм. Толщина стенки равна 1,4 мм. Для упаковки устриц можно использовать и отечественные пачки из картона и комбинированных материалов для рыбной продукции (ГОСТ 15-22-98). Коробки для устриц во Франции делают вместимостью на 1 - 3; 5; 7; 10; 13; 15 кг.

Устриц укладывают выпуклой створкой книзу, что необходимо для предотвращения вытекания воды. Сверху раскладывают прокладочный материал, коробку плотно закрывают крышкой и затем всю упаковку стягивают прочной пластиковой лентой. Такая плотная упаковка предотвращает раскрытие устриц. Некоторые фирмы заполняют коробки водорослями, которые сохраняют постоянный уровень влажности в коробках и передают запах моря. Иногда устриц упаковывают отдельно друг от друга, чтобы предотвратить их открывание и высыхание. Кроме поставок устриц в традиционных коробках, живых устриц поставляют и в вакуумной упаковке. О качестве устриц можно судить по характеристикам, указанным в таблице 59.

Таблица 59. Показатели, характеризующие качество устриц

№	Хорошие устрицы	Плохие устрицы
1	На мясе имеются сжатые складки.	Складки на мясе отсутствуют; они разглажены, обсушены, мясо лишено блеска.
2	Мясо имеет цвет серого жемчуга.	Цвет мяса молочный или желтоватый.

3	Лигамент (в замке) полупрозрачный.	Лигамент беловатый – старые устрицы. Лигамент жёлтый – плохие устрицы.
4	Мясо невязкое и не клеится к стенкам упаковки.	Мясо вязкое и клеится.
5	Специфический запах устричного мяса.	Запах отсутствует.
6	Во время термообработки мясо слабо сокращается и мало выделяет жидкости.	Мясо сильно сжимается; перед реализацией мясо держали в воде с целью увеличения его веса.
7	На поверхности можно заметить соль.	Соль не видна

Моллюсков хранят на воздухе при высокой влажности (например, в полиэтиленовой упаковке с отверстиями для вентиляции или покрытыми влажным полотном и полиэтиленовой плёнкой) при температуре от 1 до 14°C. Рассмотрим подробнее особенности переработки отдельно для мидий и устриц.

7.2. Переработка мидий

Мидий, как пищевой продукт, подразделяют на следующие компоненты: тело (или мягкие ткани); межстворчатая жидкость; раковина (или створки). Биссус также является компонентом тела, но его обычно не учитывают из-за его малой массы. Всё тело мидии, включая желудочно-кишечный тракт и жабры, считается съедобным. Жидкость, заключённая во внутримантийной полости, называется межстворчатой жидкостью. Она насыщена продуктами жизнедеятельности моллюсков, а также микроэлементами и обычно используется для приготовления блюд из мидий. Соотношение компонентов тела зависит от годового цикла размножения. Ниже в таблицах приведены количественные данные по компонентам, полученные в феврале 2009 г, т.е. в промежуточный (межнерестовый) период (табл. 60, 61, 62).

Таблица 60. Компоненты тела крупных мидий (53-61 мм)

№	Длина, мм	Вес общий, г	Межстворчатая жидкость, г	Раковина, г	Мягкие ткани, г
1	59,6	17,07	8,59	5,82	2,66
2	56,4	17,15	6,74	6,74	2,00
3	57,8	19,13	9,49	6,76	2,88
4	61,6	18,21	9,06	6,01	3,14
5	57,1	18,28	9,58	6,09	2,61
6	59,6	19,11	8,86	7,05	3,20
7	59,9	19,49	9,26	6,51	3,72
8	61,3	19,47	9,28	6,94	3,23
9	58,0	17,26	5,74	5,74	3,71
10	55,6	18,86	9,26	6,64	2,96
11	52,9	16,46	6,67	6,86	2,93
12	58,0	19,22	9,67	6,58	2,97

Таблица 61. Компоненты тела мелких мидий (26-36 мм)

№	Вес общий, г	Межстворчатая жидкость, г	Раковина, г	Мягкие ткани, г	Кол- во, экз.
1	34,17	15,68	12,54	5,95	15
2	35,78	17,03	12,49	6,26	15
3	36,03	16,57	12,67	6,79	17
4	37,92	19,17	13,22	6,42	16
5	38,38	17,94	13,82	6,62	18
6	38,97	18,38	13,72	6,87	15

Примечание: в таблице приведены суммарные значения. Для получения индивидуальных значений нужно суммарное значение разделить на количество экз. (последняя колонка).

В технологии переработки мидий самым распространённым приёмом открывания мидий является их нагрев. При этом к межстворчатой

жидкости добавляется «клеточный сок», образуя вместе с межстворчатой жидкостью «бульон».

В российских магазинах продают варёно-мороженное мясо. Мясо, извлечённое из створок мидий бланшированием, называют варёным.

Таблица 62. Выход варёного мяса мидий (август)

Наименование компонента	Вес, кг	%
Створки	4,3	46,24
Мясо	1,3	13,98
Бульон	3,7	39,78
Итого:	9,3	100

Бланширование мидий паром при температуре 98°C производят в течение от 10 до 22 мин; в автоклавах – при температуре от 105 до 108°C в течение от 8 до 10 мин в зависимости от размера мидии. За рубежом бланшируют мидий при 98°C и давлении 1,42 кг в течение 4 мин. Варят мидий в морской воде или в 3% солевом растворе; соотношение воды и сырья 1:1 или 1:1,2. Продолжительность варки – от 15 до 25 мин, в зависимости от размера мидий. Извлечённое мясо промывают и обсушивают на решете в течение 30-40 мин. Его плотно укладывают в картонные коробки, вместимостью 1 кг, выстланные пергаментом или синтетической плёнкой и замораживают при минус 18°C. Коробки или брикеты, обёрнутые в пергамент (полиэтиленовую пленку), укладывают в деревянные ящики, вместимостью до 30 кг или в картонные коробки, вместимостью 15 кг.

Размораживают мясо на воздухе при температуре не выше 20°C до полного оттаивания. Продолжительность хранения мяса мидий при минус 18°C – до 3 месяцев.

Из мяса мидий в домашних условиях и в ресторанах готовят многочисленные блюда. На предприятиях изготавливают пресервы («Мидии копчёные в масле», «Мидии маринованные» и др.) и консервы, а также различные лекарственные препараты, обзор которых дан в конце раздела.

Приготовление мидий.

Выращенные мидии отличаются от «диких», т.е. собранных драгой или водолазом. Во-первых, партия диких мидий состоит из моллюсков разных возрастов, в том числе старых с жёстким мясом. Выращенные мидии поступают в продажу после достижения ими товарного размера (5 см), что обычно происходит за 18 месяцев выращивания. Поэтому реализуемые выращенные мидии представлены молодыми моллюсками. Во-вторых, дикие мидии могут содержать песок или жемчуг, которые отсутствуют в выращенных моллюсках. В-третьих, в условиях морского хозяйства мидии растут быстрее; они содержат больше мяса, а их раковины тоньше, чем у «диких» особей.

Известно, что из мидий готовят разнообразные блюда, подвергая моллюсков термообработке. Но мидий также едят и в свежем виде, что особенно распространено на французском побережье Средиземного моря. Для этого внешнюю поверхность мидий отскабливают и отмывают, не погружая моллюсков в пресную воду. Затем вырывают биссус и, в образовавшееся отверстие, вводят лезвие маленького ножа, которым удаляют одну створку, отрезав от неё мясо. Всё мясо остаётся на одной створке. Мясо подрезают снизу, выдавливают на него несколько капель лимонного сока; всё перемешивают и выпивают жидкость вместе с мясом.

В приведенных ниже рецептах для приготовления блюд путём термообработки используются, как это принято в ряде европейских стран (Франция, Италия, Испания и т.д.), мидии вместе со створками. Это придаёт блюдам праздничный, по-настоящему «морской вид». Однако данное обстоятельство вынуждает повара прикладывать дополнительные усилия на очистку раковин. Купленных мидий необходимо промыть в проточной воде, отскоблив с поверхности створок организмы-обрастатели (балянусы, мшанки, губки, гидроиды). Важно при этом мидий не держать в пресной воде, а отмывать их под струёй воды, иначе они могут набрать пресную воду, что отрицательно скажется на качестве блюд. Необходимо удалить и биссус, т.е. нити, которыми мидии прикрепляются к твёрдой поверхности. Остатки биссуса удаляют после извлечения мяса из раковин.

Отмытых мидий помещают в сухую кастрюлю из расчёта 0,5 кг живых мидий на одну персону. Объём кастрюли должен в 2 раза превышать объём приготавливаемых мидий. Запас свободного пространства в кастрюле позволит мидиям раскрыться при закипании, а также два-три раза перемешать мидий встряхиванием по мере их прогревания (мидий нагревать в закрытой кастрюле). После полного открытия моллюсков, их извлекают из кастрюли вместе с раковинами шумовкой. Жидкость процеживают и держат отдельно для приготовления блюд, которые отличаются широким ассортиментом. Ниже приводятся рецепты французской кухни.

Суп из мидий.

Простой рецепт для 6 персон: 2 кг мидий, 1,2 литра воды, 2 луковицы, 2 морковки, четверть корня сельдерея, 50 г сливочного масла, петрушка, укроп, 6 столовых ложек сметаны, соль и перец.

Отскоблить и отмыть мидий; открыть мидий путем нагрева в течение 5 мин на интенсивном огне. Мелко нарезать лук, морковь и сельдерей. Обжарить все это на сливочном масле вместе с крупно нарезанной зеленью. Процедить жидкость, вышедшую из мидий, влить в нее 1,2 л воды и обжаренные овощи. Закрывать крышкой и варить 30 мин на среднем огне. В это время извлечь мясо мидий из створок. Когда бульон будет готов, овощи нужно протереть с помощью миксера. Добавить в суп мясо мидий, сметану, соль и перец по вкусу. Подогреть суп и сразу же подавать на стол.

Суп президента.

Суп готовится аналогично супу из мидий: приготовить хороший овощной суп-пюре с использованием мидийного бульона. Затем добавить в него мясо мидий.

Суп домашний с мидиями.

1 кг мидий; 2 средние луковицы; 2 ветки сельдерея; сливочное масло 100 г; две белые части лука пуаро (можно лук порей); мука 30 г; 1,5 л молока; 100 г сухого белого вина; десяток корней петрушки; 50 г сметаны; мускат; соль и перец.

Нарезать мелко лук, сельдерей и пуаро. Всыпать в кастрюлю мидий, измельченный лук и сельдерей; отмытые корни петрушки и белое вино. Всё нагреть на интенсивном огне; встряхнуть при этом один раз кастрюлю для того, чтобы нижняя часть содержимого

кастрюли оказалась наверху. При этом все мидии должны быть открытыми. Затем мидий извлечь, а бульон пропустить через тонкое сито. Другую луковицу, корень сельдерея и пуаро слегка обжарить в другой кастрюле на сливочном масле (40 г); посыпать мукой; обжарить всё это в течение нескольких минут, при этом мука не должна румяниться; снять с огня и остудить.

Вскипятить молоко и вылить его на охлаждённую смесь в кастрюле; перемешать; поставить на огонь и, постоянно помешивая, довести до кипения, но не доводить овощи до пюре.

Посолить, поперчить, добавить мускат и специи. Всё варить на слабом огне 20 мин; влить мидийный бульон (отцеженный от осадка). Прокипятить в течение нескольких минут; добавить сливочное масло и сливки; всыпать мидий. Суп подавать горячим.

Борщ с мидиями.

На 2 персоны: 60 г (20 шт.) мяса мидий, 80 г риса, 50 г репчатого лука, 40 г моркови, 20 г сливочного масла, соль, специи по вкусу.

Готовить борщ из квашенной или свежей капусты. За 10 минут до конца варки борща добавить мясо мидий.

Рыбная уха с мидиями.

На 4 персоны: 500 г рыбы с жёстким мясом (ерши, кефаль); 500 г рыбы с мягким мясом (султанка, пикша и т.д.); 500 г мидий; 1 луковица, 2 дольки чеснока, 10 веточек петрушки; 2 помидора, 1 морковь, 1 сельдерей; 0,5 стакана растительного масла, соль, перец, 4 кусочка белого хлеба.

Почистить рыбу; отскоблить и отмыть мидий. Поместить мидий в сухую кастрюлю и поставить на сильный огонь без воды на несколько минут. Когда мидии откроются, их достать из кастрюли и извлечь мясо из раковин. Профильтровать мидийный бульон.

Порезать лук, морковь, сельдерей, 10 веток петрушки и 2 дольки чеснока; обжарить всё это в 0,5 стакана масла. Когда эта смесь поджарится, добавить мякоть двух помидор, соль, перец и всё это прожарить ещё в течение 10 мин.

Перенести всё в тушилку и добавить туда рыбу с жестким мясом; покрыть их водой и нагреть на сильном огне до закипания. Варить в открытой посуде 10 мин.

Добавить в тушилку рыбу с мягким мясом; варить ещё 10 мин, затем внести мидий и мидийный бульон. Положить на дно супницы обжаренные кусочки хлеба и на них налить горячую уху.

Сразу же подавать на стол.

Вторые блюда.

Мидии в мадере.

Открыть отмытых мидий нагреванием. Удалить одну створку с каждой мидии. Разложить створки с мясом на горячий противень. В кастрюле разогреть сливочное масло, томат, бульон из мидий, стакан мадеры, добавить специи, все прокипятить и залить мидий.

Шашлык из мидий

4 дюжины мидий, 150 г сырой ветчины, чашка тертых сухарей, 1 яйцо, соль, перец.

Открыть отмытых мидий нагреванием и извлечь из них мясо. Порезать ветчину на маленькие ломтики и приготовить шашлыки, чередуя сало и мидий. Пропустить шашлыки через взбитое подсоленное яйцо, поперчить и обсыпать сухарями. Держать над жаром 15 мин, поворачивая шашлыки.

Горячие мидии

Открыть мидий в гриле или на очень горячем противне (рис. 134 цветной вкладыш, стр. 506).

Открывающихся мидий сразу же подают к столу и едят их с хлебом и маслом.

Жареные мидии.

Открыть мидий нагревом и удалить одну створку. На сковороду налить растительного масла и положить кусок сливочного масла. Разложить на сковороде створки с мясом мидий и в течение нескольких минут их прожарить. Затем добавить рубленый чеснок и петрушку, мякоть белого хлеба и немного перца. Прожарить все вместе еще в течение 2 мин.

Мидии мариньер.

В кастрюле обжарить на сливочном масле мелко нарубленный лук с петрушкой. Вылить стакан кислого белого сухого вина. Добавить нарезанный чеснок и поперчить. Высыпать в эту кастрюлю хорошо отмытых мидий. Накрыть крышкой и нагревать, периодически перемешивая мидий. Когда мидии полностью откроются подавать на стол. Есть в горячем виде.

Мидии мариньер (другой вариант).

Засыпать в кастрюлю мелко нарубленный лук и сливочное масло; влить стакан сухого белого вина (кислого). Засыпать живых отмытых мидий. Кастрюлю нагревать на сильном огне, перемешивая содержимое. Когда мидии полностью раскроются, мидий достать из кастрюли. Оставшийся бульон держать в нагретом состоянии. Профильтровать этот бульон и поставить на огонь. Добавить в бульон муку и сливочное масло; кипятить помешивая. Подсолить и поперчить. Вылить соус на мидий, посыпать мелко нарезанной петрушкой; блюдо подавать горячим.

Мукляд.

Готовить мидий по второму рецепту «*Мидии мариньер*», заменив лук мелко нарезанным чесноком. Добавить в соус сметану и один желток, а также несколько семян укропа. Половину створок удалить; залить оставшихся мидий соусом.

Мидии натуральные.

В кастрюлю поместить отмытых и слегка обсушенных мидий вместе с нарубленной морковью, луком, лавровым листом и куском сливочного масла. Готовить на медленном огне, периодически перемешивая. Мидии готовы после полного открытия.

Мидии во фритюре.

Приготовление в течение 20 мин. После подсушивания мяса, его берут по два кусочка и макают во фритюр. После приготовления складывают на блюдо, украшают дольками лимона и накрывают блюдо салфеткой. Если у вас нет фритюра, обмакните каждую мидию в муку, затем в сбитое яйцо с сухарями. Это блюдо едят с томатным соусом.

7.3. Приготовление устриц

«Открыть устрицу – это значит открыть праздник!». Это выражение хорошо известно во Франции – в стране, где устрицы являются обязательным компонентом праздников, важных и торжественных встреч, выходных дней и особенно главного праздника французов – Рождества. Широко известны полезные и лечебные свойства устриц, а также их лёгкая и, практически полная, усвояемость организмом человека.

В нашей стране традиция потребления устриц, хотя и забыта, но в настоящее время она начинает возрождаться. Ниже предлагаем несколько советов тем, кто решил сам попробовать этот полезный и приятный продукт.

1. Хранение устриц. Устрицы хорошо сохраняются, если их раковины не повреждены. Оптимальная температура хранения: +4°C, но допускаются колебания от +1 до +14°C. Хранить устриц нужно вдали от прямых солнечных лучей. Хорошее место для хранения – нижняя часть холодильника, где устрицы остаются живыми в течение 10 дней. Более того, их вкус улучшается после 3 дней хранения.

2. Как открыть устрицу? (рис. 135 цветной вкладыш, стр. 507). Неспециалисту открыть устрицу непросто, но профессионалы открывают сотню устриц за 5 минут. Начинающему любителю устриц мы рекомендуем, во избежание пореза ладони раковиной, положить на левую ладонь сложенную салфетку. На салфетку кладут устрицу выпуклой створкой вниз. При этом узкое окончание раковины (замок) направлен к себе.

Для открывания устриц нужно выбрать нож с узким и коротким лезвием. Взять нож в правую руку, большой палец поместить на лезвие ножа на расстоянии 1 см от конца лезвия. Ввести лезвие между створками с правой стороны раковины на расстоянии 2/3 длины раковины от замка. Именно в этом месте находится мускул, замыкающий раковину. Перерезать этот мускул (ближе к верхней створке); приподнять и удалить верхнюю створку. Сохранить жидкость, омывающую мясо нижней створки. Если нож плохо вводится между створками раковины, нужно, с помощью плоскогубцев, надломить край раковины, после чего в это место ввести лезвие ножа.

Дегустация устриц.

Устриц открывают непосредственно перед их употреблением, при этом жидкость сливают. Открытых устриц размещают на блюде, обычно по 6, либо по 12 штук. Для того чтобы жидкость не выливалась из раковины на тарелку, нужно пользоваться специальными тарелками с углублениями, либо предварительно насыпать на тарелку слой крупной соли (можно морской) или слой колотого льда, либо слой свежих водорослей.

Прежде, чем есть устрицу, вдыхают её аромат, который хорошо передаёт йодистый запах морских волн. Затем ножом отделяют от нижней створки мускул-замыкатель. Выдавливают на устрицу несколько капель лимонного сока, или же добавляют немного уксуса, смешанного с тонко нарезанной белой частью зелёного лука. После этого вилкой с короткими зубцами перемешивают мясо устрицы в жидкости с лимонным соком (либо уксусом), после чего выпивают всё содержимое.

Устриц закупают белым сухим вином. Например, во Франции к устрицам обычно заказывают такие белые вина: Шабли (Chablis), Мюскаде (Muscadet), Гро-Плян (Gros-Plant). Подают к устрицам и бутерброды из серого хлеба со сливочным маслом, лучше немного подсоленным.

Открытых устриц (без верхней створки) можно хранить замороженными (например, в морозилке) в течение 3-х месяцев. Считается, что их вкус от этой процедуры существенно не ухудшается. Однако это утверждение, по нашему мнению, нуждается в проверке.

Из устриц, особенно крупных, готовят различные блюда; мы приводим некоторые рецепты французской кухни.

Подготовка устриц к термообработке.

Откройте устриц, отделите мясо и положите на ткань (или бумажное полотенце), чтобы жидкость стекла. Соберите межстворчатую жидкость, которая в дальнейшем понадобится, профильтруйте её. Слегка обварите устриц в этой воде с добавлением или без добавления белого вина и перца (но без соли), можно ароматизировать добавлением кервеля, эстрагона, укропа или ветки сельдерея. Время отваривания 2 мин. на слабом огне.

Ароматизаторы.

Перец используется обязательно. Берут ароматические травы, за исключением базилика. Необходимы также масло и особенно сливки (сметана). Нельзя использовать горчицу и растительное масло.

Слоеные устрицы с гусиной печенью.

Сделать из слоеного теста блинчики диаметром примерно 5 см. Их испечь непосредственно перед подачей на стол. На горячие блинчики положите по кусочку печени и сырое мясо одной устрицы и сразу же съедайте, не дав остыть этому блюду.

Горячие устрицы по старинному рецепту.

Устрицы среднего размера, размягченное сливочное масло.

Посуда: противень или гриль газовый либо электрический.

Поместить устриц на горячий противень, как только они откроются, поместить в них по небольшому кусочку масла. Есть устриц после того, как масло растопится.

Горячие устрицы в белом вине.

На 4 персоны: 2 дюжины устриц, 6 шт. зеленого лука, 250 мл белого сухого вина, 200 г сливочного масла, 1 ст. ложка уксуса из белого вина, соль, молотый перец, 1 кг крупной соли.

Принадлежности: ситечко, пестик, кастрюля с низкими стенками (либо сковорода), шумовка, глубокая тарелка, средняя кастрюля, деревянная лопатка, сбивалка, водяная баня, чистый противень, фильтровальная бумага.

Вскрыть живых устриц, извлечь мясо и профильтровать жидкость через ситечко, сохранить всё (необходимо для приготовления блюда). Хорошо отмыть внутренние поверхности вогнутой створки. Просушить их в теплой духовке. В сковороду (или в низкую кастрюлю) положить кусочек масла, влить профильтрованную жидкость от устриц и белое вино. Поперчить, но не солить. Нагреть все, вначале на слабом огне. Как только содержимое закипит, поместить в него мясо устриц (три или четыре за один раз) на несколько секунд и сразу же мясо перенести на фильтровальную бумагу. В кастрюле слегка подрумянить лук на небольшом количестве масла. Добавить уксус и держать на огне до полного испарения жидкости. Затем влить жидкость, оставшуюся от обжаривания устриц и прибавить огонь для ускорения выпаривания жидкости, которой должно оставаться 2 ст. ложки. Когда жидкость станет теплой, её постепенно влить во взбиваемые желтки. При этом желтки продолжают взбивать. Затем поместить кастрюлю на водяную баню. Постепенно, по кусочкам, добавлять сливочное масло, продолжая взбивать до получения консистенции майонеза. Поместить в каждую створку мясо одной устрицы. В противень насыпать крупной соли и размещать устриц, слегка вдавливая их в соль. Распределить соус по створкам. Затем противень поставить на 30 сек в разогретую духовку и сразу же подавать к столу.

Замечание. Устрицы должны быть упитанными.

Суфле из устриц.

На 6-8 персон: мясо живых устриц (36 шт.), которое должно быть слегка обсушеным, межстворчатая жидкость сохранена, молоко (250 мл), сливочное масло (40 г), мука (40 г), яйца, белки отделены от желтков и взбиты (4 шт.), соль и перец.

Разогреть межстворчатую жидкость с молоком, перед закипанием опустить мясо устриц. Кипятить 3 мин, т.е. до тех пор, пока края мяса не начнут коробиться. Извлечь мясо и остудить, после чего порубить. Бульон сохранить. Расплавить сливочное масло в кастрюле с толстым дном и добавить муку, обжарить. Добавить 250 мл бульона и продолжать кипятить все время помешивая до тех пор, пока не получится гомогенный соус. Снять с огня и постепенно добавлять желтки (сбитые) постоянно перемешивая жидкость, также перемешивая до получения гомогенного соуса. Вновь поставить на огонь, постоянно помешивая соус, пока он не станет плотным.

Опустить устриц в этот соус. Посолить и поперчить. Добавить сбитый белок. Перелить содержимое в хорошо смазанную чугунную кастрюлю 20 см диаметром. Готовить при температуре 180°C в течение 40 мин, пока суфле не поднимется и не станет золотистым. Сразу же подавать к столу.

Устрицы гласе (глазированные).

На 4 персоны: устрицы очищенные, вскрытые, но в раковинах (24 шт.), масло сливочное, рубленая петрушка (4 ст. ложки), белая часть зеленого лука (6 шт.), молотый перец, тертый сыр (60 г).

Мясо устриц слегка обсушить, разложить на подогретой сковороде со сливочным маслом, приправить петрушкой, тонко нарубленным зеленым луком и грубо помолотым перцем. Сверху посыпают тертым сыром. Глазируют в подогретой духовке (220°C), примерно 10 мин. Блюдо подают в горячем виде.

Устрицы в крестьянском сливочном масле.

На 6 персон: 120 г масла, 24 крупных устрицы, 100 мл шампанского, 5 г цедры лимона, 1 чайная ложка зубчатого лука, щепотка сахара, чайная ложка сока лимона.

Мелко нарубить цедру лимона. В маленькую кастрюлю опустить лимонную цедру, кусочек масла с лесной орех, сахарную пудру, соль, перец и 4 столовые ложки шампанского. Готовить на слабом огне пока не впитается вся жидкость. Снять с огня. Открыть устриц,

извлечь их из раковины, собрать жидкость и пропустить её через тонкое сито. Опустить устриц в профильтрованную жидкость. В кастрюлю налить шампанское и половину межстворчатой жидкости. Добавить цедру лимона, сок лимона поперчить и довести до кипения.

Как только закипит соус опустить в него устриц, просчитать до 6 и извлечь их шумовкой. Поместить устриц в чашку, чтобы они оставались мягкими. Выпарить наполовину соус из шампанского. Поместить в духовку промытые раковины. В каждую раковину поместить мясо одной устрицы, сверху полить соусом, добавить немного цедры лимона. Украсить зубчатым луком и сразу подавать.

Устрицы в салате.

Открыть устриц; на сковороде хорошо прогреть тонкий кусок бекона, положить на салфетку и хорошо просушить. Обработанный таким образом бекон раздавить и смешать с мелко нарезанным луком и петрушкой. Покрыть мясо устриц, находящееся в раковине, этой смесью и выдержать их в течение нескольких минут в горячей духовке. Подавать вместе с четвертинкой лимона.

7.4. Фармакология и конхиокультура

К настоящему времени разработаны технологии глубокой переработки моллюсков, особенно мидий, в высококачественные пищевые продукты, биологически активные вещества (БАВ) и лечебно – профилактические препараты радиозащитного, противоопухолевого, кроветворного и инсулиноподобного действия. Из створок мидий и устриц производят кормовые добавки в виде муки и крупки для сельскохозяйственных животных, особенно для птицы. Мука из створок и некондиционных мидий повышает биологическую ценность корма птиц и молодняка с/х животных; укрепляет их иммунную систему, улучшает ионный состав крови, повышает прочность скелета и т.д. В США ежегодно из створок устриц выпускают кормовую муку на 10-12 млн. \$.

Мясо мидий и устриц богато микроэлементами, витаминами и БАВ. Мидии содержат жирорастворимые витамины А и D, а также водорастворимые витамины группы В (В₁, В₂, В₆, В₁₂) и другие. Наибольшее значение имеет провитамин D₃ (7-дегидрохолестерол), нечасто встречающийся в другом сырье, который при облучении

ультрафиолетовым светом переходит в витамин D₃. Содержание в мясе мидий целого ряда незаменимых веществ определяет его высокую питательную и биологическую ценность, а также некоторые лечебные свойства. По содержанию незаменимых аминокислот, (которые не синтезируются в организме человека), белки мидий превосходят белки говядины и рыбы. Белки мидий хорошо усваиваются, усвояемость достигает 85%. Жиры культивируемых мидий имеют большую биологическую ценность, т.к. содержат около 40% незаменимых для организма человека полиненасыщенных жирных кислот. Эти кислоты входят в состав витамина F. Мясо мидий и устриц, включающее много полезных для здоровья человека компонентов, рекомендовано Минздравом СССР, а затем Украины и России в качестве лечебно-профилактического питания. При создании лечебных диет в Институте питания АМН РФ было выяснено, что мидии полезны при заболевании печени, желчного пузыря, сахарного диабета, склероза, а также при малокровии. Мясо мидий рекомендовано в качестве диетического продукта для профилактики и лечения лиц, больных атеросклерозом, для профилактики ожирения, а также для лиц пожилого возраста. Не удивительно, что из моллюсков изготавливают многочисленные медицинские и косметические препараты. При этом переработка, например, мидий, значительно повышает рентабельность предприятия.

В России и в Украине, где мидий выращивают значительно больше, чем устриц, производятся медицинские, пищевые и технические продукты в основном на основе переработки мидий. Одним из наиболее рентабельных продуктов переработки считаются **гидролизаты** – продукты, получаемые гидролизом мяса в кислотной, либо щелочной среде, либо под воздействием ферментов. Соответственно выпускаются кислотные, щелочные и ферментативные гидролизаты. Гидролизаты являются прекрасным сырьем для производства лечебно-профилактических, фармакологических и косметических препаратов, биологически активных пищевых добавок. Вот образцы некоторых гидролизатов:

МИГИ-К – пищевой мидийный гидролизат кислотный. Химический состав МИГИ-К: содержание влаги – 69-72%; минеральные вещества – 14,21%; липиды – до 0,8%; общий азот –

1,6-2,4%; азот аминогруппы – 870-1000 мг%. Исследования свойств препарата показали, что МИГИ-К обладает полезными свойствами (которые отсутствуют в мясе мидий), даже при длительном хранении: три года – при температуре 20°C и неограниченно – в холодильнике. Рекомендовано использование МИГИ-К в качестве пищевого продукта для эффективного лечения и защиты лиц, подвергшихся воздействию ионизирующего облучения. Установлено, что применение МИГИ-К приводит к ослаблению поражения кроветворной системы, более быстрому её пострadiационному восстановлению.

Кислотный гидролизат **МИГИ-К ЛП** представляет собой темно-коричневую жидкость, в состав которого входят аминокислоты (в том числе все незаменимые); низкомолекулярные пептиды, жирные полиненасыщенные кислоты, меланоиды и значительное количество микроэлементов в формах, легко усвояемых человеком. МИГИ-К ЛП может быть рекомендован лицам, подвергшимся ионизирующим излучениям. Его могут использовать больные, проходящие химио- и радиотерапию, а также больные с воспалительными процессами, иммунодефицитом, метаболическими нарушениями, железодефицитными анемиями, при лечении травм. Этот гидролизат рекомендуется лицам, работающим во вредных условиях труда, либо проживающих в экологически неблагоприятных районах, а также спортсменам и здоровым людям для повышения выносливости и трудоспособности. Применение МИГИ-К ЛП в виде пищевой добавки значительно улучшает вкус блюд.

Ферментно-кислотный мидийный гидролизат «**Мидийный элексир**» (**МИДИЭЛ**) - обладает высокой антивирусной, иммуномодулирующей и общетонизирующей активностью. В МИДИЭЛе содержатся все незаменимые аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, олигопептиды. Благодаря наличию таурина в МИДИЭЛе, препарат воздействует на организм человека как сильное радиотерапевтическое и онкопротекторное средство, которое предупреждает и останавливает рост как доброкачественной, так и злокачественной опухолей.

Белково-углеводный концентрат мидийный **БУК-М**. Изготавливают этот гидролизат в процессе гидролиза мяса мидий с использованием ферментов протеолитического и амилолитического

действия. Клинические исследования показали наличие у БУК-М иммуностимулирующих, антиоксидантных, гемостимулирующих, противовоспалительных свойств. Белок БУК-М характеризуется сбалансированным набором незаменимых аминокислот, причем содержание лизина, метионина и триптофана в БУК-М значительно выше, чем в говядине, яйцах, сыре и рыбе. Комплексные соединения белков с углеводами (гликопротеиды) придают БУК-М иммуностимулирующие, противоопухолевые и кроветворные свойства.

Щелочной мидийный гидролизат («**Мигивенг**»). Гидролизат обладает выраженным противоожоговым и ранозаживляющим действием, нормализует структуру ДНК при отравлениях тяжелыми металлами, является источником антиоксидантов, полиненасыщенных жирных кислот, незаменимых аминокислот и микроэлементов.

Следует особо отметить, что мидийные гидролизаты «МИГИ-К», «БУК-М» и «Мидиэл» клинически опробованы в различных крупных медицинских учреждениях России и Украины. Показано, что гидролизаты проявляют высокую терапевтическую эффективность при лечении многих заболеваний и могут быть использованы практически во всех сферах медицины.

Лечебно-профилактические, фармакологические и косметические препараты, биологически активные пищевые добавки (нутрицевтики и парафармацевтики).

На основе гидролизата БУК-М были разработаны технологии получения экстракта мидийного, бальзама «**Пантикапей**», молочнокислого напитка «**Мидимол**», пищевой эмульсии типа майонеза, ряда соусов для общепита и другой продукции, обладающей антиоксидантными и радиопротекторными свойствами.

«**Биполан**» – биодобавка из черноморских моллюсков. Основными компонентами биодобавки являются физиологически важные 20 аминокислот, в том числе все незаменимые; 13 моносахаридов (глюкоза, фруктоза, уроновые кислоты – 2, сиаловые кислоты – 4, гексозамины – 2, арабиноза, ксилоза, рибоза); 18 биогенных макро- и микроэлементов, липиды, среди которых более 38,0% приходится на долю эссенциальных жирных кислот; витамины – С, А, Е, U, РР, группы В. «Биполан» рекомендуется применять при

заболеваниях эндокринной и кроветворных систем; для профилактики атеросклеротических процессов в организме; в лечении и профилактике онкологических заболеваний.

Антивирусный препарат **«Вирамид»** из мидии обладает профилактическим и лечебным действием в отношении вирусов гриппа А и В, вирусов простого герпеса 1-го и 2-го типов.

«Мидивет» – пищевой продукт высокой биологической активности. Обладает способностью повышать общую устойчивость организма. Рекомендован лицам, контактирующим с ионизирующим и неионизирующим излучением, больным, получающим лучевую и химиотерапию.

Мидийный концентрат **«МидиКон»** является антиоксидантом прямого действия; он связывает образующиеся в организме свободные радикалы, препятствуя развитию токсичных процессов перекисного окисления липидов, способствуя восстановлению естественной антиоксидантной системы организма. Антиоксидантная активность, а также наличие в составе "МидиКона" мукопротеинов обуславливают противоопухолевое действие биодобавки. Биологически активные вещества гликопротеиновой природы обеспечивают восстановление процессов костномозгового кроветворения (красного, белого и тромбоцитарного), улучшая клинические показатели крови; нормализуют активность щитовидной железы; облегчают поступление ионов в клетки организма.

«Мидоцел» – биодобавка для профилактики онкологических заболеваний.

«Таурин - 2» – аминоктосульфоновая кислота, которая является одним из перспективных и ценных продуктов переработки мидий.

Группа препаратов косметического направления.

Гель после бритья **«ИМИДЖ»** – антисептический и тонирующий гель после бритья с лиофилизатом из мидий.

Из створок мидий и устриц вырабатывается ряд препаратов, содержащих легко усваиваемый кальций. Кальций – единственный элемент, поддерживающий нормальный кислотно-щелочной баланс человека. В возрасте 40 лет дефицит кальция испытывают 50% американцев, а в возрасте 60 лет – более 90%. Известно около 150 серьезных заболеваний, вызванных дефицитом кальция.

Считают, что если вернуть кальций в организм человека, то можно будет на порядок снизить угрозу сердечно-сосудистых заболеваний и заболевания раком. В настоящее время в аптеках продаётся легко усваиваемый кальций, полученный из створок устриц, с добавлением витамина D.

В данном кратком обзоре упомянуты только препараты, получившие наиболее широкую известность. В заключение следует добавить, что на основе переработки мидий и других моллюсков выпускаются препараты и пищевые добавки и для домашних животных (кошек, собак). Эти добавки компенсируют недостаток микроэлементов в корме животных, что улучшает экстерьер, прежде всего шерстный покров и его блеск.

Российские фармакологи опережают своих западных коллег по ассортименту препаратов, выпускаемых на основе мяса мидий. Учитывая заинтересованность западных морских биотехнологов и фармакологов в сотрудничестве по производству мидийных препаратов, в частности биодобавок для животных, следует считать данное направление перспективным для международного сотрудничества.

Глава 8

ЭКОНОМИКА МОРСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ МОРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

8.1. Экономические аспекты марикультуры

Выращивание деликатесной продукции, богатой белками животного происхождения, причём без расходования кормов и со сравнительно невысокими затратами энергии и труда – привлекательно с экономической точки зрения. При этом выход готовой продукции с единицы площади морской акватории оказывается гораздо выше, чем при выращивании теплокровных животных на пастбищах, т.к. в море пища приносится течением. Не удивительно, что устрицеводство и мидиеводство являются экономически выгодными в десятках стран и эти отрасли по объёмам продукции стали ведущими в мировой марикультуре. Однако, в сложившихся социально-экономических условиях в России, необходимо, до принятия окончательного решения относительно целесообразности создания собственного мидийного или устричного хозяйства, выполнить надёжное экономическое обоснование своего проекта. А принятие ответственных решений при управлении уже функционирующим предприятием также должно быть обосновано экономическими расчётами.

Эффективность выращивания моллюсков зависит от принятой организационно-экономической структуры предприятия и его производительности, выбор которых базируется на анализе:

- природных условий (площадь доступной акватории, степень её защищённости от волн и ветра, направление и скорость течений, глубины, обеспеченность кормом, посадочным материалом, наличие хищников, состояние природных поселений моллюсков, удалённость от базы, возможности охраны фермы);
- имеющейся инфраструктуры (наличие портовых сооружений, полноценной береговой базы). Создание новой инфраструктуры на берегу целесообразно только при организации сети марихозяйств или очень крупных хозяйств;

- специфики работ на мидийно-устричном хозяйстве, проявляющейся в выраженной сезонности в реализации продукции, а также в выполнении морских работ (необходимость найма сезонных рабочих).

В настоящее время не представляется возможным выполнить экономический анализ действующего на Чёрном море мидийно-устричного хозяйства. Единственное черноморское мидийно-устричное предприятие ООО «ЯХОНТ - ЛТД», функционирующее в районе пос. Кацивели (Южный берег Крыма) и отвечающее современным техническим требованиям, находится пока на этапе становления и в настоящее время столкнулось с административными и техническими трудностями. Поэтому приходится ограничиваться ориентировочными расчётами, составленными для некоторого абстрактного предприятия.

В качестве примера возможной фермы рассмотрим морское хозяйство производительностью 1000 т мидий и устриц в год (900 т – мидии; 100 т – устрицы). Организацию морской фермы предполагается осуществить в перспективном для развития марикультуры районе: в Каламитском заливе (Западный Крым) на акватории площадью 31,2 га (поверхность моря), либо 50 га (площадь дна под фермой). Основной упор при выборе носителя делается в данном случае на штормоустойчивость, а также на испытание разных носителей с целью дальнейшей оптимизации структуры фермы.

Структура фермы с указанием производительности отдельных её участков отражена в таблице 20. Организация морской фермы обойдётся (цены 2007 года) в 627 735 \$ (см. табл. 22). На строительство и оснащение береговой базы необходимо 168 960 \$.

Устричный спат можно закупать за границей, но, если мы хотим развивать отечественное устрицеводство, мы должны построить свои питомники, которые будут удовлетворять не только потребности в спате собственной фермы, но и других черноморских ферм. Годовая производительность питомника – 4 млн. устричного спата в год, из которых 1,5 млн. – для собственной фермы и 2,5 млн. – для поставок в другие устричные хозяйства. Затраты на строительство и оборудование питомника составляют 130529 \$.

Для планирования такого крупного морского хозяйства желательно приобрести французское судно, полностью оснащённое специальным оборудованием, стоимостью 390 000 \$ (цены 2007 г).

Целесообразно в состав предприятия, располагающего питомником, хорошей береговой базой, оборудованным специализированным судном – «плавучей базой», включить и учебное подразделение, готовящее специалистов по конхиокультуре. Такая организация, «Региональный центр марикультуры», может стать центром развития мидиеводства и устрицеводства на Чёрном море и, следовательно, может рассчитывать на государственное финансирование в полном, либо частичном объёме.

Итак, общие расходы на сооружение и оборудование довольно крупного мидийно-устричного хозяйства с учебным центром просуммированы в таблице 63.

Таблица 63. Смета финансовых затрат на организацию Регионального центра марикультуры

№	Наименование	Стоимость, \$ (цены 2007 г)
1	Морская ферма	627735
2	Береговая база	168960
3	Питомник с учебным центром	127680
4	Специализированное судно (плавбаза)	390000
	Итого:	1 314 375

Количество рабочих мест.

Всего в Региональном центре должно работать 35 человек.

На полную мощность предприятие должно выйти через 3 года: в первый год устанавливаются 30 поверхностных носителей; во второй – 50 полупогружённых и в третий – 15 подповерхностных, для постановки которых нужны рабочие, имеющие навыки выполнения монтажных работ в море.

Сроки амортизации оборудования:

- носитель: 4-5 лет;
- судно: 8 лет (корпус – 10 лет; двигатель – 5 лет);

- строение (цех): 10-15 лет;
- грузовик: 5 лет;
- механизация: 5 лет.

Реализация мидий.

- Продолжительность выращивания мидии – 18 месяцев после оседания личинок. Первый урожай собирают через 2 года после постановки поверхностных носителей, т.е. в течение 3-го года будет реализовано 210 т мидий. В течение 4-го года – 660 т ($210 + 450 = 660$ т) мидий и 50 т устриц. В течение 5-го года – 910 т ($660 + 250 = 910$ т) мидий и 100 т ($50 + 50 = 100$ т) устриц. Ежедневно реализуется 3 т мидий.
- Отпускная цена на ферме: 1,5 \$ за кг (цены 2007-2008 гг. Однако в 2008-2009 гг. цены на живую мидию возросли до 7 \$ за кг).
- Начиная с 5-го года, за год реализуется 910 000 кг живых мидий (на сумму 1 365 000 \$).

Реализация устриц.

- Продолжительность выращивания устриц в среднем 24 месяца. Начало сбора урожая: через два года после выставления садков с посадочным материалом.
- Цена одной устрицы 2,3 \$ (цены 2008-2009 гг.).
- При выходе предприятия на проектную производительность за год реализуется 1 000 000 живых устриц (100 т на сумму 2 300 000 \$).

Реализация спата.

- Цена спата: 1 устрица длиной 10 мм стоит 0,04 \$.
- За год реализуется 2,5 млн. экз. спата (на сумму 100000\$).

Кроме реализации моллюсков, доход может приносить также очистка загрязнённых моллюсков, доставляемых с фермерских хозяйств на станцию очистки Регионального центра. Ориентировочная цена очистки: 0,4 \$ за кг мидий и 1 \$ за кг устриц. Однако эта статья дохода начнёт работать только после создания на Чёрном море фермерских хозяйств.

Подготовка фермеров – также доходная статья.

Кроме этого, доход будет давать разработка проектов для создаваемых фермерских хозяйств; возможны разработки и других

проектов и выполнение исследований по марикультурной тематике. Для разработки проектов, проведения исследований, организации конференций и т.д. «Региональный центр марикультуры» должен заключать договора со специалистами на время проведения запланированных мероприятий.

Расчёт рентабельности и прибыли:

$$R = \frac{K - J}{J} \cdot 100\% ,$$

где: R – рентабельность, %;

K – стоимость годовой реализации моллюсков, \$;

J – годовые затраты на работу предприятия, \$.

Годовые затраты на обеспечение функционирования предприятия складываются из амортизационных отчислений, отчислений на текущий ремонт и на выплату зарплаты, а также налоги, которые в данных расчётах не учитываются (табл. 64).

Таблица 64. Расчёт капитальных вложений, амортизационных отчислений (А) и отчислений на текущий ремонт (Т/Р) при создании Регионального центра марикультуры

№	Основные фонды	Стоимость, тыс. \$	А, %	Т/Р, %	А, тыс. \$	Т/Р, тыс. \$
1	Здание береговой базы	49,92	6,7	1,8	3,34	1,00
2	Здание питомника	58,24	6,7	1,8	3,90	1,05
3	Склад	6,00	10,0	1,0	0,60	0,06
4	Морская ферма	627,735	20,0	2,0	125,55	12,55
5	Судно	390,00	12,5	2,5	48,75	9,75
6	Оборудование береговой базы	69,04	14,3	1,0	9,87	0,69
7	Оборудование питомника	69,44	14,3	1,0	9,93	0,69
8	Причал	30,00	6,7	1,8	2,01	0,54
	Всего кап. вложений:	1303,20			203,95	26,33

Средняя зарплата работника составляет 400 \$/мес. Годовая зарплата 35 человек составит: $400 \times 12 \times 35 = 168\,000$ \$.

Итак, годовые расходы по Региональному центру составляют:

$$203\,950 + 26\,330 + 168\,000 = 398\,280 \$.$$

В первые два года реализации не будет, поэтому предприятие будет убыточным.

В третий год будет реализовано 210 т мидий на сумму 315 000 \$, что только почти покрывает расходы на обеспечение функционирования центра. В последующие годы, после выхода предприятия на запланированную производительность, ежегодно будет реализовываться продукция на сумму:

$$1\,365\,000 + 2\,300\,000 + 100\,000 = 3\,765\,000 \$,$$

что почти в 10 раз превышает расходы на содержание центра.

Прибыль за год составит $3\,765\,000 - 398\,280 = 3\,366\,720$ \$, т.е. предприятие окупится в течение года его нормальной работы. Рентабельность предприятия после выхода на проектную производительность: $(3\,366\,720/398\,280) \times 100 = 845\%$.

Однако в данных расчётах, во-первых, не учтены налоги, во-вторых, использованы цены на продукцию, сложившиеся в условиях острого дефицита живых моллюсков на рынке в 2007 г. Какими ценами будут в будущем – прогнозировать трудно. Возможно, что цены будут не ниже минимальных мировых оптовых цен, что для мидий составляет 1\$ за кг живых моллюсков.

8.2. Как организовать морское хозяйство

В первом издании этой книги приведена последовательность действий будущего фермера, решившего организовать собственное морское хозяйство. Напомним, что правила организации марихозяйств, а также предприятий на пресных водоёмах Украины, изложены в документе – «Инструкция о порядке осуществления искусственного разведения, выращивания рыбы, других водных живых ресурсов (ВЖР) и их использования в специальных товарных рыбоводных хозяйствах», зарегистрированном в Министерстве юстиции Украины 28 января 2008 г, за № 64/14755.

В РФ аналогичной инструкции не существует, а заявитель предварительно должен ознакомиться с пакетом юридических документов, регламентирующих деятельность аквахозяйств.

Основными документами являются:

- Федеральный закон от 20.12.2004 г № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»;
- Федеральный закон от 02.07.2013 г № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;
- Федеральный закон от 03.06.2006 г № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации».

Основные юридические процедуры, на которых базируется организация рыбоводного предприятия:

1. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 11.11.2014 г № 1183 «Об утверждении Правил определения границ водных объектов и (или) их частей, участков континентального шельфа Российской Федерации и участков исключительной экономической зоны Российской Федерации, признаваемых рыбоводными участками» органами исполнительной власти субъектов РФ, Росрыболовством, ТУ Росрыболовства создаются комиссии по определению границ рыбоводных участков.
2. Приказом Минсельхоза Российской Федерации № 94 от 11.03.2015 г «Об утверждении порядка деятельности комиссии по определению границ рыбоводных участков» регламентирован порядок деятельности Комиссии.
3. Комиссия рассматривает предложения граждан на определение границ рыбоводных участков с учетом заключения научных организаций, а также ограничений, указанных в Постановлении 1183.
4. После принятия правового акта об определении границ либо органом исполнительной власти субъектов РФ, либо Росрыболовством, либо ТУ Росрыболовства, границы считаются определенными.
5. На основании Постановления Правительства Российской Федерации от 15 мая 2014 г № 450 Росрыболовство, или ТУ Росрыболовства проводят торги либо в форме конкурса, либо

в форме аукциона. Вся процедура по торгам описана в этом Постановлении.

6. Для торгов в форме аукциона можно ознакомиться с Правилами расчета и взимания платы за пользование рыбоводным участком (Приказ Минсельхоза № 30 от 02.02.2015 г).
7. Полезная информация содержится и в следующих нормативно-правовых актах:
 - Приказ Минсельхоза № 129 от 06.04.2015 г.
 - Приказ Минсельхоза № 471 от 25.11.2014 г.

В соответствии с формой федерального статистического наблюдения № 1-П (рыба) «Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов и производстве рыбной и иной продукции из них, производстве продукции товарной аквакультуры (товарного рыбоводства)», утвержденной Приказом Росстата от 16 января 2015 года № 5, предприятиям, занимающимся производством продукции аквакультуры (товарным рыбоводством), необходимо подавать в территориальные органы Федерального агентства по рыболовству сведения (далее – Росрыболовство) по форме 1-П (рыба) в установленные сроки.

Важный этап в организации аквахозяйства – приобретение водного участка, точнее права заключения договора пользования участком. Соответствующая процедура изложена в Постановлении Правительства Российской Федерации от 15 мая 2014 г № 450 г. Москва "Об утверждении Правил организации и проведения торгов (конкурсов, аукционов) на право заключения договора пользования рыбоводным участком".

Организатором торгов являются (ниже приводятся отдельные положения документа):

- а) Федеральное агентство по рыболовству – в случае проведения торгов в отношении рыбоводных участков, расположенных на водных объектах и (или) их частях, не прилегающих к территории муниципальных образований субъектов Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации;
- б) территориальные органы Федерального агентства по рыболовству – в случае проведения торгов в отношении рыбоводных участков,

расположенных на водных объектах и (или) их частях, прилегающих к территории муниципального образования соответствующего субъекта Российской Федерации

Конкурсная документация содержит:

- а) сведения, указанные в извещении о проведении конкурса;
- б) форму заявки об участии в конкурсе и инструкцию по ее заполнению;
- в) правила оформления конверта с заявкой об участии в конкурсе и прилагаемых к ней документов;
- г) перечень документов, прилагаемых к заявке об участии в конкурсе в целях подтверждения сведений, предусмотренных пунктами 37 и 38 настоящих правил;
- д) порядок и срок отзыва заявок об участии в конкурсе и внесения в них изменений;
- е) формы, порядок, дата начала и окончания срока представления заявителям разъяснений положений конкурсной документации;
- ж) критерии оценки и сопоставления заявок об участии в конкурсе, установленные пунктом 63 настоящих Правил, при этом для отдельного лота указывается удельный вес каждого из критериев оценки. Сумма всех критериев оценки одного лота составляет 100%;
- з) порядок оценки и сопоставления заявок об участии в конкурсе;
- и) срок, в течение которого победитель конкурса (заявитель, подавший единственную заявку об участии в конкурсе) должен представить организатору конкурса подписанный договор и документы, подтверждающие перечисление на указанный в конкурсной документации счет платы за предоставление рыбоводного участка в размере, указанном в заявке об участии в конкурсе, а также реквизиты счета, предусмотренного подпунктом "л" пункта 24 настоящих Правил. Указанный срок должен составлять не более 10 рабочих дней со дня подписания протокола оценки и сопоставления заявок об участии в конкурсе в соответствии с пунктом 70 настоящих Правил либо протокола рассмотрения заявок об участии в конкурсе, в случае если конкурс признан несостоявшимся по причине подачи единственной заявки об участии в конкурсе либо признания участником конкурса только одного заявителя;

к) основания для отказа в допуске к участию в конкурсе, предусмотренные пунктом 21 настоящих Правил.

К конкурсной документации прилагается проект договора (в случае проведения конкурса по нескольким лотам – проект договора в отношении каждого лота), содержащий существенные условия, указанные в части 2 статьи 9 Федерального закона "Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Для участия в конкурсе заявители представляют в комиссию организатора конкурса в срок и по форме, которые указаны в конкурсной документации, заявку об участии в конкурсе.

В этой заявке указываются следующие сведения:

а) сведения о заявителе: полное и сокращенное наименование, основной государственный регистрационный номер, место нахождения, телефон, идентификационный номер налогоплательщика – для юридического лица; фамилия, имя, отчество, данные документа, удостоверяющего личность, сведения о месте жительства, телефон, идентификационный номер налогоплательщика, страховой номер индивидуального лицевого счёта в системе обязательного пенсионного страхования Российской Федерации – для индивидуального предпринимателя;

б) предложение заявителя о размере платы за предоставление рыбоводного участка, перечисляемой в соответствующий бюджет в случае признания его победителем конкурса;

в) сведения о количестве рыбопромысловых участков и (или) рыбоводных участков, которые расположены на территориях субъектов Российской Федерации и на которых заявитель последние 4 года, предшествующие году проведения конкурса, либо за фактический период, предшествующий проведению конкурса, в случае если этот период менее 4 лет, осуществлял разведение и (или) содержание, выращивание объектов аквакультуры, а также о суммарной площади таких участков;

г) сведения о показателях объёмов (в тоннах) разведения и (или) содержания, выращивания объектов аквакультуры заявителем на водных объектах за последние 4 года, предшествующие году проведения конкурса, либо за фактический период, предшествующий проведению конкурса, в случае если этот период менее 4 лет.

К заявке об участии в конкурсе прилагаются следующие документы:

а) заверенные в установленном законодательством Российской Федерации порядке копии учредительных документов – для юридического лица;

б) документ, подтверждающий полномочия лица на осуществление действий от имени заявителя (при необходимости);

в) документы, подтверждающие показатели объемов (в тоннах) разведения и (или) содержания, выращивания заявителем объектов аквакультуры на водных объектах за последние 4 года, предшествующие году проведения конкурса, либо за фактический период, предшествующий проведению конкурса, в случае если этот период менее 4 лет. Формы указанных документов утверждаются Министерством сельского хозяйства Российской Федерации в установленном порядке;

г) план развития рыбоводного хозяйства на заявленный период действия договора с прилагаемыми к нему расчетами планируемых к разведению и (или) содержанию, выращиванию, а также изъятию объемов (в тоннах) объектов аквакультуры (на весь период действия договора с разбивкой по годам) и мероприятия, которые относятся к рыбохозяйственной мелиорации (на весь период действия договора с разбивкой по годам);

д) документы, подтверждающие внесение заявителем задатка.

Победителем конкурса признается участник конкурса, который предложил лучшие условия заключения договора и заявке об участии в конкурсе которого (т.е. заявителя) присвоен первый номер.

Глава 9

К ВНЕДРЕНИЮ ФРАНЦУЗСКОГО ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ КРУПНОМАСШТАБНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛЛЮСКОВ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ КРЫМА.

Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН (бывший Институт биологии южных морей НАНУ) имеет давнюю историю сотрудничества с французскими специалистами в морских биологических исследованиях. В 80-е, а особенно в 90-е годы XX века, эти исследования в большой степени ограничивались областью марикультуры. Кроме французской технологии и технических средств выращивания, представляет интерес и анализ экономических, организационных и юридических аспектов марикультуры. Последние чрезвычайно важны для нас в настоящее время – в период предполагаемой организации сети фермерских хозяйств на Чёрном море. А опыт Франции в организации конхиокультуры (выращивания моллюсков) в открытом море целесообразно использовать для развития черноморской марикультуры.

К концу 70-х годов Франция производила 50-60 тыс. т мидий, а потребляла в 2 раза больше. Возникла задача импортозамещения местной мидией. Однако свободные акватории в береговой полосе, пригодные для организации традиционного мидиеводства, отсутствовали. Решить эту проблему помог случай: искусственные рифы, установленные в те годы в Лионском заливе Средиземного моря (рис. 136 цветной вкладыш, стр. 508) в р-не Лангедок-Руссильон (Languedoc - Roussillon), через год экспозиции в море на 2/3 покрылись местной устрицей *Ostrea edulis*.

Следует напомнить, что изначально во Франции устрицеводство производило только европейскую (плоскую) устрицу *O. edulis*, с которой успешно работали до середины XIX века, когда запасы этой устрицы были существенно снижены в процессе массовой смертности устрицы, вызванной неизвестной болезнью. Заболевания этой устрицы отмечались и ранее, но они не носили массового характера. Больные устрицы теряли способность плотно закрывать створки, вследствие чего внутрь проникали ракообразные и выедали мясо. Их смертность достигала 90% и представлялось неизбежным

сокращение развития устрицеводства на французском побережье. Но этого не произошло, т.к. в прибрежной зоне появился другой вид устрицы – португальская устрица (*Crassostrea angulata*), на основе которой затем было создано новое устрицеводство [9].

C. angulata изначально была распространена на побережье Юго-Восточной Азии, а затем, прикрепившись на корпуса судов, была завезена на побережье Португалии. Начиная с 1860 г, португальскую устрицу стали поставлять во Францию для реализации. В мае 1868 г судно "Morlaisien", с грузом устриц на борту, вынуждено было в течение нескольких дней укрываться от шторма в устье реки Жиронды. После прекращения шторма констатировали гибель устриц в трюмах, а капитану был передан приказ о выгрузке устриц в море, вдали от берега [9]. Среди выброшенных моллюсков оказалось много живых, которые в дальнейшем сформировали банки вдоль западного побережья Франции.

Португальская устрица оказалась удобным объектом для создания нового направления в устрицеводстве, которое, тем не менее, продолжало выращивать в небольших количествах и плоскую устрицу *O. edulis*. Продукция устрицеводства достигла максимума в 1956 г и составила 44 000 т устриц (750 млн. экз.). Затем, после рекордного урожая, начался спад годовой продукции, замедление темпов роста устриц, увеличение отхода, а в 1967 г была установлена причина спада – заболевание жабр португальской устрицы («жаберная болезнь»). Болезнь проявлялась в ослаблении и исхудании устриц, неспособности защищаться от хищников. Годовая продукция снизилась до 30 000 т.

Среди ослабленных устриц распространилась новая, ранее не встречавшаяся эпизоотия, оказавшаяся более разрушительной и уничтожившая практически все запасы португальской устрицы. Для спасения гибнущего устрицеводства было решено завезти из Японии гигантскую устрицу *Crassostrea gigas*, называемую во Франции «японская устрица» или «японка». В 1967 г было завезено из Японии 800 кг спата, а в 1969 г – 2 т. «Японка» оказалась невосприимчивой к болезням плоской и португальской устриц. В 1972, 1973 и в 1975 гг. продолжали наращивать запасы гигантской устрицы.

В описываемый период плоская устрица считалась почти исчезнувшей. Поэтому обнаружение в 1970-1971 гг. массовых

поселений устрицы *O. edulis* на искусственных рифах, установленных в открытом море, явилось полной неожиданностью, как для устрицеводов, так и для научных работников, которые приступили к проведению исследований на искусственных рифах. А уже в 1972 г были предприняты первые попытки каптажа (сбора устричного спата) в открытом море, что считается во Франции началом нового направления марикультуры – конхиокультуры открытого моря [12]. Её развитие прошло через следующие этапы:

Первый этап (1970-1974 гг.)

Оценка возможностей создания и развития мидиеводства и устрицеводства в открытом море (получение спата и подращивание моллюсков).

Второй этап (1975-1976 гг.).

Кроме получения спата проведены более тщательные исследования роста устрицы и получены оценки ожидаемой продуктивности мидийных и устричных хозяйств. В 1976 году поступили первые 7 заявлений на участки в море (в пределах трёх мильной зоны).

Третий этап (1977-1981 гг.)

Третий этап можно охарактеризовать высокой активностью морских фермеров, желающих быстро получить продукцию для реализации, что можно было осуществить при выращивании средиземноморской мидии *M. galloprovincialis*. Были испытаны различные варианты технических средств выращивания мидий, которые оказались полностью уничтоженными осенним ураганом в 1979 г.

Четвёртый этап (1982-1983 гг.).

Отказ от прежних технических конструкций (металлические стеллажи и рамы) и испытание ярусных сооружений, называемых фильерами (поверхностные, подповерхностные и донные фильеры), которые продемонстрировали надёжную штормоустойчивость. На этом этапе было получено значительное количество спата *O. edulis*.

Пятый этап (1984-1987 гг.).

Сконструированы и испытаны удачные типы фильер, число которых быстро увеличивалось и через несколько лет превысило сотню. Построены первые суда для работы на фильерах. Разработан масштабный проект выращивания моллюсков в открытом море р-на

Лангедок-Руссильон, где уже получили продукцию – 1000 т товарных мидий.

Шестой этап (1988 г).

Разработан план развития конхиокультуры открытого моря по годам:

- 1988 г – размещение в море морских ферм и их обозначение специальными буями;
- 1990 г – строительство и ввод в действие береговых баз, отвечающих европейским требованиям, постройка самоходных барж для работы на фермах;
- 1992-1995 гг. – получение годовой продукции от 5 тыс. до 10 тыс. т мидий.

Практический интерес для нас представляет анализ реализации этих этапов. Итак, в самом начале были проведены предварительные оценочные эксперименты по сбору спата и подращиванию моллюсков в толще воды открытого моря и были получены выводы о перспективности данного района для развития конхиокультуры. Эту работу выполнил ISTPM (Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes) – Научно-технический институт морского рыболовства. А разработка всего проекта организации конхиокультуры, включая её развитие в регионе, выполнил CEPRALMAR (Centre d'Etudes et de Promotion des Activités Lagunaires et Maritimes) – Исследовательский центр развития деловой активности в лагунах и на море. Такой организационный подход к созданию и развитию марикультуры существенно отличается от существующей практики в России и в Украине.

У нас этот процесс протекает стихийно. Будущий морской фермер сам находит удобный для него участок в море для будущей фермы, согласовывает его с Гидрографией и заключает договор с морской научной организацией для проведения исследований на акватории и разработки требуемой документации. Фермер оказывается в трудной ситуации: получение в одиночку многочисленных согласований и разрешений от организаций, расположенных в разных городах; поиск и приобретение материалов и оборудования, поиск причала, специализированного судна, а затем – получение разрешительных документов на подъём урожая, его

реализацию, отчётности, проверки разными службами (рыбоохрана, СЭС, ветеринарная служба, экобезопасность и т.д.).

На практике оказалось, что перечисленные мероприятия чрезвычайно трудно выполнимы. Поэтому 90% всех известных автору попыток организовать собственное морское хозяйство оказались тщетными уже на начальных этапах организации.

Во Франции, практикующей централизованный подход к созданию и развитию марикультуры, большинство перечисленных проблем не стоят перед фермером. Действительно, бюджетная научная организация выполняет масштабный проект развития марикультуры всего региона. Проект включает выделение обширных акваторий (и их обследование, согласование с органами надзора). Общие акватории подразделяются на акватории отдельных предприятий. В проект входит и разработка, и строительство береговых баз, специализированного порта для мидийных и устричных судов, создание инфраструктуры (дороги, водопровод, канализация, электричество и т.д.). Поэтому фермер освобождён от многочисленных забот и согласований. Даже санитарно-бактериологический контроль не проводится на каждой ферме, а только на общем большом участке, поэтому фермер не контактирует непосредственно с инспекторами. Фермеру не нужно изобретать ни установки для выращивания, ни суда для их обслуживания, ни выполнять сложный специфический монтаж оборудования в открытом море или строить и оборудовать береговую базу, отвечающую санитарным и прочим нормам.

Следует напомнить, что во Франции, прежде чем заниматься выращиванием гидробионтов, необходимо получить соответствующее образование и пройти стажировку на действующем предприятии марикультуры. Нужно также иметь экономически обоснованный проект своего будущего хозяйства.

Источники финансирования проекта.

Инвестиции для реализации проекта на период 1988-1992 гг. составили 150 млн. франков [10] (соотношение FF/USD = 5,6). Половина этой суммы была потрачена на морские работы (строительство судов, изготовление фильер, разметка и обуйкование акваторий), а другая половина – на строительство и оборудование

портов и береговых баз. Разные разделы проекта финансировались из различных источников (табл. 65, 66, 67).

Таблица 65. Финансирование строительства 35 судов (самоходных мидийных барж) (млн. франков)

Общая сумма франков, млн. фр.	Участие региона Лангедок-Руссильон, млн. фр.	Участие Европейского Союза, млн. фр.	Частные фонды, млн. фр.
30 100%	3 10%	10,5 35%	16,5 55%

Таблица 66. Финансирование создания коллективных инфраструктур на берегу (млн. франков)

Общая сумма, млн. фр.	Участие региона Лангедок-Руссильон, млн. фр.	Участие Департамента (района) 34, млн. фр.	Участие государства, млн. фр.	Участие ЕС, млн. фр.
27,3 100%	5,6 20,5%	5,55 20,3%	2,5 9,2	13,65 50%

Таблица 67. Финансирование строительства береговых баз (точнее цехов по обработке, хранению и отправке моллюсков на реализацию).

Общая сумма, млн. фр.	Участие региона Лангедок-Руссильон, млн. фр.	Участие ЕС, млн. фр.	Частные фонды, млн. фр.
8,8 100%	1,8 20%	4 45%	3 35%

Таким образом, строительные и монтажные работы по созданию наземных и морских компонентов марикультуры выполнялись централизованно за счёт государственного и частного финансирования. Результатом этого явилось создание единого ансамбля современной марикультуры, использующей современные технологии, материалы и оборудование.

9.1. Структура конхиокультуры открытого моря

Морская ферма.

Выращивание мидий в открытом море проходит в сетных рукавах, подвешенных к хребтине подповерхностной фильеры. Конструкция такой фильеры была взята нами за основу при конструировании подповерхностного носителя [3]. Прототипом для французских фильер послужили японские «длинные линии», на которых японцы выращивают ламинарию, устриц и морских гребешков. Данная конструкция оказалась наиболее приемлемой среди всех испытанных ввиду её высокой штормоустойчивости, удобства обслуживания и приемлемой цены. Длина хребтины подповерхностной фильеры, установленной в открытом море, обычно равна 200 м и в редких случаях – 250 м. Глубина акватории фермы, как правило, равна 20 м. Хребтина от поверхности проходит на расстоянии 5 м, поэтому длина боковой оттяжки равна: $15 \times 3 = 45$ м, а её проекция на дно – $42,5 \text{ м} \approx 50 \text{ м}$. Таким образом, по дну фильера имеет длину приблизительно 300 м. Это расстояние принято в качестве базового при разметке водных участков, представляющих собой квадрат $300 \times 300 \text{ м}$ (9 га). Фильеры, в количестве 6 шт. на квадрат устанавливаются перпендикулярно к берегу. Расстояния между фильерами равны 50 м, а расстояние от границы квадрата до крайней фильеры равно 25 м (рис. 137). Фермер может арендовать от одного до нескольких квадратов (бесплатная аренда сроком на 25 лет и с возможностью её продления).

Предусмотрена установка 1146 фильер на 191 квадрате (см. рис. 137). Площадь акватории, предназначенной для установки фильер равна 1719 га, и она разделена, в зависимости от местоположения порта, на четыре неравные карты: 696 фильер, порт Сет-Марсейян;

180 фильер, порт Вандрэ; 138 фильер, порт Грюисан; 132 фильеры, порт Арескиер [3, 5].

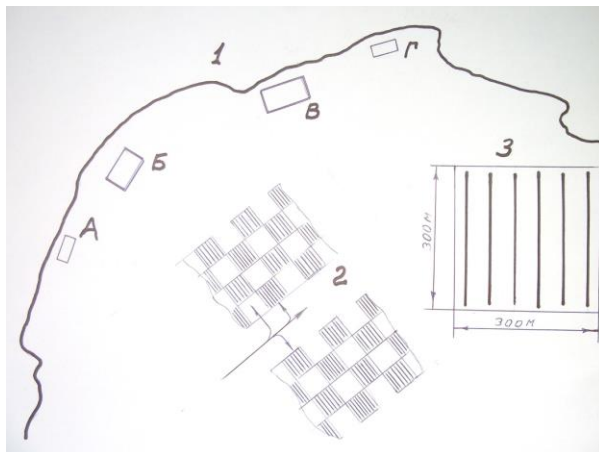


Рис. 137. Схема размещения фильер в Лионском заливе: 1 – береговая черта; 2 – фрагмент карты (массива занятого фильерами); 3 – расположение фильер в квадрате 300×300 м. Положение карт в заливе: А – Грюисан, Б – Вандрэ, В – Сет-Марсейян, Г – Арескиер. Стрелками указано направление движения судов к морским фермам.

Общая выделенная акватория, включающая водные пути к каждому предприятию, центральный фарватер и свободные участки, составляет 4230 га. Данная акватория расположена в пределах 3-х мильной зоны между изобатами 20 и 30 м. Выделение такой обширной акватории не было лёгким делом, – пришлось преодолеть сильное сопротивление со стороны рыбаков и владельцев судов для отдыха и спорта. Однако после серии переговоров требуемая акватория была выделена и размечена специальными буями, оснащёнными радио отражателями и огнями. По периметру акватории были установлены большие буи, а указательными буями были отмечены отдельные предприятия, а также подходы к ним. Буи обслуживаются специализированной службой (ASA). Вход на акваторию разрешён только фермерам и представителям контролирующих органов, например, IFREMER, выполняющих санитарно-бактериологический контроль акватории и

выращиваемых моллюсков. Фермеры оплачивают услуги и использование общего оборудования. В зависимости от объёма услуг и установленного оборудования оплата варьирует от 107 до 366\$ в год на 3 га. Учитывая, что на 3 га фермер получает годовую продукцию мидий 50 т, которую он реализует минимум за 50000\$, можно прийти к заключению о выгодности пользования готовыми услугами.

Квадраты 300×300 м расположены на акватории в шахматном порядке, позволяющем чередовать занятые фильерами квадраты и свободные квадраты (см. рис. 137). Последние нужны для предотвращения перегрузки всей акватории и влияния одного квадрата на другой, а также для маневрирования судов и прохода на своё предприятие.

Некоторые особенности процесса подращивания мидий.

Спат и нетоварную мидию для подращивания снимают с буёв, хребтины, оттяжек и отбирают в процессе пересортировки мидий, выращиваемых в рукавах. Эти операции необходимо проводить регулярно, т.к. осевшие мидии быстро растут, утяжеляя весь носитель и ухудшая условия роста мидий в рукавах. Снимают мелкую мидию (1-2 см) в летние месяцы, а при сортировке мидий из рукавов получают более крупных моллюсков (не достигших товарного размера). Мидий помещают в сетной рукав из хлопчатобумажной дели с ромбической ячейей. Рукава прикрепляют к несущей верёвке длиной 5-8 м. На верёвке закреплены через равные интервалы (0,2-0,3 м), вставки, предотвращающие сползание мидий. Начальная загрузка такой подвески равна 1,5 кг/м для мелкой мидии и 4 кг/м для относительно крупной. С мелкими мидиями работают летом, а с крупными – с марта по август. Иногда выделяют отдельные фильеры для сбора спата. В этом случае на 200 м хребтине подвязывают 600 коллекторов, длиной по 8 м каждый. Спат образует поселения на коллекторах плотностью 5-10 кг/м. Этого количества достаточно для загрузки спатом 5 фильер. Таким образом, на 1-2 квадратах целесообразно выделить одну фильеру для сбора спата.

Обычно мелких мидий пересаживают через 4-5 месяцев подращивания. Продолжительность цикла подращивания варьирует от 4 до 12 месяцев в зависимости от начальных размеров мидий, а

также от сезона работ, качества спата, плотности начальной посадки мидий.

1. Работа со спатом. Мелкий спат (1-2 см) помещают в рукав из расчёта 1,5 кг/м и доращивают его до товарного размера, который бывает двух категорий: мелкая (*marginiere*) – 4 см и крупная (*grosse*) – 5 см и выше. Для получения крупных мидий, спат подращивают в течение 10-12 месяцев, при этом плотность поселения моллюсков достигает 10 кг/м, следовательно, прирост на метр рукава составляет $10 - 2 = 8$ кг/м, что соответствует продукции фильеры: $8 \times 6 \times 400 = 19,2$ тонн за 10-12 месяцев. Если целью является получение мидии мариньер, в этом случае мидий подращивают в течение 6-8 месяцев при достижении плотности поселения 8 кг/м (прирост 6 кг/м за 6-8 мес.). Следовательно, годовой прирост составит 10-12 кг/м, а годовая продукция фильеры достигнет 24-28 т.

2. Работа с нетоварной мидией. При сортировке мидий из рукавов средний размер нетоварной мидии составляет 3-4 см. Этим мидий загружают в рукав из расчёта 4 кг/м и подращивают в течение 5-6 месяцев. При этом плотность поселения достигает 10 кг/м, а прирост $10 - 4 = 6$ кг/м за 5-6 месяцев, что соответствует годовой продукции фильеры 28,8 т.

Исследователи, изучающие производительность фильер считают, что стандартная фильера с хребтиной длиной 200 м, несущая 400 рукавов длиной по 6 метров имеет среднюю годовую производительность 25 т товарных мидий. Стоимость одной фильеры (на 1992 г) – 14290 \$, продолжительность амортизации – 5 лет.

Обработка товарных мидий.

Во Франции подавляющее большинство мидий, выращиваемых по традиционной технологии («метод бушо») осуществляется на атлантическом побережье в зоне литорали, где дважды в сутки мидии подвергаются осушке во время отлива. Вследствие этого у них выработался рефлекс: плотно закрывать створки, удерживая внутри воду во время пребывания на воздухе. Однако мидии, выращиваемые на фильерах, постоянно находятся в воде, (как и мидии, выращиваемые в Чёрном море). К тому же выпуск мидиями межстворчатой жидкости усиливается от стресса, вызванного механическими воздействиями при разрушении друз, их промывкой, сортировкой и упаковкой. Потеря жидкости мидиями сокращает

сроки их хранения на воздухе и затрудняет реализацию. Поэтому возникает необходимость «приучения» мидий к пребыванию на воздухе. С этой целью мидий, прошедших внешнюю очистку и сортировку, помещают на 24-48 ч в бассейны с морской водой, температура которой не превышает 25°C. Береговые базы оснащены такими бассейнами.

В лагунах (лиманах) предусмотрены сооружения для длительного хранения товарных мидий на период штормов, либо появления токсичного фитопланктона.

9.2. Береговая база конхиокультуры во Франции

Береговая база включает в себя цех обработки и хранения моллюсков перед отправкой их на реализацию.

В состав коллективных инфраструктур базы входят:

- молы, защищающие акваторию от волн;
- плавучие причалы, размещённые в защищённой акватории;
- набережные (причальные стенки);
- системы подачи морской воды в бассейны и в цеха.

Суперструктуры (здания, бассейны) построены в районе трёх городов:

- в Грюисане (Gruissan) – для отдельных предприятий построены 8 цехов обработки и хранения моллюсков, готовых к реализации; центр очистки моллюсков, либо их хранения в морской воде;
- в Вандрэ (Vendres) – 8 цехов обработки моллюсков для отдельных предприятий. Общий холодильник для хранения моллюсков готовых к реализации;
- в Фронтиньяне (Frontignan) – строительные работы начались позже, в 1993 г, и заключались они в подготовке площадок для 40 предприятий площадью по 300 м² каждая и 8 площадок площадью по 1000 м², на которых планировалось создать индивидуальные, либо коллективные предприятия. В этом районе планировалось создание крупного центра конхиокультуры.

9.3. Суда для работы на фильерах

Для работы на фермах в открытом море требуются суда, устойчивые к бортовым нагрузкам (при подъёме фильеры на поверхность), а также обладающие достаточно просторной рабочей площадкой и малой осадкой. Этим требованиям отвечают самоходные баржи длиной от 12 до 20 м. Небольшие баржи покупали фермеры, владеющие небольшими предприятиями, причём они, как правило, располагали ещё и фермами, установленными в лагуне. Стоимость баржи зависит от размера и находится в пределах: от 50 тыс. до 145 тыс. \$. Стоимость подвесных двигателей (мощность от 106 до 230 л.с.) – от 36 тыс. до 70 тыс. \$. Срок амортизации корпуса – 10 лет, двигателя – 5 лет. В 1983 г. работало всего 3 судна, а в 1992 году – уже 75 судов.

9.4. Реализация мидий, выращенных в открытом море

Первые урожаи мидийных ферм реализовывались тремя путями:

- продажа мидий в порту россыпью оптовикам по цене 0,8-1,2 \$/кг;
- продажа фасованных мидий в супермаркеты, магазины морепродуктов, а также оптовикам по цене 1,2-1,6 \$/кг;
- розничная продажа по цене 2,2-2,7 \$/кг.

Следует уточнить, что средние и крупные предприятия (100-500 тонн мидий/год) реализовывали 50% мидий россыпью и 50% – в упаковке. Малые предприятия (менее 50 т/г) сами реализовывали (в розницу) большую часть своей продукции.

Цена мидий открытого моря была ниже, чем мидий, выращенных по системе «бушо», но выше, чем мидий, импортированных из Испании. В период с 1988 по 1992 гг. продукция морских ферм выросла в 5 раз (с 2 тыс. т до 10 тыс. т), в то время как в других районах французского и европейского побережья отмечалось снижение продукции мидиеводства, особенно в Голландии. Это обстоятельство положительно отразилось на реализации мидий открытого моря. Выяснилось также, что высокое качество мидий открытого моря отмечалось в период с апреля по октябрь, в то время

как в летние месяцы мидии «бушо» были низкого качества (лучшее качество мидий «бушо» получают в осенне-зимний период).

Мидии открытого моря стали получать популярность среди местного населения и южных районов Франции, и фермеры получили право реализовывать свою продукцию под коллективной маркой «Мидии открытого моря» (рис. 138 цветн. вкладыш, стр.508).

Развитие конхиокультуры в открытых акваториях Средиземного моря привело к созданию аналогичных ферм на Атлантическом побережье Франции. В 2015 г мидиям, выращенным в р-не Charente Maritime (западное побережье Франции) присвоена Label Rouge (Красная Метка), отмечающая продукты высшего качества.

9.5. Пример возможного внедрения французского опыта в организацию и развитие мидиеводства и устрицеводства в Крыму

Прежде чем обсуждать возможные пути внедрения французского опыта в развитие черноморской аквакультуры, целесообразно рассмотреть некоторые юридические особенности марикультуры Франции, в частности организации морских хозяйств и подготовки специалистов. В данной книге, в разделе о санитарном контроле мест выращивания и реализации моллюсков, говорилось о классификации прибрежных вод Франции, которые государство может предоставить для морских фермеров. Эти воды уже классифицированы на основе коли-титра по степени пригодности на четыре зоны: А, В, С, D. Самая чистая – зона А. Моллюски, выращенные в этой зоне, идут непосредственно на реализацию, без очистки от микробного загрязнения. Самая загрязнённая – зона D – выращивание моллюсков запрещено. Таким образом, в прибрежных водах заранее выделены зоны, в которых разрешено заниматься аквакультурой. Аналогичная классификация прибрежных вод Крыма не проводилась, а это явилось одной из причин неудовлетворения заявок на акватории, поданных в 2015 г.

Таким образом, внедрение французского опыта следует начинать с выделения акваторий для использования в целях марикультуры, с их последующей классификацией по степени пригодности для морского выращивания.

Дальнейшее развитие морской аквакультуры во Франции предусмотрено Законом модернизации сельского хозяйства и рыболовства от 27 июля 2010 г. (Loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche du 27 juillet 2010). В соответствии с этим законом, администрация каждого прибрежного района должна разработать Региональную схему развития морской аквакультуры (SRDAM). В схему должны войти все существующие морские фермы и занимаемые ими акватории, а также акватории благоприятные для развития морской аквакультуры (конхиокультура, рыбоводство и прочие морские культуры). Цель этих мероприятий – создание условий для развития аквакультуры, заторможенных существующими экономическими трудностями. При этом должны учитываться интересы всех сторон, занятых деловой активностью на море. Эти схемы утверждаются региональными префектами; они будут приняты за основу при выделении акваторий для создаваемых морских ферм, а также при разработке Стратегического документа побережья (морского фасада) Document Stratégique de Façade (DSF) – инструмента для разработки Национальной морской интегрированной политики.

Предоставление акваторий французским морским фермерам.

Заявитель (гражданин Франции, либо страны из ЕС), решивший создать свою морскую ферму и что не менее важно, береговую базу с правом поставлять моллюсков для питания, должен иметь диплом специалиста по морскому выращиванию и свидетельство о практике на морском хозяйстве. Он должен пройти через следующие этапы:

1. Этап предварительной информации. Консультации в Ведомстве морских дел по сбору и подготовке административных документов. Консультации со специалистом IFREMER по техническим вопросам проекта своего будущего предприятия.

2. Взаимодействие с администрацией. Начинающий фермер приносит заявление на разрешение организации предприятия марикультуры и заявление на разрешение забора морской воды. Если фермер решил изменить имеющееся предприятие, то он приносит заявление на разрешение изменения существующего предприятия.

3. Технические разработки (консультации со специалистами из IFREMER):

- разработка технической документации;

- проверка и исправление технической части проекта предприятия; анализ его концепции, перспектив его развития, условий работы;

- выполнение анализов проб воды из моря и из бассейна для отсадки.

Подача заявления с просьбой на включение в Список предприятий, которым разрешена поставка моллюсков в качестве продукта питания. Заявление согласуется в Ведомстве морских дел и в IFREMER.

4. Составление пакета документов (досье), необходимых для включения в Список предприятий, которым разрешена поставка моллюсков в качестве продукта питания:

- акты гражданского состояния (для мэрии в двух экземплярах);

- тип собственности (заверяется нотариусом);

- список участков предприятия (выращивание, аффинаж и т.д.) для Ведомства морских дел;

- на территории муниципального порта: постановление о временном предоставлении причала (мэрия); постановление об эксплуатации портовых сооружений (Ведомство морских дел);

- схема предприятия (в IFREMER). План участков и сооружений (в IFREMER);

- копия на разрешение на строительные работы (в мэрию);

- результаты анализов воды (в IFREMER).

9.5.1. Подготовка специалистов во Франции

Отсутствие квалифицированных рабочих – специалистов по марикультуре, обученных морских фермеров – руководителей морских предприятий и, наконец, самих учебных центров и даже учебников, является существенным препятствием, тормозящим развитие марикультуры на Чёрном море. На наш взгляд, внедрение французского опыта в организацию и функционирование черноморской аквакультуры должно включать в себя и организацию подготовки квалифицированных кадров.

Большая часть марикультуры Франции представлена конхиокультурой, годовая продукция которой превышает 150 000 т.

Основная отрасль – устрицеводство с годовой продукцией, варьирует от 110 тыс. до 140 тыс. т (1-ое место в Европе); производство мидий – от 45 тыс. до 80 тыс. т/г; тапесов (палюрда) – 500-800 т/г. Морской гребешок не выращивается, а воспроизводится (т.е. полученная в питомниках жизнестойкая молодь выпускается в море).

В 60-е и 70-е годы проводились интенсивные исследования биологии креветок и были предприняты многочисленные попытки их выращивания. Основные усилия были сконцентрированы на пенеидных креветках: *Leander serratus* (местной) и интродуцированной из Японии – *Penaeus japonicus*. Первый вид отпал из-за невозможности организации рентабельного хозяйства (высокая себестоимость посадочного материала, получаемого в питомниках, а также каннибализм, особенно при плотных посадках). Второй вид выращивается в морских прудах в небольших количествах (в пределах 20 т). Основные креветочные хозяйства функционируют в тропической зоне на морских территориях Франции. Например, в 1988 г в Новой Каледонии выращено 221 т, а на Таити – 41 т.

Из морских рыб выращиваются, главным образом, дорогие рыбы: бар (лаврак) *Dicentrarchus labrax*, дорада *Sparus auratus*, а также другие спаровые; из камбал – тюрбо *Scophthalmus maximus*, близкий к нашему калкану; соль (морской язык) *Solea solea*, а также форель в морской воде. Общий объём выращиваемой форели в пресной и морской воде превышает 50 тыс. т.

В 90-ые годы стали функционировать водорослевые хозяйства, культивирующие в основном ламинарию.

Обучение.

Право на работу в рыбоводном предприятии имеют только лица, обладающие дипломами об образовании. Профессиональное обучение ориентировано на подготовку специалистов различных уровней квалификации [11]:

- уровень V. Подготовка квалифицированных рабочих для аквакультуры. Диплом профессионального сельскохозяйственного обучения (ВЕРА); Диплом морского аграрного специалиста (ВРАМ), [6];
- уровень IV. Подготовка руководителей ферм или предприятий семейного типа. Диплом аграрного техника (ВТА);

- уровень III. Подготовка техников высшей квалификации, которые могут руководить производственными и исследовательскими группами (BTSA) [8];
- уровень I. Подготовка инженеров агрономии. Диплом специалиста по углублённой агрономии, специализирующегося в аквакультуре (DAA).

Обучение подростков.

Профессиональное начальное образование получают в профессионально-технических в училищах, куда принимают школьников не старше 16 лет. Эти училища входят в Ассоциацию управления мореходными школами и школами аквакультуры [4]. Также при Министерстве образования и при Министерстве сельского хозяйства имеются профессиональные лицеи, например, морские лицеи. Срок обучения – 3 года. Кроме общеобразовательных дисциплин преподают: профессиональное законодательство, семейную и общественную экономику, технологию аквакультуры, бухгалтерский учёт, коммерцию, технические средства аквакультуры, рисование и его приложение к аквакультуре и т.д. Имеются также и 2-х годичные училища.

Обучение взрослых.

Программа обучения состоит из 800-840 ч, а обучение продолжается 5-6 мес. с конца сентября и до апреля. Поступающий должен быть не моложе 18 лет и иметь трудовой стаж по специальности не менее 1 года, а также иметь проект предприятия. Программа включает 3 раздела: 1) Экологические и биологические основы выращивания; 2) Технология и технические средства аквакультуры; 3) Социальное, экономическое и управленческое образование.

Дополнительное образование.

Программа рассчитана на 240 ч, предназначена для углубления знаний по бухгалтерскому учёту и управлению, а также по биологии и экологии. Обычно по этой программе обучаются лица, проходящие стажировку.

подавляющее большинство обучающихся (80%) проходит подготовку по V и IV уровням, поэтому ниже приводится подробная информация о соответствующих программах обучения.

Диплом ВЕРА (Brevet d'Etudes Professionnelles Agricoles). Диплом сельскохозяйственного профессионального обучения – это профессиональный диплом, позволяющий:

- после 2-х летнего обучения (включающего производственную практику продолжительностью 10-12 недель) разрешается работать по специальности;
- продолжить учёбу до уровня профессионального бакалавра по той же специальности, либо по смежной специальности, благодаря полученному общему образованию и приобретённым профессиональным навыкам.

Программа обучения организована в виде модулей: различные дисциплины согласовываются друг с другом для достижения генеральной цели обучения. Модули, включающие общеобразовательные дисциплины, являются одинаковыми для всех ВЕРА, то есть для всех квалифицированных сельскохозяйственных рабочих. Модули, относящиеся к отдельным специальностям, различны и соответствуют специальностям, перечисленным в списке профессий. Модуль региональной или местной адаптации (MAR) позволяет учебному учреждению предложить своё дополнение к существующей учебной программе. Также учебное учреждение может ввести в учебную программу один или несколько «модулей местной инициативы» (MIL), которые могут отвечать разным целям.

Описание каждого модуля включает четыре раздела:

- общая цель каждого модуля уточняет общие навыки и знания (sarcites), которые получает учащийся к концу обучения. Общая цель подразделяется на подцели, которые выстраивают структуру модуля;
- ожидаемые компетенции: перечисляются по каждой ожидаемой будущей деятельности учащегося. Ожидаемые компетенции являются основой содержания модуля, а также основой для оценки уровня подготовки специалиста;
- содержание составляется на основе целей образования и ожидаемых компетенций;
- педагогические рекомендации не заменяют преподавателя и не нарушают его автономии, а предлагают ему методологическое дополнение, помогающее ему точнее ориентировать читаемый курс.

9.5.2. Перечень профессиональных качеств квалифицированного рабочего – специалиста по выращиванию гидробионтов

Квалифицированный рабочий осуществляет свои функции в аквахозяйствах или в организациях непосредственно связанных с выращиванием организмов в пресной, либо морской воде. Он выполняет свои задачи под руководством своего непосредственного начальника, однако он полностью ответственен за своё рабочее место. Степень специализации его работ зависит от размеров предприятия и его типа.

Общие компетенции квалифицированного рабочего:

1. Рабочий организует свою работу и выполняет различные задачи, соблюдая требования гигиены, техники безопасности и качества окружающей среды:

- готовит и работает с оборудованием и материалами в соответствии с инструкциями их использования;
- планирует во времени и в пространстве различные задачи с учётом наиболее эффективного их выполнения;
- способен действовать в непредвиденных обстоятельствах;
- контролирует и оценивает результаты выполненной работы;
- активно участвует в процессах приведения в порядок оборудования и его отладке;
- способен интегрироваться в работу бригады.

2. Рабочий отчитывается за выполненную работу:

- отчёт включает описание: процесса выполнения работы, состояния оборудования, встреченных трудностей, полученных результатов;
- собирает данные на основе наблюдений и выполненных работ.

3. Рабочий участвует в работах по организации и эксплуатации морских хозяйств:

- осваивает несложные профессии по строительству: бетонные работы, кладка стен и т.д.;
- осваивает работы с металлом: сварка, резка, сверление и т.д.

4. Рабочий участвует в социальной и профессиональной жизни:

- обладает знаниями о социальной среде предприятия (связи предприятия со своими партнёрами, например: поставщики, клиенты);

- знает свою роль в общем функционировании предприятия;

- понимает значение трудового законодательства в организации профессиональной жизни (трудовой договор, контракт о найме на работу, внутренний распорядок);

- использует различные документы, относящиеся к социальной и профессиональной жизни: договор о страховании, способы и средства оплаты и т.д. и осуществляет различные действия, связанные с его работой, его социальной защитой, с семейной жизнью;

- постоянно получает информацию, касающуюся его деятельности (профессиональные газеты, выставки, сведения о совершенствовании технологии и оборудования, курсы повышения квалификации).

Компетенции, связанные с выращиванием в водной среде.

1. Рабочий наблюдает и оценивает состояние предприятия и его дальнейшее развитие:

- наблюдает и оценивает условия, в которых функционирует предприятие;

- наблюдает и оценивает санитарное состояние производства;

- оценивает состояние и перспективы развития предприятия.

2. Рабочий участвует в использовании и отработке технологий выращивания, оптимальных для предприятия:

- обеспечивает питание животных и/или продуктивность природной среды;

- изучает репродуктивный цикл (определяет фазы размножения); оценивает физиологическое состояние, либо степень зрелости гонад животного;

- осуществляет технические операции, связанные с начальной фазой выращивания;

- обеспечивает здоровое состояние и гигиену выращиваемых организмов (моет, либо дезинфицирует помещения и оборудование; проводит несложные операции по дезинфекции, удалению обрастателей и других сорных организмов; он способен

предпринимать срочные меры в случае заболеваний; реализует профилактические мероприятия);

- убирает урожай и выдерживает его до реализации (обеспечивает требуемую кондицию продукции, организует уборку урожая с учётом гигиенических требований; обеспечивает очистку и дезинфекцию использованного оборудования; перерабатывает, либо эвакуирует отходы; участвует в обработке и переработке морепродуктов).

Состав учебной программы.

Модули общего образования включают 820 часов.

1. Построение фраз и текстов; коммуникация и практическое использование французского языка – 160 ч.

2. Практическое использование иностранного языка – 120 ч.

3. Физическое и спортивное воспитание – 165 ч.

4. Социальная, гражданская и культурная жизнь – 105 ч.

5. Ознакомление с современным миром – 100 ч.

6. Математика и обработка данных – 170 ч.

Модули профессионального сектора – 295 часов.

1. Функционирование предприятия аквакультуры – 120 ч.

2. Живые организмы – 100 ч.

3. Потоки энергии и круговорот веществ в водных системах – 75 ч.

Модули специализации – 655 часов.

1. Экологические основы аквакультуры – 80 ч.

2. Выращивание водных организмов – 485 ч.

3. Модуль региональной адаптации – 90 ч.

Модуль местной инициативы – 90 часов.

Производственная практика 10-12 недель, из которых 8 недель на учебном хозяйстве училища.

В данном разделе не приводится описание общеобразовательных модулей, но сравнительно подробно описываются модули специализации.

Модули специализации.

Во Франции не готовят узких специалистов, например, только по устрицеводству, либо морскому рыбоводству и т.д. Каждый выпускник способен работать в любой отрасли, причём, кроме работы с основным объектом выращивания, он может выращивать и

живые корма (одноклеточные водоросли, коловратки, копеподы и т.д.).

Название модуля: «Водная среда и получение продукции».

Цель №1: знать основные виды гидробионтов и основные факторы среды, в которой протекают процессы синтеза продукции.

Нужно знать основные виды гидробионтов – объектов аквакультуры. Достаточно глубоко представить цикл (круговорот) воды. Влияние климата на производственные процессы. Основы гидрологии: водосборные бассейны, течения, приливы. Физико-химические факторы: температура, растворённый кислород и другие газы, водородный показатель, минеральная фракция пресных вод, солёность, взвешенное и растворённое вещество, соединения азота и фосфора. Продуктивность вод и трофическая ёмкость акватории. Биотические факторы: планктон, организмы-индикаторы качества среды.

Экосистемы: структура и принципы функционирования экосистем. Субстраты, массовые и редкие виды; отношения между организмами, трофические сети. Типы экосистем: река, пруд, морская прибрежная зона.

Загрязнения: основные типы загрязнений и их предупреждение; последствия от загрязнений в водоёме и в местах выращивания. Дegradация водной среды; изменения производственных процессов.

Цель №2: уметь анализировать технико-экономические результаты процессов выращивания.

Нужно уметь выделять и интерпретировать технические и экономические показатели, характеризующие работу рыбного предприятия.

Технические показатели:

- показатели, характеризующие территориальную структуру предприятия (участки земли и воды: их площадь, объём, состояние, зонирование и т.д.);

- показатели, характеризующие здания, строения (площадь, объём);

- характеристики оборудования;

- характеристики выращиваемого стада (состояние, численность, вес, плотность посадки и т.д.);

Экономические показатели:

- определение производимого продукта;
- определение затрат (операционных и структурных);
- определение стоимости продукции. Динамика производственного процесса.

Название модуля: «Организация и управление выращиванием водных организмов».

Общая цель: научить понимать, а также реализовывать на практике выращивание водных организмов.

Виды организмов, которые приведены в модуле, являются обязательными для преподавания. Но каждое учебное заведение может добавить и другой(ие) вид(ы) по собственному усмотрению.

Цель №1: понимать и реализовывать выращивание лососевых. Радужная форель и обыкновенная или ручьевая форель:

1. Требования форели к среде (температура, кислород, аммонийный азот, нитриты, солёность, pH);

2. Вода и структура форелевого хозяйства (отбор воды, расход воды, циркуляция воды, тип бассейнов, обработка и выпуск воды).

3. Размножение (содержание производителей, нерест и оплодотворение, инкубация, выклев; требуемое оборудование и вода). Уточним, что здесь от специалиста требуется умение определять степень зрелости производителей, вызывать нерест, определять качество гамет, проводить оплодотворение и т.д.

4. Питание и рост мальков (используемые корма, способы кормления, определение кормового коэффициента и экономического коэффициента).

5. Санитарные аспекты (причины болезней, вирусы, бактерии, паразиты; методы профилактики).

6. Выращивание (потребность в кислороде, рост, отбор образцов, ведение журнала, калибровка).

7. Переработка и реализация (живая и переработанная продукция; этапы кондиционирования, обработки и переработки; транспортировка и хранение различных продуктов; способы реализации продукции; законодательство, санитарные требования).

8. Выращивание в море (выбор акватории и структура морского хозяйства, процесс выращивания, включая вакцинацию и использование препаратов).

Цель №2: понимать и уметь реализовывать прудовое выращивание рыб (на примере карпа и щуки).

1. Структура рыбоводного предприятия (экосистема пруда, продуктивность, типы циркуляции воды, обслуживание прудового хозяйства).

2. Управление продуктивностью (минеральные и органические удобрения, поликультура, используемые технологии).

3. Размножение (естественное и искусственное размножение, инкубаторы, системы замкнутого цикла, управление производителями, выращивание личинок).

4. Зарыбление (технология, расчёты).

5. Питание (естественными и искусственными кормами).

6. Подращивание (контроль физических и химических параметров; рост и смертность; эффективность выращивания).

7. Болезни (часто встречаемые заболевания; профилактика, лечение). Хищничество и сорные организмы.

8. Реализация (облов, сортировка, взвешивание, кондиционирование, транспортировка, складирование; коммерциализация).

Цель №3: уметь выращивать морских рыб (на примере лаврака, дорады, тюрбо).

1. Особенности морской среды (течения, приливы, волны, глубины, изменения температуры и солёности).

2. Структура рыбоводного хозяйства (выращивание на берегу в бассейнах и в море в садках).

3. Особенности выращиваемых видов (требования к среде, влияние основных факторов на рост и поведение; болезни и паразиты).

4. Размножение в контролируемых условиях (созревание производителей, нерест и оплодотворение, инкубация икры; выращивание личинок; выращивание живых кормов; работа с мальками; подращивание до товарного размера).

Цель №4: получить основные сведения по выращиванию моллюсков и креветок.

1. Выращивание двустворчатых моллюсков: сбор спата в море и получение его в питомниках; подращивание спата до товарного размера. Обработка, переработка и реализация моллюсков.

2. Выращивание креветок: получение молоди, выращивание, реализация.

В заключение следует отметить, что в образовании большое внимание уделяется не только цели подготовки квалифицированных специалистов, но и формированию граждан, хорошо ориентирующихся в своей «социально-экономической среде». Поэтому квалифицированный рабочий, кроме своих непосредственных обязанностей, знает партнёров предприятия, поставщиков, клиентов, административные структуры, профессиональные организации, в работе которых он должен принимать активное участие. Роль последних не сводится к отстаиванию экономических интересов рабочего, т.к. профсоюзы занимаются и вопросами обучения, повышения квалификации, организации консультативных пунктов по законодательству, профессии и т.д. Работники профсоюзов, наряду с государственными чиновниками, входят в комиссии, пересматривающие, либо уточняющие отдельные законодательные акты и многое другое, вплоть до учебных программ университетов. Государству выгодно иметь хорошо информированных и активных граждан, т.к. это необходимо для непрерывного повышения эффективности народного хозяйства и его выживания в конкурентной борьбе на мировом рынке.

В завершение краткого обзора системы подготовки специалистов во Франции следует отметить, что внедрение французского опыта в развитие аквакультуры на Чёрном море должно включать обязательный этап формирования квалифицированных специалистов, обладающих достаточно глубокими знаниями в различных областях современной аквакультуры.

9.5.3. Внедрение французского опыта

Выбор акватории в прибрежных водах Крыма.

Представляется целесообразным внедрить французский опыт на акватории Каламитского залива (Западный Крым), характеризующимся ровным (с небольшим уклоном) протяжённым шельфом и обширными акваториями с изобатами 20-30 м (см. рис. 65). В этом районе в конце 80-х годов проводились комплексные

исследования гидрологического и гидрохимического режимов, продуктивности вод, загрязнённости акватории тяжёлыми металлами и экспериментальное выращивание мидий на промышленной ферме. Исследования выполнялись сотрудниками МВК "Моллюск-индустрия" (впоследствии НТЦ «Шельф») и ИнБИОМ НАНУ в рамках программы «Государственная целевая научно-производственная программа: «Создать промышленную марикультуру в СССР как новую подотрасль Агропромышленного комплекса на 1991-2000 гг. и до 2010 года» «Марикультура». По результатам исследований сделаны выводы о перспективности развития марикультуры в данном районе [1, 2]. Эти выводы были подтверждены практически на экспериментальной ферме, где были получены надёжные данные по оседанию личинок мидий на коллекторы, высокие темпы роста мидий, а их качество (наполненность мясом, вкусовые свойства) было выше качества мидий, выращенных на других участках крымского побережья.

Гидрологический режим Каламитского залива определяют следующие факторы: основное прибрежное течение Чёрного моря; антициклональное течение, которое ответвляется от основного; ветровое перемешивание вод мелководного залива. В результате гидрологический режим залива характеризуют как динамичный и способствующий хорошей промываемости будущих морских ферм. Он отвечает требованиям мидиеводства и устрицеводства. Вследствие хорошей перемешиваемости водной массы, вода часто перенасыщена кислородом. Так, толщина слоя воды, насыщенного кислородом, превышает 30-35 м, поэтому нет оснований предполагать, что выращиваемые моллюски будут испытывать дефицит кислорода. Средние многолетние гидрохимические показатели вод района, пригодного для размещения ферм таковы: pH – 8,4; O₂ – 10,2 мг/л; O₂% – 115%; БПК – 0,44 мл/л; NO₂ – 0,5 мкг/л; NO₃ – 11,1 мкг/л; N_{мин.} – 12,3 мкг/л; N_{орг.} – 274 мкг/л; PO₄ – 8,7 мкг/л; P_{орг.} – 17,3 мкг/л. Изучены сезонные колебания этих характеристик, что позволило сотрудникам НТЦ «Шельф» сделать вывод о том, что эти колебания не станут фактором, ограничивающим физиологические характеристики (рост, размножение) выращиваемых моллюсков.

По данным НТЦ «Шельф» концентрация суммарного взвешенного вещества (ВВ), которое потенциально может быть использовано моллюсками в качестве корма (размеры 0,3-90 мкм) варьирует летом от 1,3 до 5,2 г/м³. Источником взвешенного органического вещества в Каламитском заливе являются фитопланктон (живой и отмерший), а также разлагающиеся многоклеточные водоросли и смывы с берегов. НТЦ «Шельф» пришёл к выводу о том, что кормовая база залива благоприятна для развития промышленной марикультуры залива [6].

Положительными факторами Каламитского залива, (кроме перечисленных показателей морской воды), характеризующих его в качестве акватории, рекомендуемой для создания крупномасштабной марикультуры, являются:

- отдалённость акваторий с глубинами 20-30 м от берега на 1,5-3 км, что исключает возможность конфликтов с развивающейся на побережье залива рекреацией; вода на этих акваториях не загрязняется береговыми стоками, а фермы будут труднодоступными для отдыхающих и расхитителей;
- береговая полоса сравнительно слабо заселена, что облегчает возможности выбора площадок для строительства береговых баз;
- наличие хорошей автотрассы до Симферополя, что важно для быстрой доставки морепродуктов в аэропорт Симферополя;
- залив защищён от северных, восточных, юго-восточных и северо-восточных ветров.

Длина залива, а, следовательно, длина акватории, пригодной для размещения морских ферм превышает 60 км, а ширина – 1-3 км, что практически не ограничивает возможности размещения крупных предприятий. Оптимальным, на наш взгляд, является коллективное предприятие (объединение частных хозяйств), производящее 20 тыс. т моллюсков в год, из которых на тихоокеанскую устрицу *S. gigas* приходится 300 т (5 млн. шт.). Морские фермы должны быть минимально удалены от порта.

Морские фермы.

Очень важным является выбор технических средств выращивания, т.к. конструкция фермы во многом определяет успех или неудачу всего предприятия. Французские 200-метровые подповерхностные фильеры уже хорошо себя зарекомендовали,

поэтому они должны стать основным средством выращивания в Каламитском заливе. Эти носители обладают высокой штормоустойчивостью и стабильностью, а именно – они не подвержены «эффекту кнута», возникающему при прохождении волны вдоль хребтины и приводящему к повторяющимся встряхиваниям моллюсков на коллекторах и их опаданию на дно. Но, к сожалению, с ними трудно работать, особенно при подъёме на поверхность хребтины, проходящей на глубине 5 м и закреплённой на дне 300-килограммовыми подвижными якорями. Поэтому должно быть дополнительно предусмотрено испытание относительно лёгких в обслуживании носителей: полупогруженного и поверхностного.

Всего должно быть установлено 810 подповерхностных 200-метровых фильер, для чего потребуется 135 квадратов водной поверхности площадью 300×300 м каждый. Суммарная площадь, занятая фильерами равна 1215 га. К количеству подповерхностных фильер (810 шт.) следует добавить экспериментальные 100-метровые носители: 10 поверхностных и 10 полупогруженных, описанных нами ранее [4].

Общая площадь акваторий, отводимых для морских предприятий, с учётом подводных путей и незанятых фильерами участков равна 3500 га.

Подповерхностная фильера.

Изготавливаются различные модификации этого сооружения:

- 1) с хребтиной из полипропилена;
- 2) из комбинированного каната;
- 3) пролёты (расстояния между вертикальными оттяжками) – 25 м или 50 м;
- 4) боковые оттяжки либо из каната, либо из цепи; с буйами, либо с грузами и т.д.;
- 5) якорная система состоит только из бетонных блоков, либо из блоков и анкеров (труб, используемых при бурении);
- 6) длина хребтины 200, либо 250, либо 300 м.

Ранее мы предложили нашу модификацию [3] французской фильеры и дали достаточно подробное описание её устройства, монтажа в море и эксплуатации. Поэтому в данной работе эти аспекты не рассматриваются, но приводятся достаточно подробные

спецификации двух подповерхностных фильер с указанием стоимости исходных материалов и фильер в сборе (табл. 68).

Таблица 68. Спецификация материалов для изготовления стандартной подповерхностной фильеры [7]

№	Наименование	Кол-во	Цена за единицу, \$	Общая стоимость, \$
1	Хребтина полипропиленовая, Ø 40 мм, длина 300 м; вес 216 кг	1	3,08 \$/кг	665,7
2	Буй 300 л, запенённый полиэстером	5	257	1285,7
3	Буй 150 л, запенённый полиэстером	2	140	280
4	Буй 60 л	50	45,5	2276,8
5	Оттяжка вертикальная, пропилен Ø 30 мм, вес 34 кг	5	3,08 \$/кг	104,8
6	Огоны на концах канатов	12	10,7	128,6
7	Цепь б/у, калибр 30 мм	56м	10,7	600
8	Скобы гальванизированные, 28 мм	30	9,4	281,3
9	Кольца, Ø прутка 30 мм	2	13,4	26,8
10	Коуш, на Ø 40 мм	2	5,9	11,8
11	Коуш, на Ø 30 мм	5	2,3	11,6
12	Труба для бурения, 3-3,5 м	7	50	350
13	Бетонный массив, 0,8 т	7	132,1	925
Итого:				6948 \$

Эти позиции необходимы для внедрения опыта французских коллег.

Такие фильеры выпускало в 1990 г. предприятие Ateliers Michel Freres. Боковые оттяжки выполнены из того же материала, что и хребтина. Каждая оттяжка натягивается бум 150 литров. Объём несущих бумов составляет 4500 литров, что позволит удержать в толще воды 15-16 т мидий и сам носитель.

Спецификация материалов на изготовление более производительной фильеры (25 т мидий в год) представлена в табл. 69.

Таблица 69. Спецификация материалов для изготовления подповерхностной фильеры с пролётами в 25 м (9 вертикальных оттяжек) [7]

№	Наименование	Кол-во	Цена за ед., \$	Общая стоимость, \$
1	Хребтина полипропиленовая Ø 40 мм, длина 300м; вес 216 кг	1	3,08 \$/кг	665,7
2	Наборный буй из пенопластовых плит, 1200 л	9	367,5	3307,5
3	Оттяжка вертикальная из полипропилена, 36-43 мм, 120 кг	9	3,08 \$/кг	369,8
4	Цепь б/у калибр, 30 мм	99 м	10,7	1060,7
5	Скоба гальванизированная, 37 мм	80	24,9	1992,9
6	Коуш на диам. 50 мм	40	11,1	442,9
7	Труба для бурения, 3-3,5 м	2	50	100
8	Бетонный массив, 2,2 т (1 м ³)	13	175	2275
9	Бетонный массив, 1,2 т (0,55 м ³)	5	148,2	741,1
10	Огоны на концах канатов	38	16,1	610,7
Итого:				11566 \$

Для создания морских ферм в Каламитском заливе целесообразно использовать фильеры производительностью 25 т/мидий в год. В якорную систему таких сооружений входят анкеры, постановка которых уже отрабатывалась НПО «МАРИЭКОПРОМ».

Как уже упоминалось выше, должно быть предусмотрено испытание ещё 20 носителей двух других типов. Общая стоимость материалов для сооружения всей фермы представлена в табл. 70.

Таблица 70. Стоимость фильер (мидийных носителей) для морских ферм в Каламитском заливе

№	Наименование	Кол-во	Цена за ед., \$	Общая стоимость, \$
1	Подповерхностная фильера	810	11566	9368460
2	Поверхностная фильера	10	6348	63480
3	Полупогруженная фильера	10	9050	90500
	Итого:	830		9 522 440 \$

Реальная стоимость фермы должна включать и затраты на монтаж фермы в море, ограждение специальными буями и вехами морских сооружений и т.д.

Береговые базы

Назначение береговых баз их структура и функционирование достаточно подробно описаны в главе «Береговая база». Береговая база включает в себя порт, защищённый от воздействия волн и цех для обработки моллюсков и хранения подготовленной для отправки продукции. Особенности береговых баз р-на Лангедок-Руссильон соответствуют типам местных предприятий. В 1992 г в данном районе функционировало 254 предприятия, которые подразделяли следующим образом:

- малые предприятия, арендующие одну «концессию», т.е. квадрат, размером 300×300 м, на котором установлены две фильеры, продуктивностью по 25 т/г. Ферму обслуживает небольшое плоскодонное судно, используемое обычно в лагунах;

- средние предприятия, располагающие 2-3 концессиями и самоходной баржей длиной 12 м. Средняя продукция предприятий 100 т/г.;

- крупные предприятия – все предприятия, арендующие более чем 3 концессии; общее количество филлер – 10-20 единиц; обслуживающее судно – самоходная баржа длиной 20 м. Продуктивность предприятий – 200-500 т/г.

Малые предприятия – это индивидуальные предприятия, либо предприятия семейного типа. Средние и крупные предприятия являются юридическими лицами, подобными принятым в сельском хозяйстве Франции. Статус этих предприятий стимулирует их объединение в ассоциации и кооперативы (CUMA), что экономически выгодно.

Например, большие высокомеханизированные суда не выгодно приобретать и эксплуатировать одному, сравнительно не крупному предприятию, но это выгодно объединению предприятий. Кроме этого, государство частично оплачивает дорогостоящее оборудование, если его приобретает CUMA. Объединение предприятий выгодно не только экономически, но оно ведёт и к структуризации (специализации) в данной отрасли, а, следовательно, к повышению её эффективности. В крупных кооперативах возникают организации, специализирующиеся в снабжении материалами и оборудованием, очисткой (отсадкой) моллюсков, их хранением и реализацией и т.д.

В течение начального периода, когда предприятия реализовывали продукцию самостоятельно, независимо друг от друга, выяснилось, что выгоднее сообща организовывать рынок моллюсков и реализовывать мидий под общим брендом «Мидии открытого моря».

По-видимому, внедрение французского опыта должно включать и организационно-экономические аспекты, определяющие статус объединения предприятий и роль отдельных предприятий в этом объединении. Трудно рассчитать ориентировочную сумму всех финансовых затрат, которые потребуется сделать при переносе французского опыта на Чёрное море. Но эта задача становится решаемой, если воспользоваться соответствующими французскими данными (табл. 71).

Стоимости расходов по статьям являются аналогичными соответствующим расходам, произведенным при организации конхиокультуры в открытом море в районе Лангедок-Руссильон. В общую сумму затрат 33,6 млн.\$ не вошли затраты на предварительные исследования, монтаж фермы в море и на проектные работы. Стоимость урожая мидий (без учёта выращенных устриц) составит 20 млн. \$.

Таблица 71. Ориентировочная оценка затрат на внедрение французского опыта крупномасштабного выращивания моллюсков в Каламитском заливе

№	Наименование статей	Стоимость, \$
1	Суда	5 350 000
2	Береговые инфраструктуры	4 875 000
3	Цеха	1 570 000
4	Фермы	9 522 440
5	Обуйкование ферм	2 000 000
6	Морской порт	10 300 000
	Итого:	33 617 440

Выводы.

1. Внедрение французского опыта организации крупномасштабного выращивания мидий и устриц в открытом море целесообразно осуществлять на акватории Каламитского залива (Западный Крым).

2. В данном районе должны быть проведены предварительные гидробиологические исследования с классификацией вод по степени их пригодности для конхиокультуры и разработан проект крупномасштабного выращивания с перспективой его дальнейшего развития.

3. Проект должен включать морские фермы, строительство судов для обслуживания ферм, береговые базы и порт для стоянки судов.

4. В качестве основного технического средства выращивания моллюсков должны быть использованы подповерхностные носители с длиной хребтины равной 200 м.

5. Суда, обслуживающие фермы – самоходные баржи, должны быть оснащены оборудованием для обработки моллюсков, а также грузоподъемным устройством для подъема хребтины над поверхностью.

6. Необходимо организовать учебный центр для обучения будущих морских фермеров. Разрешать организацию морских хозяйств только лицам, имеющим диплом морского фермера.

7. Охрана морских ферм, их обозначение вехами и буями, а также санитарно-бактериологический контроль моллюсков и воды должны осуществляться централизованно, (а не на каждом предприятии в отдельности).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа представляет собой второе переработанное и дополненное издание книги, в которой подробно изложены все этапы выращивания мидий и устриц. Поэтому эту книгу можно считать практическим руководством по мидиеводству и устрицеводству.

Основные условия для развития марикультуры: потребности в продуктах (мидиях), пригодные акватории, отработанная и надёжная технология – достаточно подробно освещены в этой книге. По расчётам специалистов потребности в живой товарной мидии только Крыма составляют 7 238 т мидий в год. Разработанные технологии производства фармакологических препаратов, кормовых добавок, продуктов питания остаются практически не задействованными из-за отсутствия сырьевой базы. Растущий спрос на морепродукты со стороны людей, приезжающих на побережье Чёрного моря для отдыха и лечения, удовлетворяется лишь частично и, в основном, за счёт импорта мороженого мяса мидий, из которого невозможно приготовить полноценное и эстетически оформленное блюдо.

Черноморское устрицеводство находится в худшем состоянии, чем мидиеводство. Если в начале 20-го столетия только Крым производил 11-13 млн. экз. черноморских устриц в год, которых в живом виде поставляли в Санкт-Петербург, Москву, Варшаву, Ригу и другие города, то в настоящее время в незначительных количествах выращивается только акклиматизированная тихоокеанская устрица, которая тут же и реализуется. Черноморская устрица, превосходящая по вкусовым качествам других устриц, находится на грани исчезновения. Однако спасти эту устрицу и выращивать в промышленных масштабах возможно, если не допускать превышения температуры воды в садках выше 19°C, что легко решается технически. Для развития устрицеводства целесообразно построить один-два мощных питомника, которые могли бы снабжать посадочным материалом все черноморские устричные фермы.

В Чёрном море сохранились огромные акватории, где площади, пригодные для марикультуры, измеряются не гектарами, а десятками квадратных километров. Например, у крымского побережья пригодными для конхиокультуры являются акватории Каламитского и Каркинитского заливов, а также озеро Донузлав. Качество воды в

перечисленных акваториях отвечает санитарным требованиям и характеризуется высокой продуктивностью. В Каламитском заливе фермы будут расположены на значительном удалении от берега (2-4 км и более), что существенно ослабит загрязняющее воздействие на фермы хозяйственно-бытовых и промышленных стоков и, с другой стороны, фермы не будут мешать развитию индустрии отдыха. Береговая полоса северо-западного Крыма не перенаселена как на южном берегу, следовательно, получение участков для создания береговых баз на западном и северном побережье – задача, вполне решаемая.

Технология выращивания, описанная в книге, разработана на основе анализа современной технологии и технических средств, используемых в конхиокультуре Западной Европы и Северной Америки, а также на основе собственного 30-летнего опыта экспериментального выращивания и испытания собственных технических разработок. Предлагаемые конструкции носителей являются штормоустойчивыми и предназначены для выращивания в открытом море. В защищённой от штормов акватории целесообразно эксплуатировать упрощённые поверхностные носители, отличающиеся дешевизной и простотой обслуживания.

Технология и разнообразие технических средств выращивания дают широкие возможности выбора характера и производительности планируемого морского хозяйства: можно начинать с создания малого хозяйства производительностью всего 10 т мидий в год и с ручной обработкой урожая. Для этого целесообразно использовать донные носители и небольшой, оборудованный портиком и ручной лебёдкой катер. Применяя носители других типов, можно построить ферму средней производительности (150-200 т/г). На основе подповерхностных носителей можно создать надёжные и крупные фермы, (например, 1000 т/г) с высоким уровнем механизации обслуживания фермы и обработки урожая. Перспективной представляется реализация комплексного проекта, включающего ферму, питомник, станцию очистки моллюсков и учебный центр.

Необходимо прилагать серьёзные усилия для формирования рынка живых моллюсков и продуктов их переработки. Формированию рынка будут способствовать создание сайтов производителей моллюсков; публикации в СМИ; выступления на

радио и телевидении, а также распространение в местах реализации и в Интернете красочных проспектов с рецептами приготовления блюд из **живых** моллюсков; организация дегустаций и т.д.

Следует особо отметить, что технология и технические средства выращивания, описываемые в данной книге, соответствуют таковым, применяемым в экономически развитых странах и резко контрастируют с низкоэффективной технологией, использовавшейся в СССР при выращивании мидий на непрерывных коллекторах. Современная технология позволяет производить непрерывно в течение всего года съём с одного носителя только мидий товарного размера и при этом не терять мелких мидий. В то время как старая технология рассчитана на подъём всего носителя один раз в два года, реализацию товарных мидий и выбрасывание в море нетоварных, составляющих обычно до 80% всего урожая.

Новым для черноморского мидиеводства является и взгляд на конечный продукт, предлагаемый морским хозяйством: в продажу поступает не варёно-мороженное мясо, а живые мидии, (как это принято в большинстве стран Западной Европы и Северной Америки). Однако, при этом фермер должен затрачивать усилия и средства на пропаганду блюд, которые готовятся из живых мидий, что входит в область интересов фермера, конкурирующего с импортным мороженым мясом мидий.

Как следует из содержания книги, профессия морского фермера требует знаний из различных областей человеческой деятельности. Минимум, достаточный для организации морского хозяйства и его успешного функционирования, по нашему мнению, содержится в данной книге. Хотя стать квалифицированным успешным мидиеводом или устрицеводом, можно только в процессе многолетнего практического выращивания, обработки и реализации вкусных и полезных для человека морепродуктов – мидий и устриц.

Авторы выражают благодарность французскому коллеге Пьеру Молло (Pierre Mollo) – энтузиасту аквакультуры, оказавшему весомое влияние на становление современной устойчивой марикультуры во Франции, а также на развитие исследований по марикультуре в Севастополе.

Список литературы к главе 9.

1. Ерохин В.Е., Холодов В.И., Гордиенко А.П. Перспективы культивирования мидий в Каламитском заливе. 1. Оценка трофической ёмкости акватории. //Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (30-31 жовтня, 2008, Одеса): 3-б. наук.ст./відп.ред. В.М. Небрат – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2008. с.108-112.
2. Холодов В.И., Ерохин В.Е., Гордиенко А.П. Перспективы культивирования мидий в Каламитском заливе. 4. Технические средства выращивания. //Збірник наукових статей до Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми Чорного моря» (30-31 жовтня, 2008, Одеса): 3-б. наук.ст./відп.ред. В.М.Небрат – Одеса: Інноваційно-інформаційний центр «ІНВАЦ», 2008. с.312-316.
3. Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море / под. ред. В.Н. Еремеева; Национальная академия наук Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Севастополь. – 2010. – 424 с.
4. Aqua reseau. – 1992, N3. – L'aquaculture. – 50 p.
5. BEPA. Brevet d'Etudes Professionnelles Agricoles. Paris: Edition de DGER, 1999. – 90 p.
6. Bompais X. Les filieres pour l'elevage des moules. Guide pratique / X. Bompais. – Plouzane: IFRENER, 1991. – 250 p.
7. Brevet de Technicien Superieur Agricole. Option: Productions aquacoles. Paris: Edition de DGER. – 1992. – 123 p.
8. Grelon M. Saintonge pays des huitres vertes /M. Grelon. - La Rochelle: Editions Rupella, 1978. – 361 p.
9. Lose C., Cazin F. La conchyliculture en mer ouverte en Languedoc-Roussillon. Situation en 1992 / C. Lose. – Montpellier: CEPRALMAR, 1993. – 188 p.
10. Referentiel du Brevet Professionnel Agricole et Maritime. Option: productions aquacoles. Beg Meil: Edition de CEMPAMA, 1999. – 55 p.
11. Vidal-Giraud B. Conchyliculture em mer ouverte en region Languedoc-Roussillon / B. Vidal-Giraud. – Montpellier: CEPRALMAR, 1988. – 132 p.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бардач Дж. Аквакультура: разведение и выращивание пресноводных и морских организмов / Дж. Бардач, Дж. Ритер, У. Макларни; перевод с англ. А. Д. Гершановича и К. М. Михлиной; под ред. Т. М. Аронович. – Москва: Пищевая промышленность, 1978. – 294 с.
2. Брайко В.Д. Сезонные изменения в дыхании мидий / В.Д. Брайко, С.С. Дерешкевич // Биология моря. – 1978. – № 44. – С. 31-36.
3. Гаевская А.В. Паразиты, комменсалы и болезни черноморской мидии / Гаевская А.В., Губанов В.В., Мачкевский В. К., Найдёнова Н.Н., Ткачук Л.П., Солонченко А.И., Холодковская Е. В.; под ред. Гаевской А.В.; Академия наук Украинской ССР, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Киев: Наукова думка, 1990. – 132 с.
4. Горбунова Н. П. Альгология : учеб. пособие для вузов по спец. «Ботаника» / Н. П. Горбунова – Москва : Высшая школа, 1991. – 256 с.
5. Дубинин Н.П. Генетика = Genetics: научное издание / Н.П. Дубинин. – Кишинев: Штиинца, 1985. – 534 с.
6. Заика В.Е. Митилиды Чёрного моря / Заика В.Е., Валовая Н. А., Повчун А.С., Ревков Н.К.; отв. ред. Заика В.Е.; Академия наук Украинской ССР, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Киев: Наукова думка, 1990. – 205 с.
7. Иванов В.Н. Биология культивируемых мидий / Иванов В. Н., Холодов В.И., Сеничева М.И., Пиркова А.В., Булатов К.В.; Академия наук Украинской ССР, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Киев: Наукова думка, 1989. – 100 с.
8. Марикультура мидий на Чёрном море / ред. В.Н. Иванов; Национальная академия наук Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ – Гидрофизика», 2007. – 314 с.
9. Наумова Н.В. Исследование рынка продуктов из мидий / Наумова Н.В., Козыряцкая А.Х. // Рыбное хозяйство Украины – 1999. – №1. – С. 25-28.

10. Милн П.Х. Морские хозяйства в прибрежных водах = Fish and shellfish farming in coastal waters / П.Х. Милн; пер. с англ. Т.Т. Костроминой ... [и др.] ; под ред. Л.В. Спекторовой, З.П. Орловой. - Москва: Пищевая промышленность, 1978. – 197 с.

11. Рябушко Л.И. Атлас токсичных микроводорослей Чёрного и Азовского морей / Л.И. Рябушко; Мин-во обороны Украины, Национальная академия наук Украины, НИЦ «Государственный океанариум». – Севастополь: «ЭКосо-Гидрофизика», 2003. – 142 с.

12. Супрунович А.В. Культивируемые беспозвоночные. Пищевые беспозвоночные: устрицы, гребешки, раки, креветки / А.В. Супрунович, Ю.Н. Макаров; отв. ред. В.И. Золотарев; Академия наук Украинской ССР, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Киев: Наукова думка, 1990. – 261 с.

13. Шульман Г.Е. Биоэнергетика гидробионтов / Г.Е. Шульмана, Г.А. Финенко, Б.Е. Аннинский и др./ под ред. Г.Е. Шульмана, Г.А. Финенко // Национальная академия наук Украины, Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. – Киев: Наук. Думка, 1990. – 248 с.

14. Heral M. Approches de la capacite trophique des ecosystems conchylicoles/ International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Symposium: "The Ecology and Management Aspects of Extensive Aquaculture," Nantes, France (20-23 June 1989). – Nantes, 1989. – 26 p.

Список дополнительной литературы.

1. Bussani M. Guida pratica di mitilicoltura / M. Bussani. – Bologna : Edagricole, 1983. – 231 p.
2. Vidal-Giraud B. Conchyliculture en mer ouverte en region Languedoc-Roussillon / B. Vidal-Giraud. – Montpellier: CEPRALMAR, 1988. – 132 p.
3. Bompais X. Les filieres pour l'elevage des moules. Guide pratique / X. Bompais. – Plouzane : IFREMER, 1991. – 250 p.
4. Loste C, Cazin F. La conchyliculture en mer ouverte en Languedoc-Roussillon. Situation en 1992 / C. Loste, F. Cazin. – Montpellier : CEPRALMAR, 1993. – 187 p.
5. Апрышко Г.Н. Противоопухолевые препараты из морских организмов / Г.Н. Апрышко, М.В. Нехорошев; под ред. В.Н. Иванова. – 2-изд. (испр. и доп.). – Севастополь: Аквавита, 2000. – 105 с.
6. Золотарёв В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков / В.Н. Золотарев. – Киев: Наукова думка, 1989 – 112 с.
7. Касьянов В.Л. Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков: монография / В.Л. Касьянов, Л.А. Медведева, С.Н. Яковлев, Ю.М. Яковлев; отв. ред. С.А. Милейковский; АН СССР, Дальневост. науч. центр. Ин-т биологии моря. – Москва: Наука, 1980. – 204 с.
8. Мотавкин П.А. Гистофизиология нервной системы и регуляция размножения у двустворчатых моллюсков / П.А. Мотавкин, А.А. Вараксин; АН СССР, Дальневост. науч. центр. Ин-т биологии моря. – Москва: Наука, 1983. – 206 с.
9. Раков В.А. Биологические основы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg) в заливе Петра Великого: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.18 / В.А. Раков; Академия наук СССР, Дальневосточный научный центр, ТИНРО – Владивосток, 1984. – 24 с.

Научное издание

Холодов В.И., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В.

**ВЫРАЩИВАНИЕ МИДИЙ И УСТРИЦ
В ЧЁРНОМ МОРЕ**

2-е издание, дополненное

Подписано в печать 10.07.2017 г.
Формат 60x84 1/16. Печать офсетная. Гарнитура Times.
Усл. Печ. Л. 29,53. Тираж 500 экз. Заказ № 100717-01

Отпечатано в типографии ООО «Издат-Принт»
394033, г. Воронеж, Ленинский проспект, 119А, офис 208
Тел.: 8-906-679 04 80
e-mail: 89066790480@mail.ru



Рис. 4. Цветовой полиморфизм раковин мидий: синие (Iа), коричневые с радиальными синими (IIб) или коричневыми (IIв) полосами, тёмно-коричневые (IIIг) и светло-коричневые (IIIд).

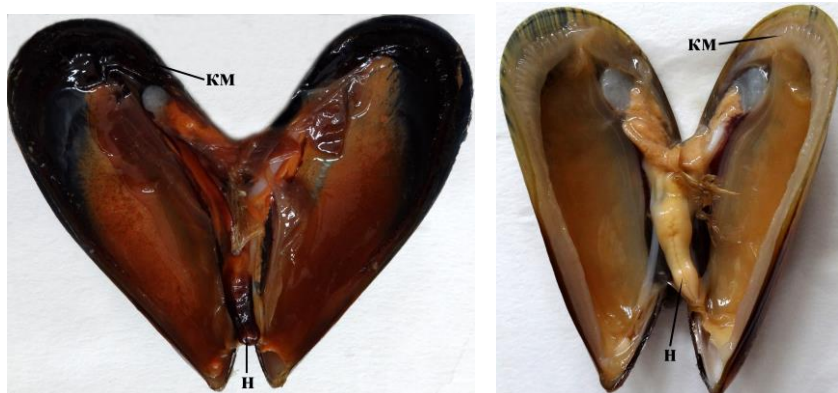


Рис. 7. Мидии с пигментированным и не пигментированным краем мантии (кМ) и ноги (н).

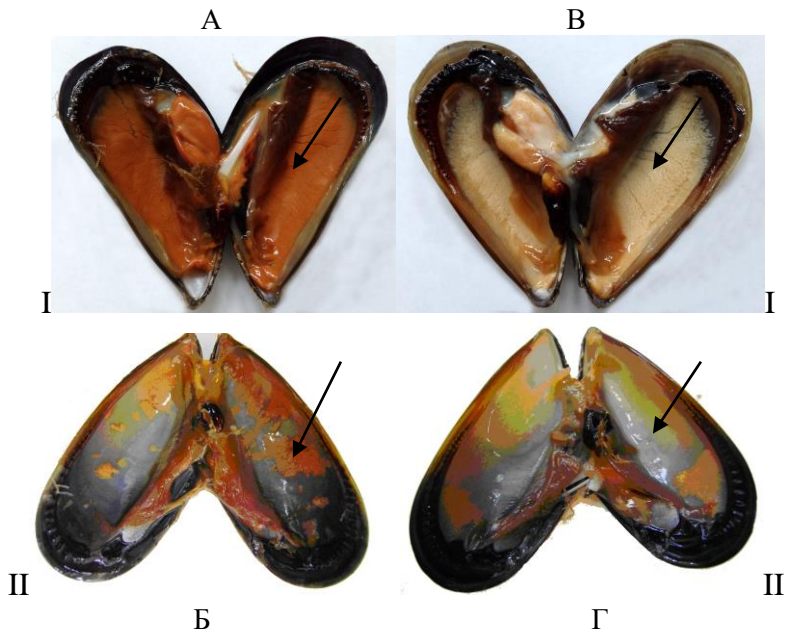


Рис. 15. Самки (А, Б) и самцы (В, Г) мидии на нерестовой стадии (I) и стадии посленерестовой перестройки (II): стрелками указаны гонады.



Рис. 17. Метафаза I в неоплодотворенной яйцеклетке мидии (x 1575; видны 14 бивалентов).

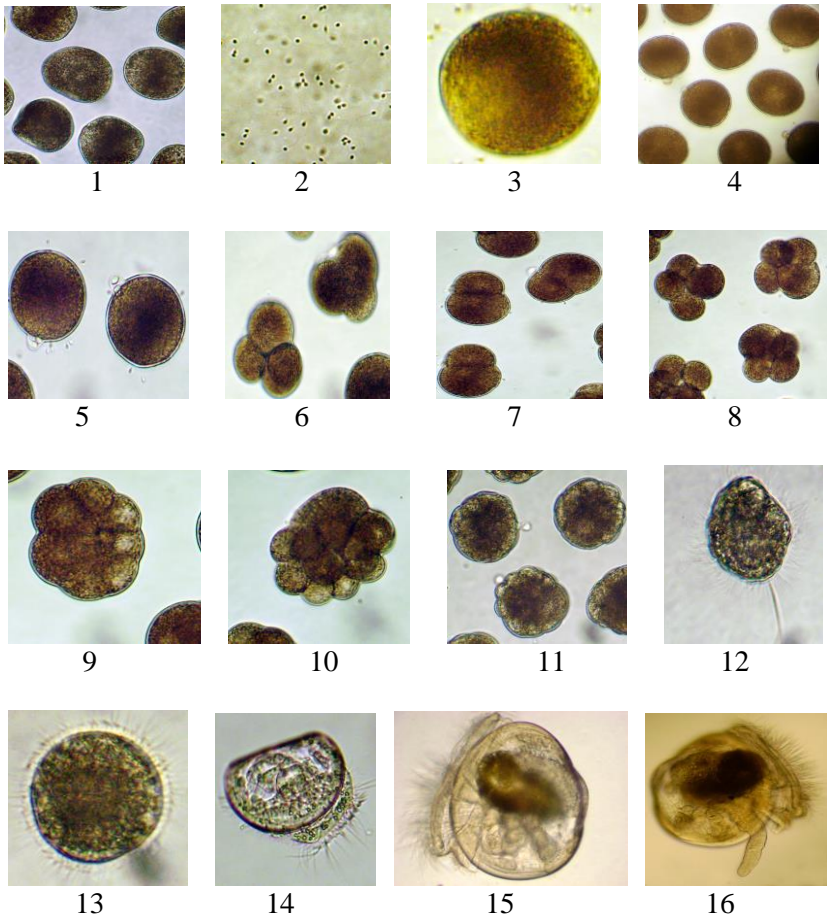
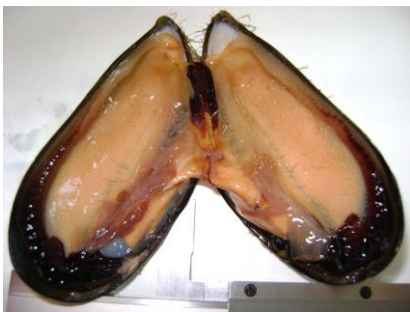
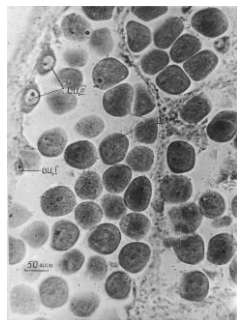


Рис. 18. Развитие мидии *Mytilus galloprovincialis*. 1 – яйцеклетки; 2 – сперматозоиды; 3 – оплодотворение; 4 – выделение первого направительного тельца; 5 – выделение второго направительного тельца; 6 – образование первой полярной лопасти; 7 – первое митотическое деление, 2 blastomera; 8 – второе митотическое деление, 4 blastomera; 9 – 8 blastomera; 10 – 12 blastomera; 11 – blastula; 12 – sterroblastula; 13 – trochophora; 14 – D-veliger; 15 – velikoncha; 16 – pediveliger.



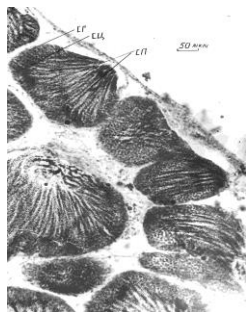
Самка



Гонада самки



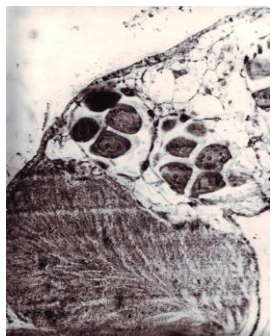
Самец



Гонада самца



Гермафродит



Гонада гермафродита

Рис. 26. Самка, самец и гермафродит *Mutilus galloprovincialis* и строение гонад разнополых мидий (фото гистологических препаратов).

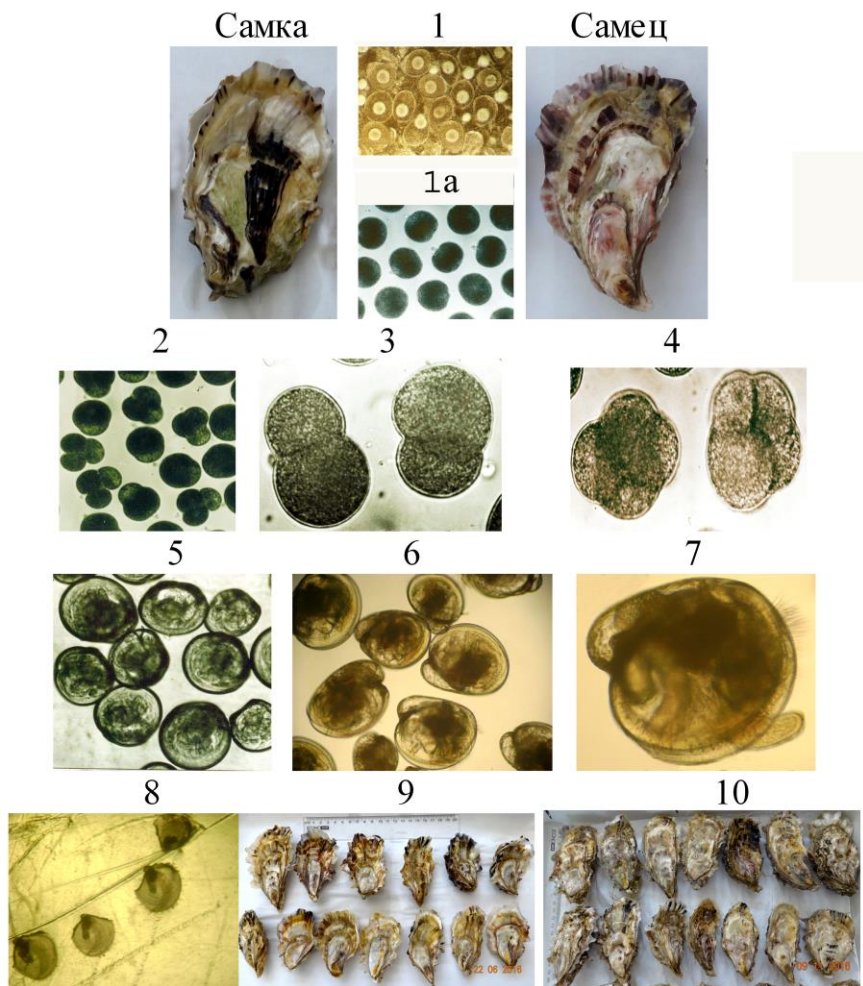


Рис. 38. Жизненный цикл гигантской устрицы *Crassostrea gigas*: 1 – гонада самки на преднерестовой стадии; 1а – оплодотворенные яйцеклетки и выделение первого и второго направительных телец; 2 – образование первой полярной лопасти; 3 – первое митотическое деление, 2 blastomera; 4 – 4 blastomera; 5 – велигеры и ранние великонхи; 6 – великонхи; 7 – педивелигер; 8 – спат устриц, осевший на пластмассовую чашку; 9 и 10 – устрицы возраста 1 и 1,5 года.

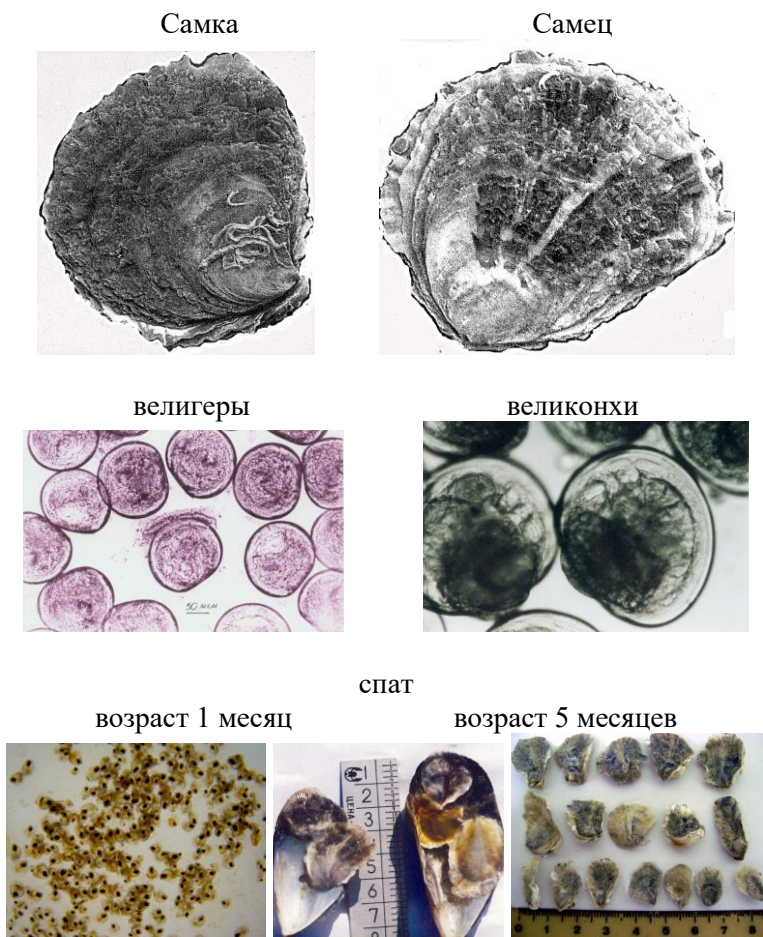


Рис. 40. Жизненный цикл черноморской устрицы *Ostrea edulis*.

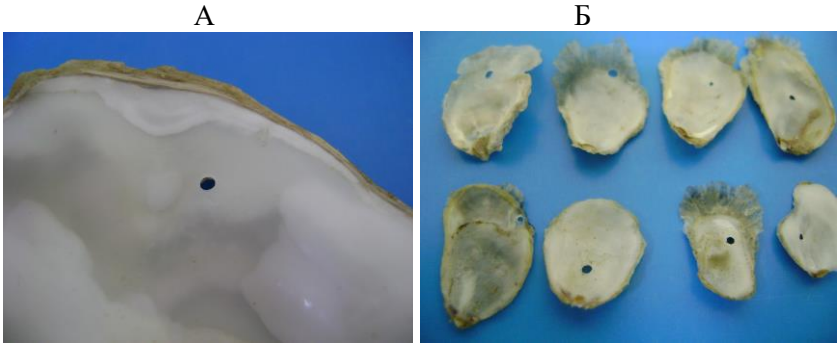


Рис. 45. Раковина гигантской устрицы *C. gigas* (А) и раковины спата черноморской устрицы *O. edulis* (Б) просверленные молодой рапаной *Rapana venosa*.

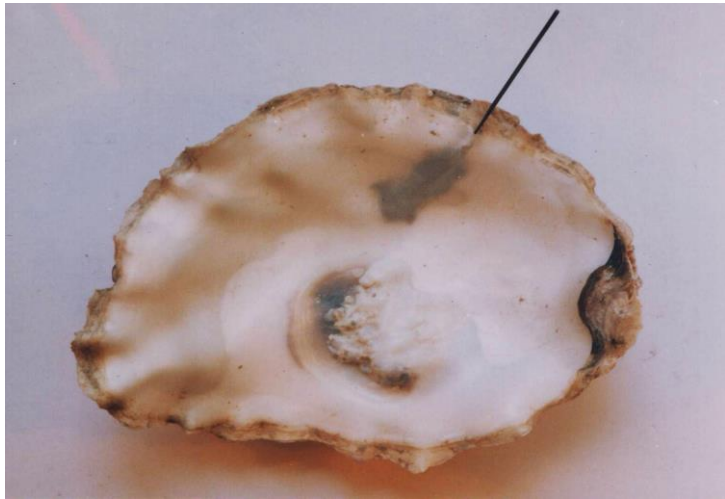


Рис. 46. Створка гигантской устрицы *C. gigas*, повреждённая полихетой из рода *Polydora*.

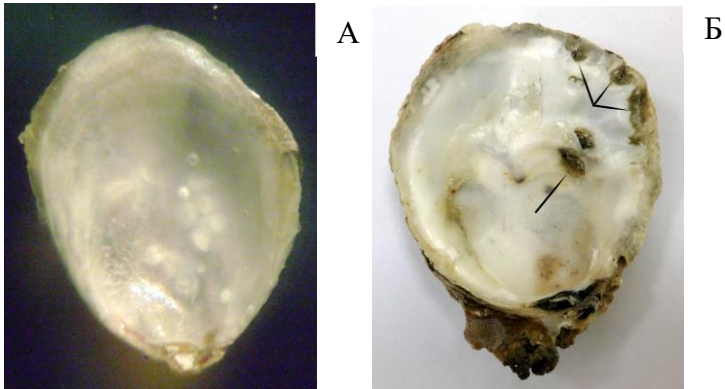


Рис. 48. Раковинная болезнь черноморской устрицы *Ostrea edulis*. А – раковина спата, пораженная грибом *Ostracoblabe implexa*: 1-я стадия болезни; Б – раковина половозрелой устрицы; поражены край раковины и место прикрепления мускула: 2-я стадия болезни.

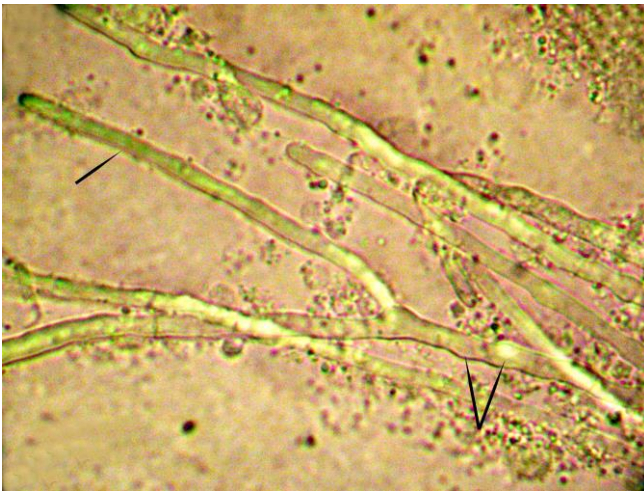


Рис. 49. Гифы гриба *Ostracoblabe implexa* (диаметр 1,5-3,0 мкм) в зоне прикрепления мускула замыкателя *Ostrea edulis*. Стрелками обозначены гифы и утолщения (ув. 1000).

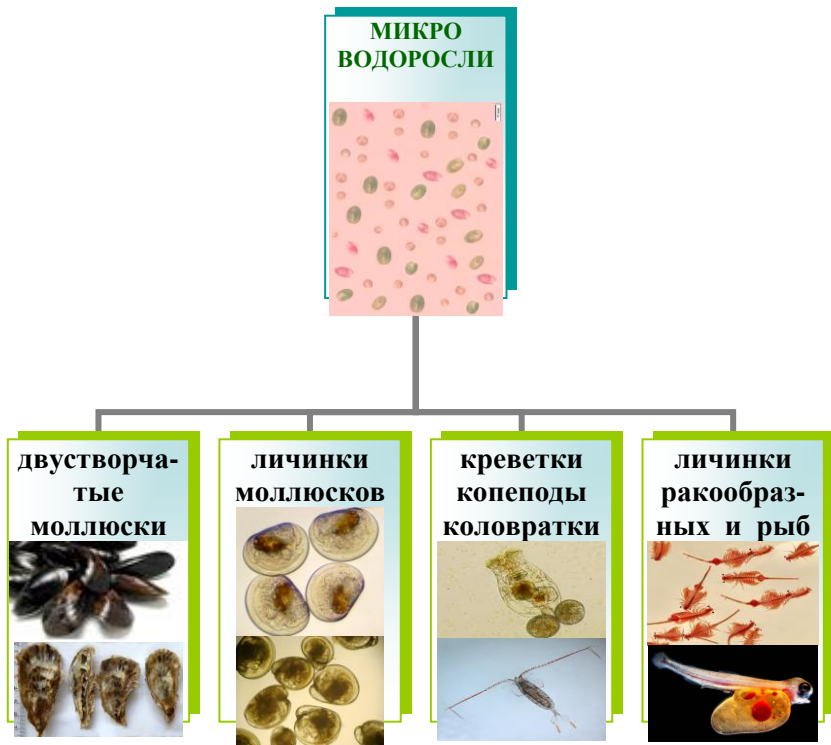
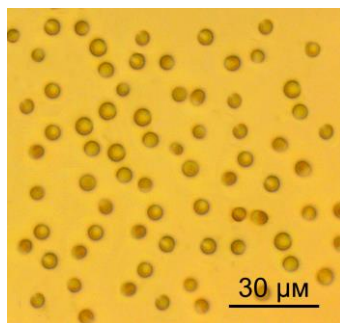
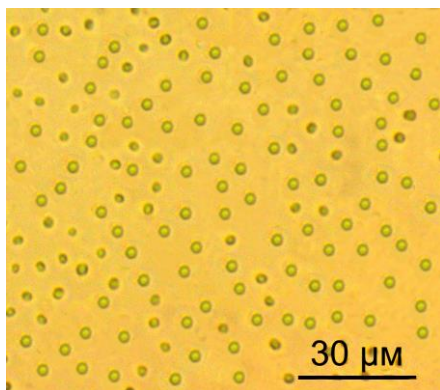


Рис. 54. Использование микроводорослей в аквакультуре

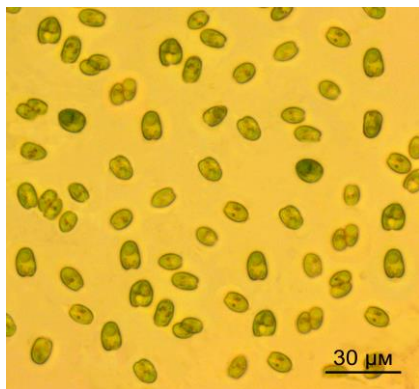
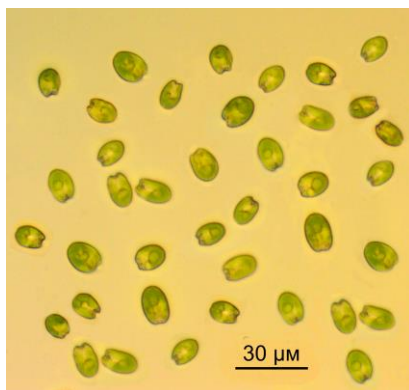


Isochrysis galbana – золотистая микроводоросль. Клетки сферические подвижные, с двумя равными жгутиками. Длина клеток $5,92 \pm 0,2$ мкм, ширина $4,45 \pm 0,18$ мкм, объём – $39,19$ мкм³.

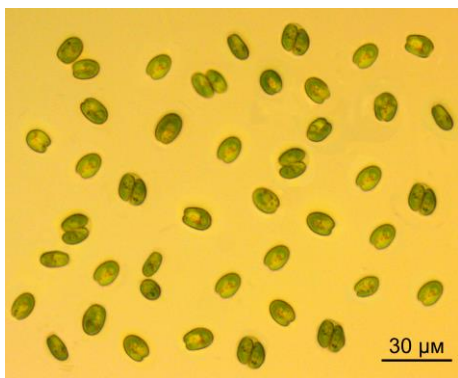


Monochrysis lutheri – золотистая микроводоросль. Клетки круглые, подвижные, с двумя жгутиками длиной 3-4 мкм. Длина клеток $3,04 \pm 0,12$ мкм, ширина $2,15 \pm 0,2$ мкм, объём – $13,85$ мкм³. Легко адаптируются к изменениям температуры и освещенности, клетки быстро делятся.

Tetraselmis suecica – зелёная микроводоросль. Клетки зелёные, овальные, длина $8,31 \pm 0,21$ мкм, высота $11,53 \pm 0,24$, объём клетки – $505,3$ мкм³. Клетки подвижные с 4 жгутиками длиной 7,5 мкм. Имеют мягкую оболочку. Обладают высокой скоростью деления, до 4 делений в сутки. Легко переносит изменения условий культивирования.



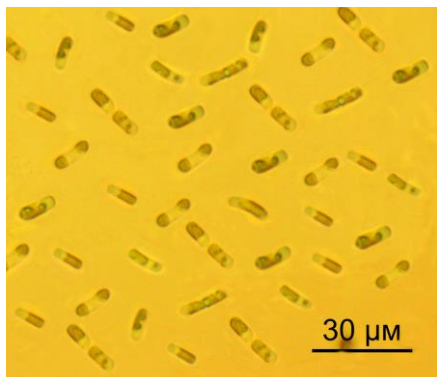
Tetraselmis viridis – зелёная микроводоросль. Клетки округлые, с выемкой со стороны жгутиков, зеленовато-жёлтовато-оливкового цвета, подвижные, имеют высокий темп размножения. Средние размеры клетки: длина $8,48 \pm 0,27$ мкм, ширина $7,61 \pm 0,28$ мкм, средний объём – $214,37 \pm 21,07$ мкм³.



Dunaliella viridis – зелёная микроводоросль. Клетки правильной эллипсоидной формы, лишены целлюлозной и пектиновой оболочки, окружены тонкой бесцветной цитоплазматической мембраной. Длина клеток $11 \pm 0,34$ мкм, ширина $8 \pm 0,32$ мкм, объём клетки – $313,5$ мкм³. Клетки водоросли подвижные, имеют высокий

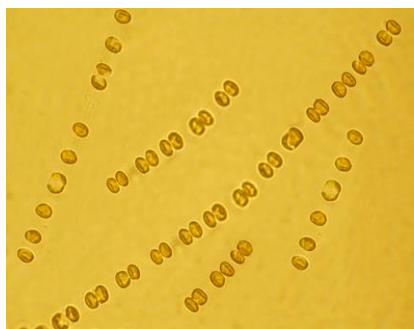
темп размножения.

Chaetoceros calcitrans – диатомовая водоросль, клетки цилиндрические, одиночные, панцирь тонкий, имеется один хлоропласт. Длина клетки $9,2 \pm 0,43$ мкм, ширина $4,2 \pm 0,15$ мкм, объём клетки – $52 \pm 12,04$ мкм³.



Phaeodactylum tricornerum – диатомовая водоросль. Клетки одиночные, двух типов: а) клетки слегка серповидно изогнутые, ширина $2,53 \pm 0,11$ мкм, длина $10,15 \pm 0,39$ мкм; б) клетки трехлучевые, ширина $1,8 \pm 0,11$ мкм, длина $7,0 \pm 0,34$ мкм. Объём клетки – 113 мкм³. Хлоропласт один, панцирь очень тонкий. Обладает очень высокой скоростью деления, до 9 делений

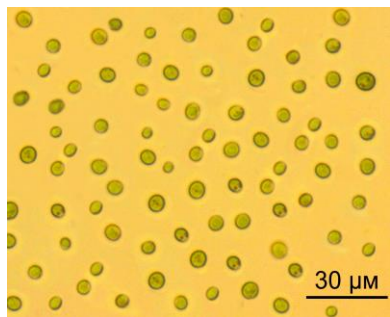
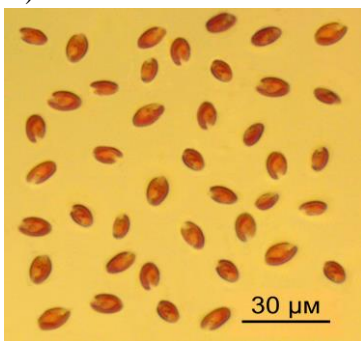
в сутки, благодаря, чему можно получать большие биомассы (x 600) .



Skeletonema costatum – диатомовая водоросль. Клетки от эллипсоидных до цилиндрических, высота 10 мкм, диаметр 6 мкм. По краю диска – кольцо тонких, прямых вертикально направленных щетинок, с помощью которых клетки соединяются в цепочки. Максимальное количество клеток в

цепочке – 37. Стенки панциря очень тонкие, с нежной не различимой в световом микроскопе структурой (x 200).

Rhodomonas salina – криптофитовая микроводоросль. Клетки овальной формы. Передний конец клетки скошен, от него отходит продольная борозда. Клетки подвижные, имеют один хлоропласт красно-коричневого цвета. На переднем конце клеток расположены два жгутика. Средние размеры клетки: длина $12 \pm 0,58$ мкм, ширина $7 \pm 0,35$ мкм, средний объём – $527 \pm 0,43$ мкм³.



Chlorella vulgaris – зелёная микроводоросль. Клетки одиночные, от 2 до 10 мкм, без жгутиков. Молодые клетки шаровидной или эллипсоидной формы размер 2-5 мкм; взрослые шаровидные диаметром 5-8 мкм. Средний объём клетки – $82,9 \pm 1,59$ мкм³.

Рис. 55. Кормовые виды микроводорослей: *Isochrysis galbana*, *Monochrysis lutheri*, *Tetraselmis suecica*, *Tetraselmis viridis*, *Dunaliella viridis*, *Chaetoceros calcitrans*, *Phaeodactylum tricornerutum*, *Skeletonema costatum*, *Rhodomonas salina*, *Chlorella vulgaris*.

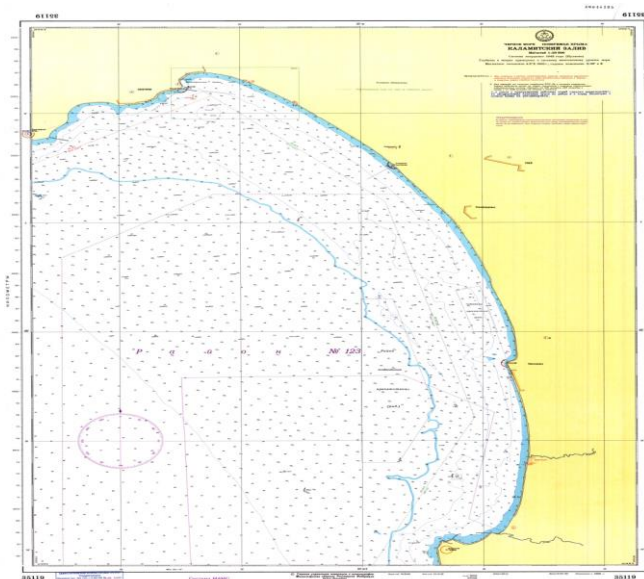
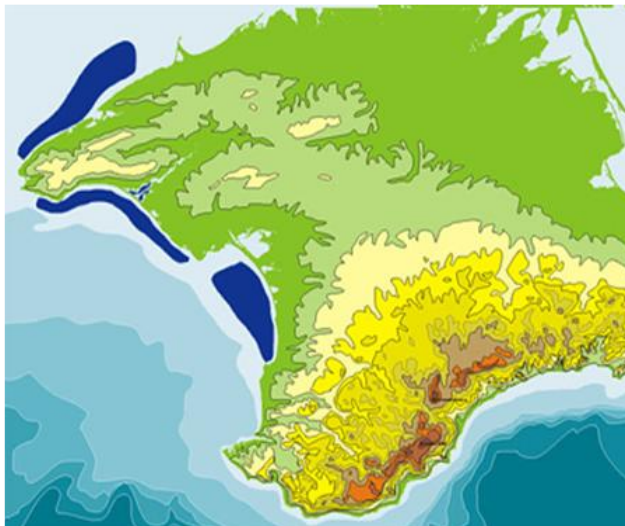


Рис. 65. Расположение прибрежных зон Крыма, перспективных для развития марикультуры. Каламитский залив. Голубая изобата соответствует глубинам 20 м.



Рис. 67. Мидийная ферма, состоящая из поверхностных носителей, Италия, Венецианский залив.



Рис. 68. Мидийно-устричные поверхностные носители у побережья Севастополя, (показан фрагмент носителя).



Рис. 71. Полупогруженные носители у поселка Качивели, Крым.



Рис. 77. Подготовка поверхностного носителя к вывешиванию рукавов.



Рис. 79. Судно плавбаза для работы с подповерхностными носителями и обработки мидий в открытом море (Франция).



Рис. 81. Катамаран конструкции ИМБИ у причала.

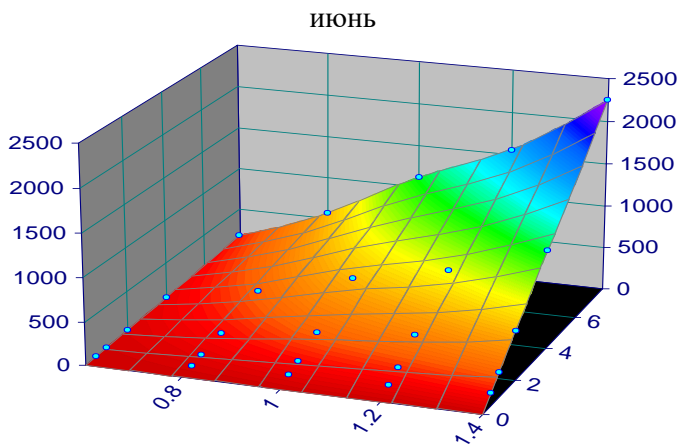
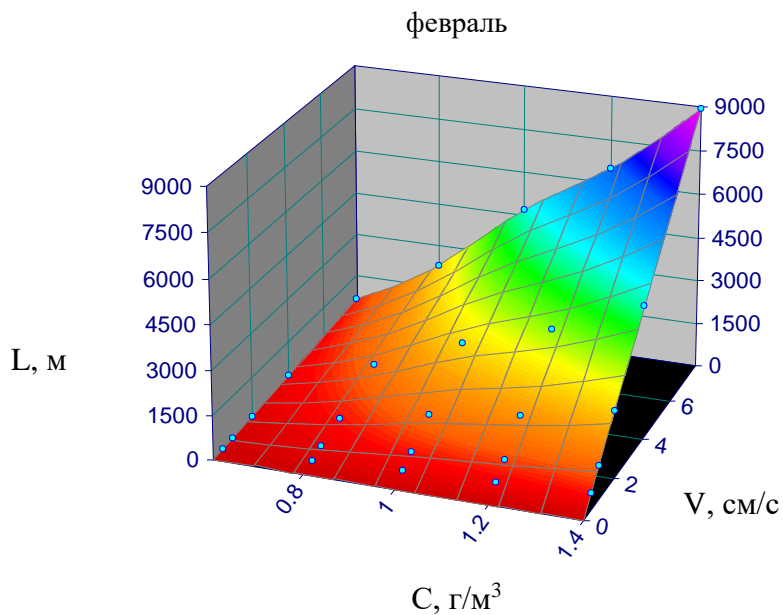


Рис. 85. Зависимость размеров (L) мидийной фермы от концентрации корма (C) и скорости течения (V).



Рис. 88. Баки ($V = 125$ л) для выращивания личинок устриц и ванны ($V = 450$ л) для оседания педивелигеров и подращивания спата в экспериментальном питомнике ИМБИ.

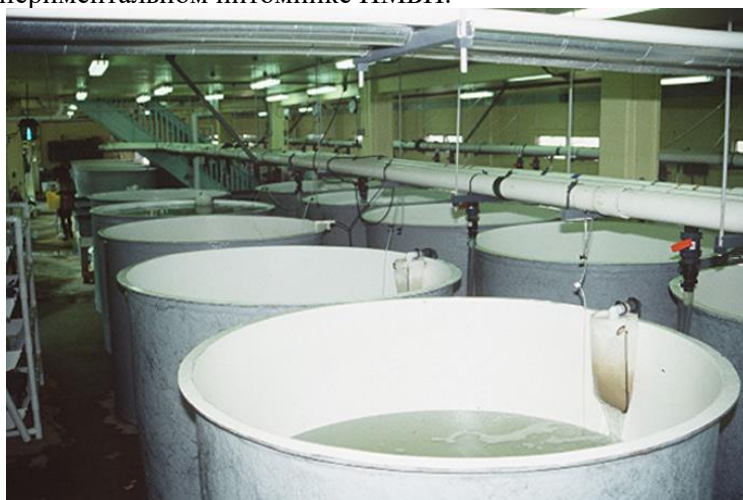


Рис. 89. Зал выращивания личинок в промышленном питомнике.

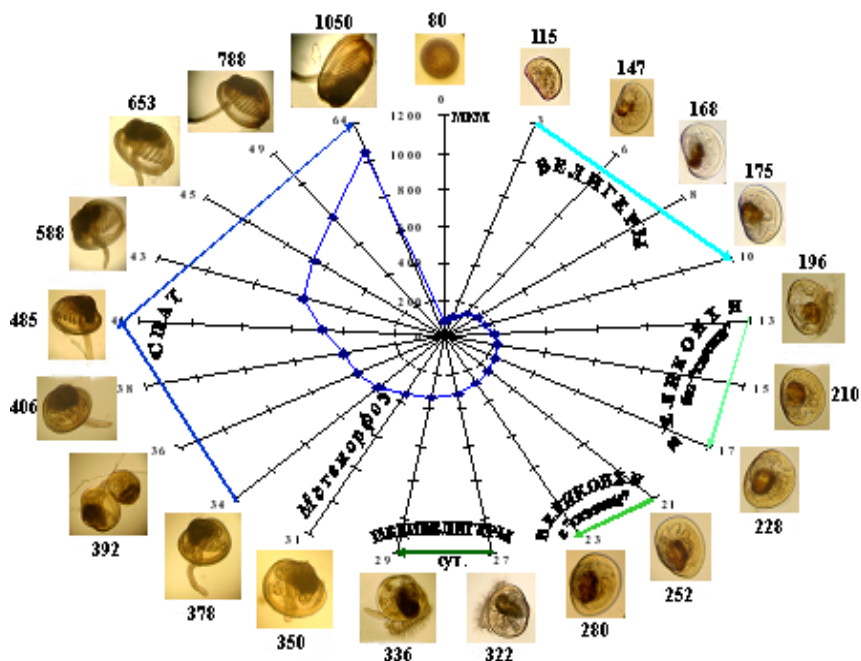


Рис. 93. Рост и развитие личинок и спата мидии *Mytilus galloprovincialis* в питомнике. Цифры внешнего края рисунка соответствуют длине особи, мкм; внутреннего – продолжительности в сутках от оплодотворения. Синяя спиральная линия – динамика роста, мкм.



Рис. 94. Устричные садки экспериментального морского хозяйства ИМБИ РАН.



Рис. 95. Размещение спата в устричном садке.



Рис. 96. Плотная посадка устриц в садке.



Рис. 102. Маточное стадо гигантской устрицы *Crassostrea gigas*: первый ряд – тихоокеанские; второй ряд – атлантические.

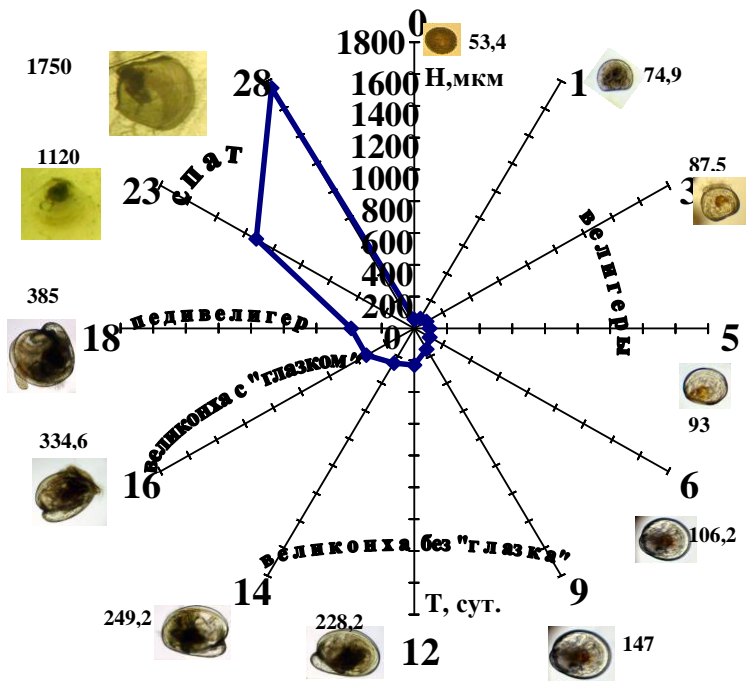


Рис. 104. Рост и развитие личинок и спата *Crassostrea gigas*, полученных при скрещивании тихоокеанской и атлантической когорт гигантской устрицы. Цифры внешнего края рисунка соответствуют длине особи, мкм; внутреннего – продолжительности в сутках от оплодотворения. Синяя спиральная линия – динамика роста, мкм.



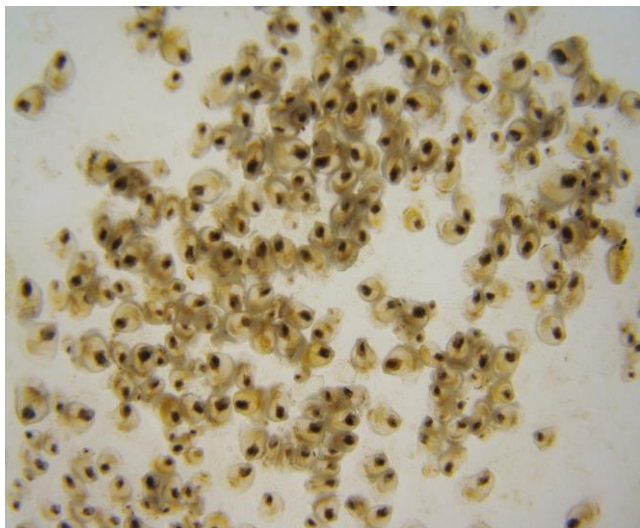
Рис. 105. Спат гигантской устрицы перед выставлением в море на доращивание.



Рис. 106(а). Спат гигантской устрицы после подращивания в море в течение 4-х месяцев.



Рис.106(в). Гигантские устрицы товарного размера после подращивания в море в течение 1,5 года.



а



б

Рис. 110. Спат черноморской устрицы: **а** – возраст 1 месяц; **б** – возраст 5 месяцев.

массовое культивирование

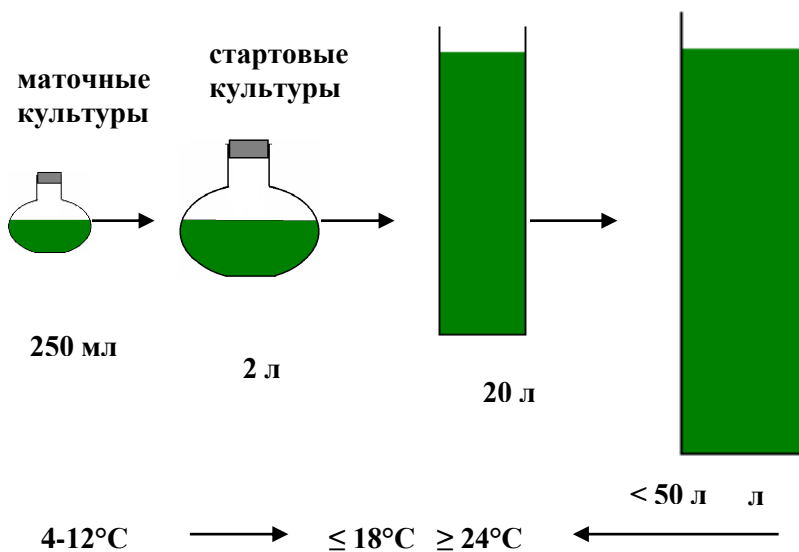


Рис. 111. Схема этапов культивирования микроводорослей.



Рис. 113. Установка для фильтрации морской воды в питомнике ИМБИ.



Рис. 116. Коллекция кормовых микроводорослей в питомнике ИМБИ.



Рис. 117. Нарращивание стартовых культур в питомнике ИМБИ.

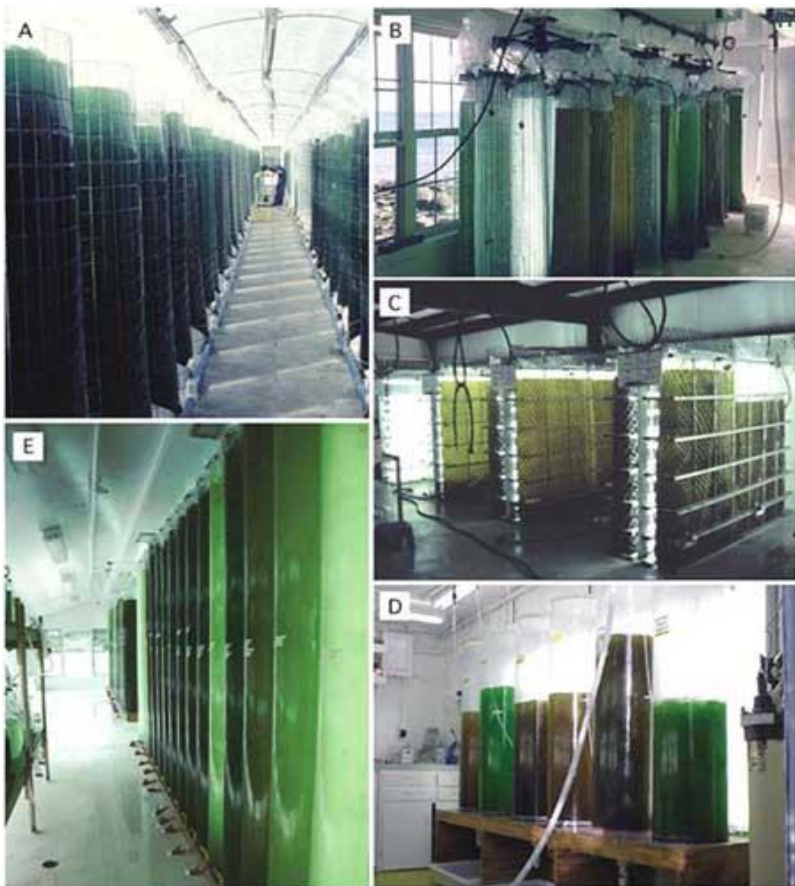


Рис. 118. Внешний вид культиваторов, используемых в крупномасштабных питомниках: А – полиэтиленовые мешки на 480 л, поддерживаемые стойками, при естественном освещении; В – мешки объёмом 80 л, подвешены вокруг центральной оси с помощью потолочной вращательной системы. Флуоресцентные лампы, расположены сверху по центру. С – полиэтиленовые мешки, расположенные по обе стороны от осветительной установки, поддерживаемые пластиковым каркасом. D – цилиндры ($V = 100$ л), изготовленные из стекловолокна и установлены вдоль вертикально расположенных люминесцентных ламп. E – цилиндры из стекловолокна (высотой 2,4 м и диаметром 0,3 м) с наружным освещением люминесцентными лампами длиной 2,4 м, установленными вертикально.

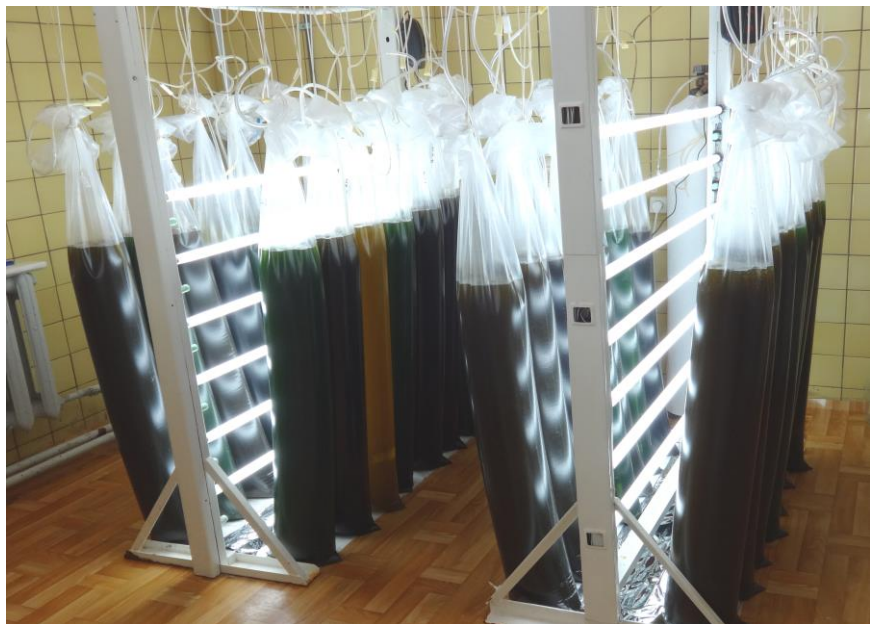


Рис. 119. Массовое культивирование микроводорослей в питомнике ИМБИ.



Рис 128. Концентрированные кормовые водоросли.

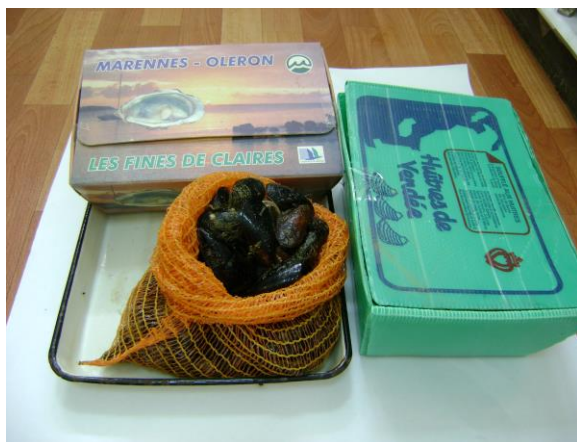


Рис. 133. Тара для расфасовки устриц (коробки) и мидий (мешок).



Рис. 134. Горячие мидии.



Рис. 135. Устрица товарного размера и устрица, подготовленная к дегустации (с удалённой верхней створкой).

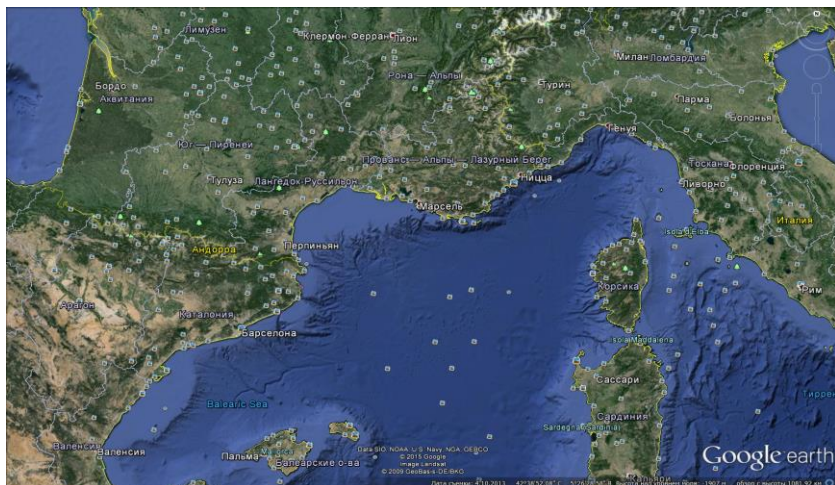


Рис. 136. Лионский залив (между городами Перлинья и Марсель), в котором в 80-90-е годы развивалась марикультура в открытом море.

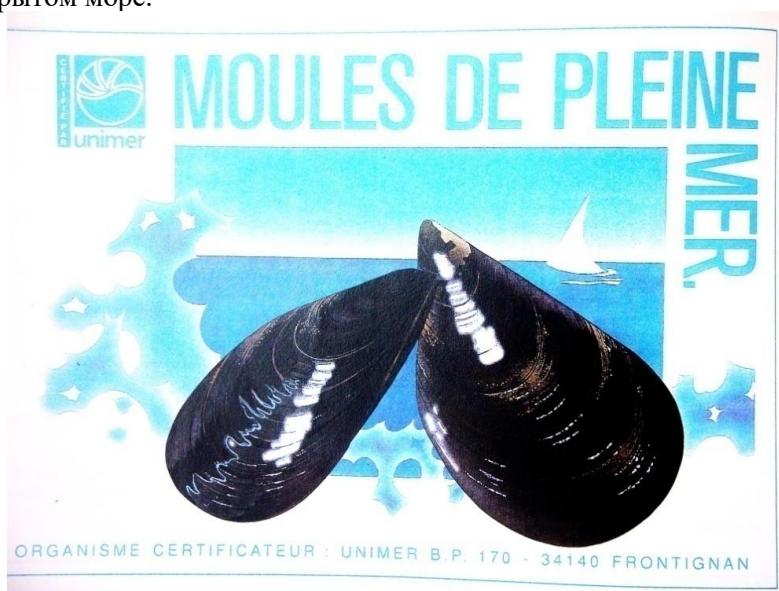


Рис. 138. Торговая марка «Мидии открытого моря».