

И.М. Примаков, П.А. Лезин,
М.В. Иванов, Э.Е. Кулаковский

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ МАРИКУЛЬТУРЫ МИДИЙ В БЕЛОМ МОРЕ



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**И.М. Примаков, П.А. Лезин,
М.В. Иванов, Э.Е. Кулаковский**

**ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ
МАРИКУЛЬТУРЫ МИДИЙ
В БЕЛОМ МОРЕ**

Товарищество научных изданий КМК
Москва ❖ 2006

УДК 639.42.061
574.52
594.124

А в т о р ы :

И.М. Примаков, П.А. Лезин, М.В. Иванов, Э.Е. Кулаковский

Р е д а к т о р :

кандидат биологических наук *А.А. Сухотин*

Пути оптимизации марикультуры мидий в Белом море / Под ред. канд. биол. наук А.А. Сухотина. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. — 72 с., ил.

В брошюре представлены результаты исследований 1999–2004 гг. в области марикультуры двустворчатых моллюсков мидий (*Mytilus edulis* L.) в Белом море. Изучены гидрологические и гидрохимические параметры акваторий мидиевых хозяйств, а также влияние хозяйств на бентосные и планктонные сообщества в прилежащих акваториях, оценен личиночный пул в этих акваториях в связи с проблемой посадочного материала для марикультуры, исследовано влияние размера и возраста мидий на их индивидуальную плодовитость и воздействие морских звезд на такие важнейшие параметры жизнедеятельности мидий, как рост, скорость фильтрации, интенсивность бицсусообразования.

Брошюра предназначена для специалистов-зоологов, экологов, преподавателей и студентов вузов, работников рыбной промышленности.

*Работы выполнены при поддержке программы исследований РАН
«Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами»*

ISBN 5-87317-288-9

© Коллектив авторов, 2006

© Товарищество научных изданий КМК,
издание, 2006

*Посвящается памяти
доктора биологических наук
Эдуарда Евгеньевича Кулаковского,
основоположника марикультуры мидий
на Белом море*

Введение

В результате многолетних исследований, выполненных Зоологическим институтом РАН, не только была показана принципиальная возможность культивирования мидий (*Mytilus edulis* L.) в Белом море, но и на их основе осуществляется промышленная марикультура этого ценного промыслового моллюска. Объединенными усилиями ученых различных коллективов совместно с представителями промышленности Севера России разработана и используется оригинальная биотехнология культивирования мидий в условиях арктического водоема, каковым, по сути, и является Белое море.

Весь опыт предыдущих работ и состояние промышленной марикультуры мидий на Белом море в настоящее время свидетельствуют о том, что необходимым условием для перспективного развития экономически эффективной и экологически безопасной промышленной марикультуры (причем любого объекта культивирования) является использование результатов исследований в области фундаментальной биологии. Фундаментальные знания о сложных биотических процессах, протекающих в экосистемах, составляют основу оптимальной эксплуатации водных экосистем. Поэтому для поступательного развития марикультуры необходимо знать не только биологию объекта культивирования, но и как устроена экосистема вообще, определить механизмы, обеспечивающие ее внутренние взаимосвязи, и уметь выражать их количественно. Поскольку марикультура основана на использовании потенциальных возможностей объекта культивирования в конкретных условиях его обитания, необходимо не только определить эти возможности, но и выявить характер и динамику их проявления во времени и пространстве.

Показатели темпов роста мидий являются основными при культивировании этих моллюсков. При создании биотехнологии культивирования обычно исследуются основные параметры роста моллюсков в различных естественных биотопах и сравниваются с таковыми, полученными в искусственно создаваемых условиях в разных участках той или иной акватории. Выбираются такие акватории и такая биотехнология, где при прочих равных условиях темпы роста культивируемых моллюсков наиболее высокие. При дальнейшем совершенствовании биотехнологии исследования направлены на повышение этого главного «марикультурного» показателя, что достигается характером размещения в данной акватории искусственных субстратов (исходя из данных по водообмену), уточнением их длины и структуры, временем постановки хозяйства, сбора урожая и многими, многими другими операциями. В комплексе разносторонних исследований для биологического обоснования и создания (совершенствования) марикультуры в той или иной акватории можно выделить две обязательные и взаимосвязанные составляющие. Первая: продукционно-гидробиологические исследования, которые обязательно должны предшествовать проведению конкретных крупномасштабных хозяйственных мероприятий, и только на основе этих исследований такие мероприятия должны планироваться и осуществляться. Вторая составляющая включает в себя исследование биотических взаимоотношений массовых поселений объекта культивирования и представителей биоты данной акватории. Эти исследования (наряду с другими) позволяют не только рассчитать величины нагрузок на данную акваторию, выход товарной продукции, но и прогнозировать возможные последствия влияния марикультуры на окружающую среду в целом.

Определение оптимальных методов экологических наблюдений за состоянием естественных и искусственных поселений мидии

Специальные исследования влияния биотических факторов среды на темпы роста культивируемых моллюсков в Белом море были вызваны, с одной стороны, необходимостью разработать биотехнологию для защиты мидий от уничтожения их морскими звездами (*Asterias rubens* L.) при непосредственном физическом контакте этой пары (хищник – жертва) гидробионтов, а с другой — выявленным нами фактом дистантного угнетающего влияния морских звезд на темпы роста моллюсков.

Известно, что морские звезды в Белом море за летне-осенний период способны уничтожить от 23 до 45% (иногда даже до 80%) биомассы мидий естественных поселений. Попадая на искусственные субстраты с культивируемыми мидиями, они также способны нанести значительный урон марихозяйству. Используемая биотехнология марикультуры мидий в Белом море (учитывая его своеобразные гидрологические условия — периодическое сильное распреснение поверхностных слоев воды в прибрежных акваториях) позволяет избегать этой опасности (Кулаковский, 2000). Однако на грунте, непосредственно под мидиевыми хозяйствами скапливается большое количество морских звезд, как удаленных с искусственных субстратов, так и привлекаемых сюда из других участков данной акватории мидиями, опадающими с субстратов в силу ряда естественных причин. В ряде мест расположения мидиевых хозяйств создается ситуация, когда искусственные субстраты не касаются грунта, но находятся в непосредственной близости (1–2 м) от него. Было замечено, что в нижней части таких субстратов моллюски заметно отстают в росте от тех, которые находятся в верхней части субстратов. Гидрологические параметры и обеспеченность пищей в водной толще (3 метра), занимаемой искусственными субстратами с мидиями, были практически одинаковы, однако благодаря перемещению придонных водных масс эти придонные воды омывали нижние части субстратов. Таким образом, культивируемые моллюски, прежде всего на нижних частях искусственных субстратов, постоянно находятся в воде, которая достигает их от мест массового скопления морских звезд на грунте.

Для проверки возможного негативного дистантного влияния морских звезд на рост мидий были выполнены специальные эксперименты. Суть этих экспериментов заключалась в сравнении роста мидий в контроле и при их совместном содержании с морскими звездами. Исследования были выполнены в природных условиях, в акватории мидиевого хозяйства. В качестве материала использовали мидий, собранных с искусственных субстратов хозяйства. Две группы, по 30 примерно одноразмерных (длина створок 26 мм) и одновозрастных (2+) моллюсков в каждой, помещались в садки из капроновой дели. Оба этих садка с мидиями помещались внутрь бóльших по размерам садков, изготовленных из того же материала. Таким образом, имелись две установки — садок в садке. Одна из этих установок служила в качестве контроля. Во второй установке, в отличие от контроля, в больший по размерам садок были помещены 10 экз. морских звезд, с длиной наибольшего луча 10 см. Размер морских звезд соответствовал их возможности активно поедать мидий отобранного размера. Таким образом, в экспериментальной установке мидии и морские звезды находились вместе, но звезды не могли их поедать, т.к. был исключен непосредственный прямой физический контакт между ними. Перед началом экспериментов измерялась длина раковины каждой мидии (с точностью до 0.1 мм) и на ее створках стальной иглой наносился номер. Эти установки выставлялись в июне на акватории мидиевого хозяйства. Установки размещали на глубине 1 м от поверхности моря и на расстоянии 1.5 м одна от другой. Через каждые 5–7 суток проводили измерение моллюсков в обоих садках. Садки очищали от фитообрастания и во внешний садок опытной установки добавляли немного мидий, собранных с искусственных субстратов, для питания морских звезд. Продолжительность экспериментов составила около 70 дней.

На основании данных по изменению длины раковины моллюсков в обеих группах за время эксперимента для всех мидий были получены индивидуальные кривые роста и величины прироста для каждого измерения. Для каждой группы мидий определен среднegrupповой прирост, стандартные отклонения и 95%-ный доверительный интервал. Результаты экспериментов по дистантному влиянию морских звезд приведены на рис. 1.

Видно, что после 8 суток эксперимента разница в темпах роста мидий в условиях опыта и контроля начинает резко увеличиваться. Так, уже через 20 суток с начала экспозиции средний прирост длины раковины составлял 1.1 и 3.1 мм в опытной и контрольной группах соответственно; на 43-и сутки — 1.7 и 6.2 мм. К концу августа величины

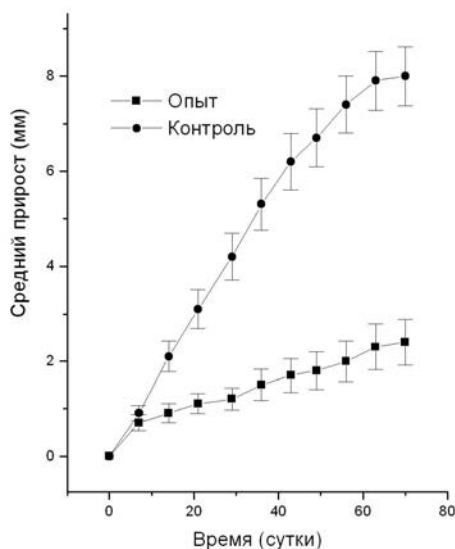


Рис. 1. Рост мидии в присутствии морской звезды (опыт) и в контроле. Указан 95%-ный доверительный интервал.

средних приростов составляли 2.4 и 8.0 мм в опытной и контрольной группах.

Таким образом, в результате исследований показано, что дистантное влияние морских звезд может оказывать существенное негативное влияние на темпы роста мидий, что, безусловно, необходимо учитывать при организации и эксплуатации промышленных мидиевых хозяйств в Белом море.

Для выяснения механизмов такого влияния и возможности количественного выражения его проявления, необходимо было разработать специальную методику, позволяющую в полевых условиях, легко и быстро, с высокой степенью надежности определять физиологическое состояние мидий при различных изменениях факторов среды. В качестве показателя физиологического состояния моллюсков была выбрана скорость фильтрации.

Скорость фильтрации моллюсков является комплексной характеристикой, поскольку учитывает не только количество потребляемых пищевых частиц, но также ряд таких физиологических показателей, как мышечная и цилиарная активность, интенсивность дыхания, образования псевдофекалий и др. Являясь своего рода интегральным показателем

телем состояния животного, скорость фильтрации может быть использована для оценки влияния факторов внешней среды на изучаемый объект.

Современные методики определения скорости фильтрации двустворчатых моллюсков в большинстве своем не позволяют достичь необходимой точности измерения и связаны, как правило, со значительными методическими сложностями и большой затратой времени (Riisgard et al., 1979, 2001; Visman, 1990 и др.). Одним из достаточно простых способов измерения является методика разделения сифональных токов животного. При разработке установки для целей настоящего исследования была использована методика измерения фильтрационной активности, основанная на изоляции сифонов моллюска с помощью эластичной мембраны (Famme et al., 1986; Riisgard et al., 2001). Помимо высокой точности и простоты применения, данный метод позволяет производить практически непрерывные серии измерений. Это особенно важно для изучения динамики процесса за небольшой отрезок времени.

Для определения фильтрационной активности мидий в настоящей работе использовали измерительную установку (рис. 2), сконструированную на основе принципов, предложенных Феммом с соавторами (Famme et al., 1986)

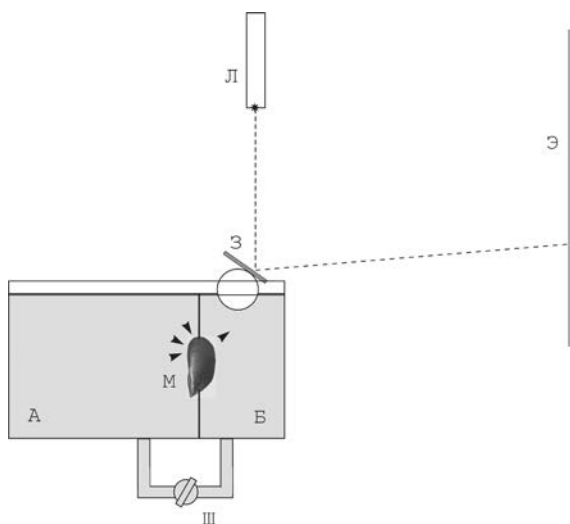


Рис. 2. Конструкция установки для измерения фильтрационной активности мидий. Пояснения в тексте.

Основная часть установки представляет собой прямоугольный аквариум из оргстекла объемом 2.5 л, разделенный перегородкой на два отсека (рис. 2, А, Б). Перегородка между отсеками имеет квадратное отверстие, перекрытое тонкой эластичной резиновой мембраной М. Резиновая мембрана закрепляется в специальной рамке, которая плотно фиксируется по периметру отверстия между отсеками. Вертикальная прорезь в мембране имеет длину, соответствующую (немного меньше) линейным размерам подопытных моллюсков. Мидия закрепляется в мембране таким образом, чтобы ее вводной сифон находился в отсеке А, а выводной — в отсеке Б. Эластичная резина плотно облегает вставленную в прорезь мембраны мидию, не допуская проникновения воды между створками раковины и отсеками и в то же время не препятствуя раскрытию створок при фильтрации воды моллюском.

Отсеки аквариума соединены между собой выносным шунтом с краном (рис. 2, Ш), что при необходимости позволяет быстро выравнивать уровни воды в отсеках. При закрытом кране закрепленный в мембране подопытный моллюск в процессе фильтрации «перекачивает» воду из одного отсека аквариума в другой. В отсеке, в который поступает вода из выводного сифона мидии, находится свободно перемещающийся по вертикали поплавков с закрепленным на нем зеркалом З. Перемещение поплавка по вертикали зависит от уровня воды в отсеке.

Изменение уровня воды регистрируется посредством отраженного от зеркала лазерного луча, источник которого — полупроводниковый лазер (650 nm, 5 mV) (рис. 2, Л). Лазер смонтирован на лабораторном штативе, на расстоянии примерно 50 см от зеркала. Луч, отраженный от зеркала, направляется на вертикальный экран Э, находящийся на расстоянии 5 м от всей установки (эти расстояния не имеют принципиального значения и подбираются в зависимости от конкретных условий). Перед началом экспериментов прибор калибруется. Для этого в больший отсек добавляют известный объем воды и фиксируют изменение положения луча на экране.

Количественное определение скорости фильтрации подопытных моллюсков осуществляли, перекрывая кран шунта и фиксируя время (с точностью до 0.1 сек), в течение которого луч преодолевал расстояние на экране, определенное при калибровке прибора. Точность измерений в данном случае составляла 0.1 мл/мин. Для повторных замеров кран шунта открывали, выравнивали уровень воды в обеих камерах и вновь повторяли замер. Описанная установка позволяет осуществлять только непродолжительные (точечные) измерения скорости

Содержание

Введение	3
Определение оптимальных методов экологических наблюдений за состоянием естественных и искусственных поселений мидий	5
Раздел I. Влияние абиотических и биотических (морские звезды) факторов среды на структуру поселений и физиологические характеристики мидий в различных экологических условиях	12
<i>Скорость фильтрации мидий в присутствии морских звезд</i>	12
<i>Постановка экспериментов для оценки влияния метаболитов морских звезд на некоторые физиологические и поведенческие характеристики мидий</i>	16
<i>Влияние морских звезд на ростовые и кондиционные характеристики мидий</i>	18
<i>Влияние морских звезд на активность биусуобразования мидий</i>	19
<i>Влияние морских звезд на характеристики процесса агрегации</i>	21
<i>Влияние морских звезд на коэффициент упаковки друз мидий</i>	26
<i>Варьирование индекса кондиции мидий в различных экологических условиях</i>	28
Раздел II. Влияние марикультуры мидий на планктонное сообщество	31
<i>Физико-географическая характеристика района исследования</i>	31
<i>Никольская губа</i>	32
<i>Соностровская Салма</i>	33
<i>Бухта Кривозерская</i>	34
<i>Материалы и методы</i>	34
<i>Гидрологический режим и первичная продукция</i>	37
<i>Оценка показателей обилия основных компонентов планктонного сообщества</i>	41
<i>Гидрологическая структура вод и вертикальное распределение зоопланктона</i>	43

<i>Влияние гидродинамического режима на распределение зоопланктона</i>	<i>45</i>
<i>Сравнительная оценка численности личинок мидий в планктоне и интенсивности их оседания на подвесные и донные субстраты в зависимости от экологических условий в районах марикультуры</i>	<i>47</i>
Раздел III. Влияние марикультуры мидий на донные биоценозы	50
<i>Материалы и методы</i>	<i>51</i>
<i>Сукцессия бентосных сообществ под воздействием мидиевой марикультуры в условиях Белого моря</i>	<i>54</i>
<i>Выделение, распределение и утилизация органических веществ при промышленном выращивании мидий</i>	<i>60</i>
Рекомендации по проведению экологического сопровождения марикультурных мероприятий	65
Литература	67