

**Э. Е. Кулаковский, А. Ю. Шамарин**

**ОСОБЕННОСТИ ОСЕДАНИЯ И РОСТА  
МОЛОДЫХ МИДИЙ (*MYTILUS EDULIS L.*)  
В УСЛОВИЯХ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО  
КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА БЕЛОМ МОРЕ**

В настоящее время на Белом море происходит этап становления промышленной марикультуры промыслового съедобного моллюска — мидии. Многолетние экспериментальные и опытно-промышленные работы показали принципиальную возможность создания новой отрасли рыбного хозяйства на этом своеобразном водоеме (Кулаковский, 1980; Кулаковский и др., 1983). Одним из основных условий организации промышленных мидиевых хозяйств на Белом море является достаточное количество личинок моллюска в планктоне данной акватории в соответствующее время, высокая степень их оседания и последующего роста на искусственных субстратах. Исследования, выполненные в губе Чупа Кандалакшского залива, показали, что количество личинок мидий в планктоне (по многолетним данным) не является лимитирующим фактором для организации крупных промышленных хозяйств (Кулаковский, Кунин, 1983). В экспериментальных условиях культивирования мидий оседание их личинок на искусственные субстраты происходит интенсивно и (при соответствующих сроках постановки субстратов) последние полностью заселяются молодью мидий (Кулаковский, Кунин, 1982). Создание крупных мидиевых поселений в толще воды, что происходит при промышленной марикультуре, приводит к образованию (в результате жизнедеятельности моллюсков) качественно новых условий в экосистеме данной акватории (Брайко, 1979; Галкина и др., 1982). Эти изменения могут оказывать существенное воздействие на все стороны развития мидиевых поселений на искусственных субстратах, а также на естественные поселения в зоне «влияния» хозяйства. В свою очередь изменившиеся условия окружающей среды также могут оказывать определенное воздействие на поселение мидий (Голиков, Скарлато, 1979; Макаров, Кулаковский, 1982; Kinne, 1983).

Оценка характера и степени воздействия мидиевых хозяйств на окружающую среду и на особенности существования в этих изменившихся условиях самих моллюсков представляется необ-

ходимым этапом для обоснования и выработки правильной стратегии промышленной мидиевой марикультуры. Цель настоящей работы заключалась в оценке оседания молоди мидий на искусственные субстраты, расположенные на самом существующем мидиевом хозяйстве и вне его. Исследования проведены в июле—сентябре 1985 г. и в июне—октябре 1986 г. на акватории губы Чупа, где расположено опытно-промышленное мидиевое хозяйство.

## Материал и методика

В качестве субстрата для оседания личинок мидий использовалась капроновая дель с ячейй 1 см и диаметром нити 1 мм. Такая же дель используется и в качестве искусственных субстратов на мидиевом хозяйстве. Дель закрепляли на пластмассовом кольце с внутренним диаметром 95 мм. За 10 дней до начала изучения динамики оседания личинок мидий на субстрат эти кольца, предварительно завернутые в мельничный газ, устанавливали в местах наблюдений. Такая процедура постановки предотвращала оседание молоди мидий до начала наблюдений и вместе с тем не препятствовала образованию на субстратах пленки из представителей микрофитобентоса. 31 июля эти субстраты были выставлены в 2 точках: 15 субстратов располагали на самом мидиевом хозяйстве, а другие 15 — на расстоянии 150 м от него, вне зоны влияния водных масс, проходящих через хозяйство. Кольца с делью устанавливали вертикально на глубине 1 м. С 1 по 14 августа ежедневно во время дневного прилива снимали по 1 кольцу с делью из 2 мест. Параллельно в этих же местах отбирали качественные пробы зоопланктона планктонной сетью с газом № 78. Участки субстратов определенной площади вырезали и на них производили подсчет и измерение размеров молоди мидий. С 6 по 14 августа в обе точки сроком на сутки помещали по 3 отрезка дели размером 3 × 3 см. Молодь мидий, осевшую за сутки, подсчитывали и измеряли. Плотность поселения пересчитывали на 1 м<sup>2</sup> данного субстрата. Все описанные эксперименты были осуществлены в 1985 г. В 1986 г. в качестве субстрата использовали такую же дель, натянутую на рамку из алюминиевой проволоки размером 200 × 200 мм. Субстраты устанавливали в море 30 мая на глубине 1 м в тех же точках, что и в 1985 г. Кроме того, в этих же местах устанавливали аналогичные субстраты на глубинах 0.5 м, 1.5 м, 2.5 м. С 8 августа по 7 сентября, раз в 6 дней, а также 25 октября снимали по 1 субстрату с указанных горизонтов в местах проведения исследований. С каждого субстрата отбирали по 5 участков дели размером 2 × 2 см. В каждой такой пробе оценивали количество молоди мидий и их размерно-частотное распределение при классовом интервале 50 мкм. Для более дробного анализа оседания молоди мидий параллельно со взятием проб вышеотмеченным способом от-

бирали еще по 2 субстрата, которые экспонировали в море только в течение 6 дней. После съемки этих субстратов выставляли следующие, тоже на 6 дней и т. д. Из этих субстратов брали по 5 участков размером  $4 \times 4$  см и оценивали количество молоди мидий и их размерно-частотное распределение. Плотность поселения мидий рассчитывали на  $1\text{ м}^2$  указанных субстратов.

8 августа молодь мидий, собранная с искусственных субстратов, расположенных в контрольной точке (вне хозяйства), была помещена в 2 садка, изготовленные из мельничного газа с ячейй 250 мкм. Один из садков был установлен на мидиевом хозяйстве, а второй оставлен на контрольной точке. Оба садка находились на одинаковой глубине — 1 м. Время экспозиции — с 13 августа по 5 сентября. После окончания эксперимента оценивали размерно-частотное распределение молоди мидий.

### Результаты и обсуждение

С 1 по 10 августа 1985 г. плотность поселения молоди мидий на искусственных субстратах возрастила как в контрольной точке, так и на мидиевом хозяйстве. Невзирая на естественные колебания в характере оседания, имеющие место в двух исследуемых местах, можно заключить, что в этот период различия в плотности молоди мидий на субстратах в общем незначительные. К 10 августа плотность поселения моллюсков в обоих случаях составляла 20 тыс. экз./ $\text{м}^2$  (рис. 1). В дальнейшем плотность молоди мидий на субстратах, установленных на мидиевом хозяйстве, стала снижаться, и к 14 августа ее величины составили около 8 тыс. экз./ $\text{м}^2$ . По всей вероятности, тенденция снижения плотности в этом месте сохранилась и в последующий период, так как к 10 сентября было отмечено около 3 тыс. экз./ $\text{м}^2$ . Напротив, плотность мидий на субстратах, установленных в контрольной точке, продолжала, хотя и неравномерно, возрастать, достигнув к 14 августа величины 30 тыс. экз./ $\text{м}^2$ , а к 10 сентября — 80 тыс. экз./ $\text{м}^2$ . Можно считать, что, начиная с 11 августа, оба исследуемых места достоверно отличались по величине плотности молоди мидий на искусственных субстратах ( $p > 90\%$ ).

К началу августа в районе исследований планктонные личинки мидий достигли размера в среднем около 350 мкм, т. е. в основном эти личинки были уже готовы к оседанию на подходящий субстрат, что, собственно, и видно при измерении только что осевших личинок (рис. 2). Анализ размеров осевшей молоди мидий на субстраты показал, что в контрольной точке к 14 августа средний размер мидий составлял 600 мкм, в то время как на хозяйстве — 470—500 мкм. Наиболее показательны изменения величин размера молоди мидий в двух местах при анализе более крупных из осевших особей. С 3 по 9 августа в обеих точках исследования эта величина возрасала с 360—380 мкм до 560—570 мкм (рис. 3). Однако, начиная с 10 августа, наблюдаются

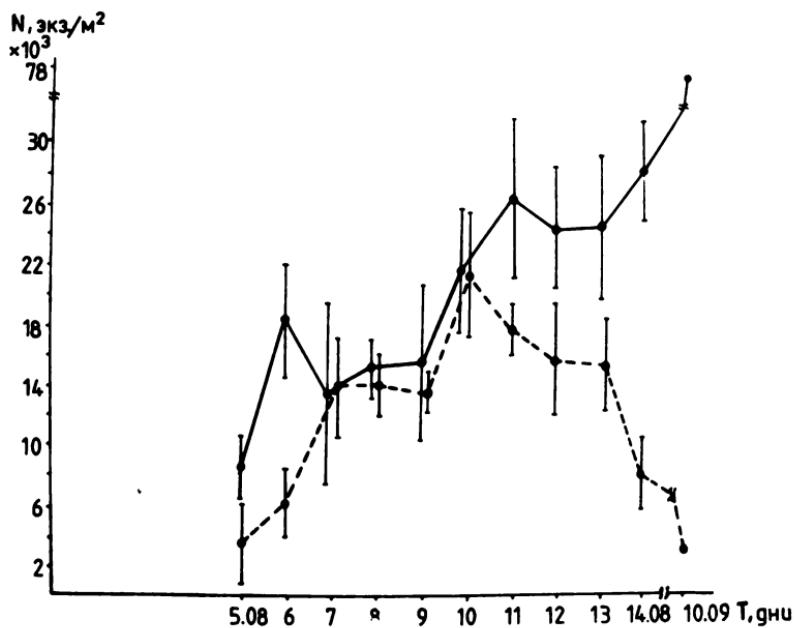


Рис. 1. Динамика плотности поселения личинок мидий на искусственных субстратах на мидиевом хозяйстве и в контрольной точке  
Сплошная линия — контроль, пунктируя — на мидиевом хозяйстве

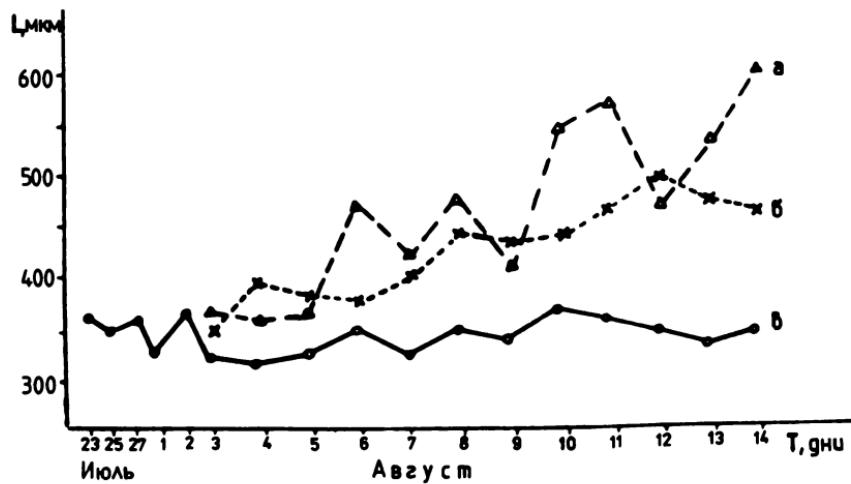


Рис. 2. Средние размеры молоди мидий на искусственных субстратах и в планктоне:  
а — в контроле; б — на мидиевом хозяйстве; вв — в планктоне

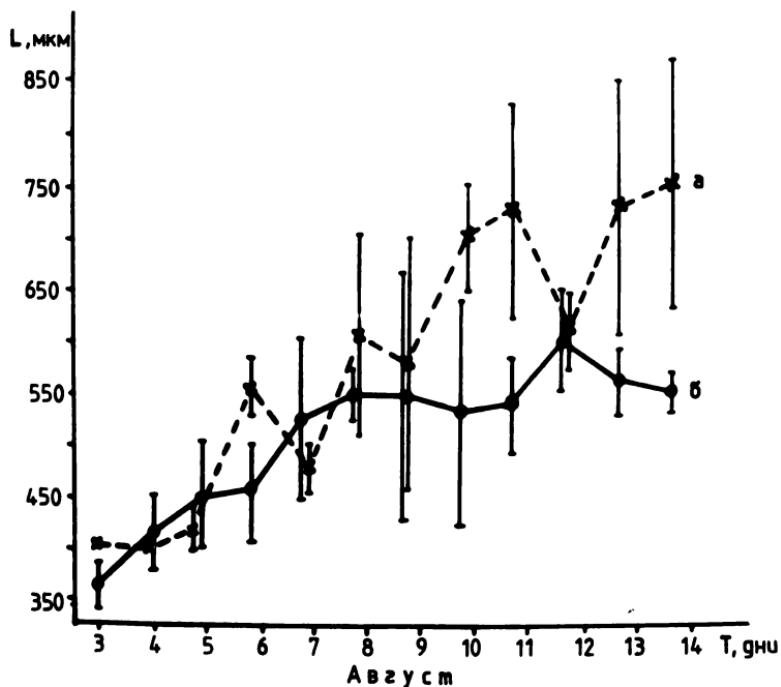


Рис. 3. Средние размеры наиболее крупных личинок на искусственных субстратах:

a — в контроле; б — на мидневом хозяйстве

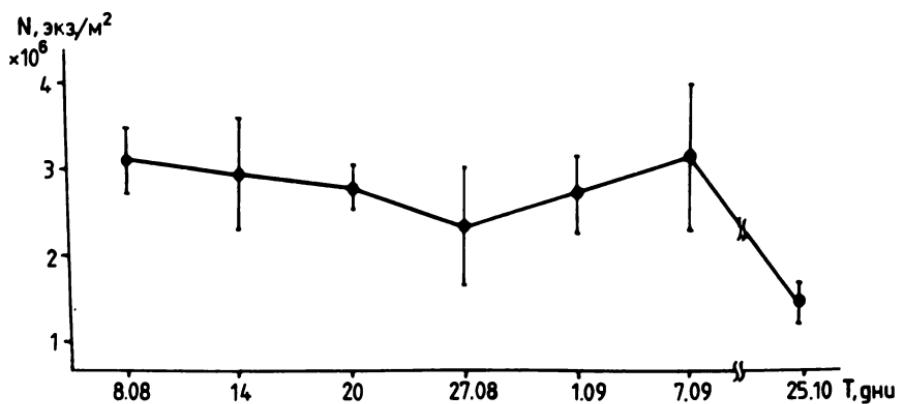
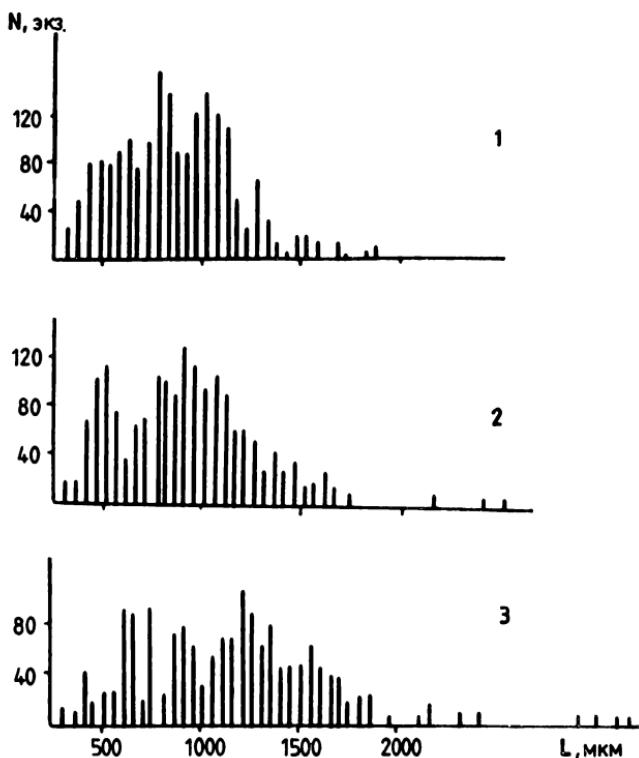


Рис. 4. Динамика плотности поселения личинок мидий на искусственных субстратах в контроле  
Обозначения как на рис. 1



значительные различия: в контрольной точке размер особей продолжает увеличиваться, достигая к 14 августа значения 760 мкм. На мидиевом хозяйстве размеры колеблются от 525 до 600 мкм и 14 августа отмечена величина 550 мкм. Эти различия между размерами мидий в двух местах имеют следующую достоверность: 10 августа — 80%; 11 августа — 98%; 13 августа — 90%; 14 августа — 90%. В 1986 г. к 8 августа плотность молоди мидий, осевших в этой зоне на искусственных субстратах в контрольной точке, составила около 3.1 млн. экз./ $m^2$ . В дальнейшем плотность несколько снизилась, составив 27 августа 2.3 млн. экз./ $m^2$ . К 7 сентября плотность поселения молоди вновь увеличилась до 3.2 млн. экз./ $m^2$ . 25 октября ее значение составило 1.5 млн. экз./ $m^2$  (рис. 4). Размерно-частотная структура поселения молоди мидий в контрольной точке представлена на гистограммах (рис. 5).

На субстратах, установленных на мидиевом хозяйстве, наблюдалась картина, аналогичная с 1985 г. Так, плотность молоди мидий 8 августа составляла около 150 тыс. экз./ $m^2$ . В целом прослеживается тенденция к снижению плотности поселения моллюсков, составившей 7 сентября 95 тыс. экз./ $m^2$ , а 25 октября —

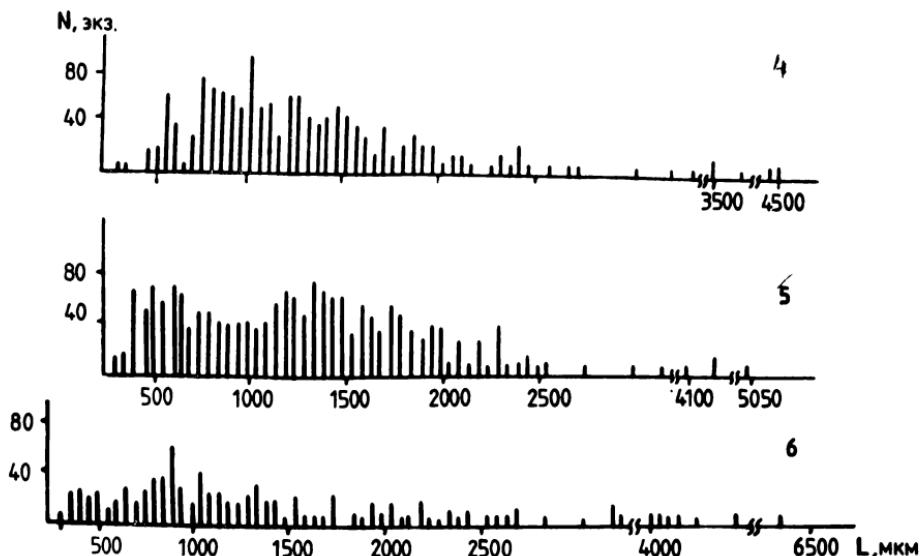


Рис. 5. Размерно-частотное распределение молоди мидий на искусственных субстратах в контрольной точке:

1 — 8 августа; 2 — 14 августа; 3 — 20 августа; 4 — 1 сентября; 5 — 7 сентября; 6 — 25 октября

47 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Размерно-частотная структура поселения молоди мидий на искусственных субстратах, установленных на мидиевом хозяйстве, представлена на гистограммах (рис. 6).

Молодь мидий, помещенная в садки, к 5 сентября достигла средних размеров 1230 мкм в контрольной точке и 1040 мкм на мидиевом хозяйстве. Сравнение данных по *t*-критерию Стьюдента показало достоверность различий приводимых показателей и их отличие от исходных (840 мкм 13 августа). Во всех случаях достоверность различий больше 99.9%. Данные по средним размерам молоди мидий представлены на рис. 7. Размерно-частотное распределение молоди мидий в садках показано на гистограммах (рис. 8). Интенсивность оседания молоди мидий на искусственные субстраты за 6-дневные периоды экспозиции представлена на рис. 9.

Плотность поселения молоди мидий на субстратах, установленных в контрольной точке на горизонтах 0,5, 1,5, 2,5 м, составляла к 9 сентября соответственно 1,6, 1 и 1,2 млн. экз./м<sup>2</sup>. На мидиевом же хозяйстве эти величины были 630, 420 и 145 тыс. экз./м<sup>2</sup>. В обоих исследуемых местах плотность поселения молоди мидий на глубине 0,5 м достоверно превосходила плотности на глуби-

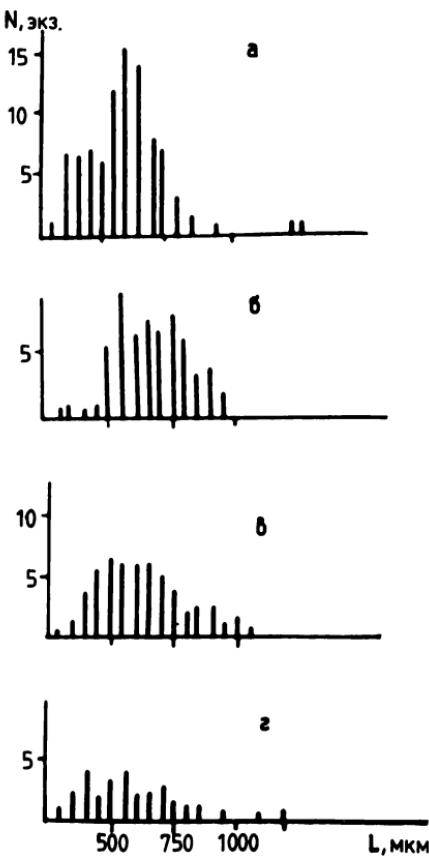


Рис. 6. Размерно-частотное распределение молоди мидий на искусственных субстратах на мидиевом хозяйстве:  
 а — 8 августа; б — 27 августа; в — 7 сентября; г — 25 октября

нах 1.5 и 2.5 м ( $p > 90\%$ ), которые не имели достоверных различий между собой. Средние размеры молоди мидий на исследуемых горизонтах в контрольной точке составляли соответственно 1690, 1600 и 1400 мкм. На субстратах, установленных на мидиевом хозяйстве на всех 3 горизонтах, средний размер молоди мидий составлял около 700 мкм.

Результаты, полученные в настоящем исследовании, четко свидетельствуют о неодинаковом оседании и росте молоди мидий на искусственных субстратах, выставленных на акватории существующего мидиевого хозяйства и вне его. Миграция осевшей на субстраты молоди мидий — довольно хорошо известное явление (Милейковский, 1979; Geesteranus, 1942; De Blok, Geelen, 1958; Bayne, 1964; и др.). Какими бы причинами не объяснялось это

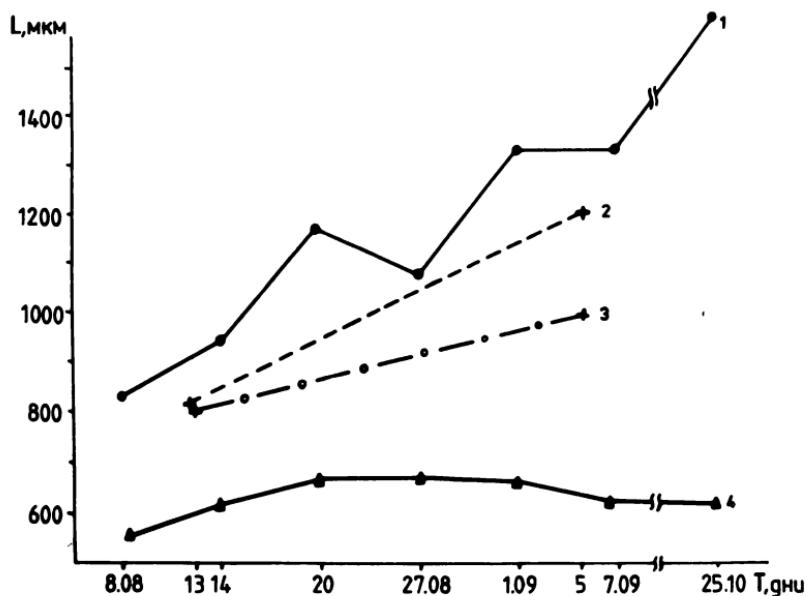


Рис. 7 Средние размеры молоди мидий на искусственных субстратах:  
1 — в контроле; 2 — в садках в контрольной точке; 3 — в садках на мидневом хозяйстве;  
4 — на мидневом хозяйстве

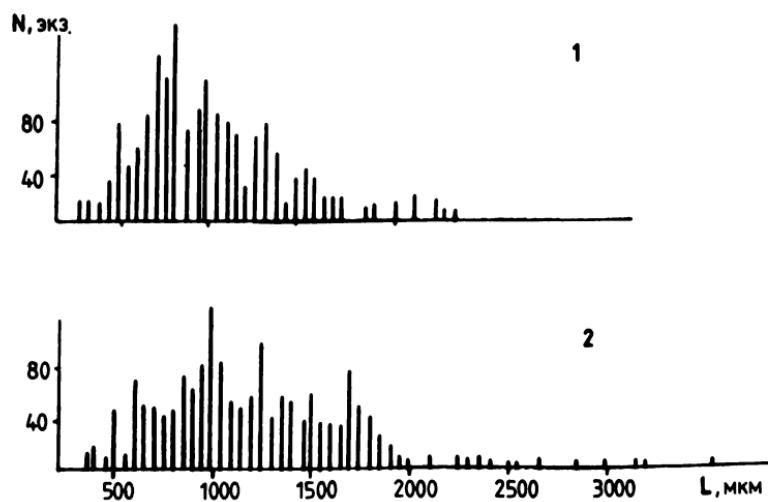


Рис. 8. Размерно-частотное распределение молоди мидий в садках на 5 сентября:

1 — на мидневом хозяйстве; 2 — в контрольной точке

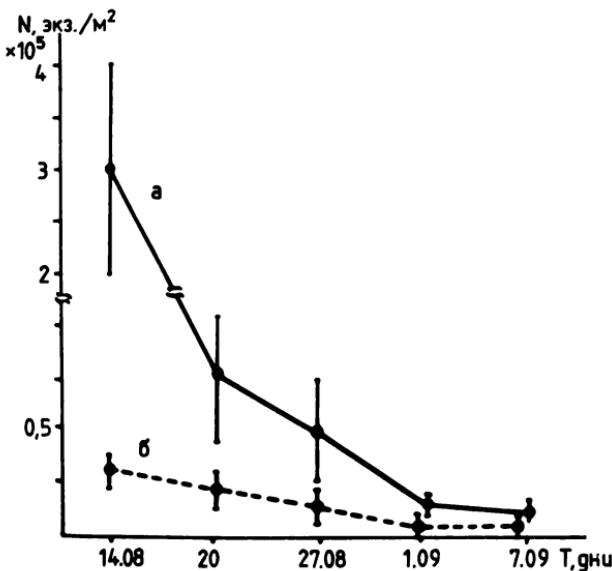


Рис. 9. Количество молоди мидий, осевшей на очищенные субстраты:  
а — в контрольной точке; б — на мидиевом хозяйстве

явление, в любом случае оно связано с активным поиском молодью мидий наилучших условий для своего дальнейшего существования. По-видимому, именно активным откреплением первоначально осевших мидий следует объяснять изменение характера динамики плотности на искусственных субстратах. В то же время следует особо подчеркнуть, что динамика плотности на субстратах, установленных в разных местах, различна. Так, в нашем случае на мидиевом хозяйстве плотность молоди мидий постоянно снижается. Вместе с тем продолжающееся оседание в этой точке молоди на субстраты суточной экспозиции указывает на то, что снижение плотности на постоянно экспонируемых субстратах связано не с нехваткой готовых к оседанию личинок мидий, а с тем, что процесс открепления с субстратов преобладает над оседанием. Этим же можно объяснить и то, что размеры молоди не превышают 600 мкм. Достигнув определенного размера, молодь открепляется и переходит к «вторично-плавающему» образу жизни. В контрольной точке также имеет место процесс открепления оседающей молоди, но, во-первых, он не столь интенсивен, а, во-вторых, первоначально осевшие особи продолжают расти, а открепляются в основном оседающие позднее. Анализ гистограмм, отражающих размерно-частотное распределение молоди, свидетельствует, что здесь происходит уменьшение количества молоди меньших размерных классов и увеличивается

количество крупных особей, т. е. происходит рост первоначально осевших моллюсков, сопровождающийся элиминацией части особей, осевших на субстраты позднее, и все это происходит на фоне пополнения поселения вновь оседающими личинками мидий. Но в этом случае первоначально осевшие моллюски получают значительное преимущество для своего развития, чем оседающие позднее, за счет которых и происходит основная элиминация мидий в процессе 4-летнего цикла мидиевого хозяйства на Белом море (Кулаковский, 1987).

В этом — принципиальная разница процесса заселения молодью мидий искусственных субстратов в разных местах. Это обстоятельство необходимо учитывать при организации промышленных мидиевых хозяйств на Белом море. Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о сложном и многогранном взаимоотношении молоди мидий и сложившегося естественного мидиевого поселения (Ошурков, Оксов, 1983; Веденников, 1985; Verwey, 1952; Bayne, 1977; Луканин и др., 1986; Meixpeг, 1985). В неменьшей, а скорее всего, в большей степени эти взаимоотношения имеют место и в условиях марикультуры мидий. Так, в рассматриваемом случае на опытно-промышленном мидиевом хозяйстве площадью акватории всего в 1 га, имеется большое скопление моллюсков в 3-метровой толще воды (Кулаковский, 1987; Житний и др., 1984). Анализируя результаты настоящего исследования, можно заключить, что на динамику оседания и развития молоди мидий наиболее существенное влияние оказывал водообмен и величина метаболитов мидий в окружающей среде. Как показали гидрологические наблюдения, уже на второй год после постановки мидиевого хозяйства водообмен в данном месте уменьшился почти в 2 раза. Это существенно ухудшило условия питания вновь осевшей молоди мидий, учитывая огромное количество взрослых особей, выращиваемых на хозяйстве. Кроме того, ухудшение водообмена привело к появлению на субстратах (и на самих мидиях) представителей микрофитобентоса, особенно диатомовых *Berkeleya rutilans* и *Melosira moniliformis*, быстро обрастающих субстраты вместе с моллюсками. Таким образом, водообмен прямо и косвенно влияет на поселение и дальнейшее развитие мидий на хозяйстве. Это хорошо согласуется с данными, полученными для других акваторий (Брыков и др., 1986; Жирмунский, 1986). Учитывая результаты наших опытов с садками, можно предположить, что сниженный водообмен сам по себе играет второстепенную роль. По-видимому, большее воздействие оказывает повышенная концентрация метаболитов взрослых мидий. Как уже было отмечено, в зоне мидиевых хозяйств в результате жизнедеятельности моллюсков существенно меняются биогидрохимические параметры среды (Larsson, 1985; Dahlbück, Ciuppansson, 1981). Помимо прямого воздействия метаболитов мидий на их личинки (Осповат, Кулаковский, 1985), возможно и косвенное влияние через микрообрастание субстратов. На огром-

ную роль веществ, выделяемых этими организмами-обрастателями на процессы оседания и метаморфоза личинок беспозвоночных животных, в том числе и на мидий, указывают многие авторы (Серавин и др., 1985; Morse et al., 1979; Morse, 1984; Hadfield, 1984; Burke, 1983). Последующие исследования регуляции процесса оседания и метаморфоза личинок мидий, а также особенностей дальнейшего роста их на искусственных субстратах, расположенных в различных экологических условиях, будут способствовать оптимизации функционирования промышленных мидиевых хозяйств, но уже на основании выполненного исследования можно рекомендовать постановку последующих крупных хозяйств для получения более однородного посадочного материала на значительном удалении от уже существующих.

## ЛИТЕРАТУРА

- Брайко В. Д. Метаболиты мидий и роль их в модификации микроусловий ценоза обрастаний. // Биология моря, 1979.— Вып. 48.— С. 9—15.
- Брынов В. А., Блинов С. В., Черняев М. Ж. Экспериментальное культивирование съедобной мидии в заливе Восток Японского моря. // Биология моря, 1986.— № 4.— С. 3—6.
- Ведерников В. М. Воздействие крупных поселений мидий на оседание их личинок. // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря (тез. докл).— Архангельск, 1985.— С. 89—90.
- Галкина В. Н., Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Влияние аквакультуры мидий в Белом море на окружающую среду. // Океанология, 1982.— Т. 22, № 2.— С. 321—324.
- Голиков А. Н., Скарлато О. А. Влияние разведения мидий на бентос прилегающей акватории. // Биология моря, 1979.— № 4.— С. 68—73.
- Жирмунский А. В. Проблемы биологии и разведения съедобной мидии. // Биология моря, 1986.— № 4.— С. 3—6.
- Житний Б. Г., Кулаковский Э. Е., Несветов В. А. Проблемы промышленной марикультуры мидий на Белом море. // Рыбное хозяйство, 1984.— № 8.— С. 37—39.
- Кинне О. Реализм в аквакультуре — точка зрения эколога. // Биология моря, 1983.— № 6.— С. 3—11.
- Кулаковский Э. Е. Проблемы и достижения культивирования беломорских мидий. // Научно-технич. проблемы развития марикультуры (тез. докл).— Владивосток, 1980.— С. 41—43.
- Кулаковский Э. Е. Исследования по марикультуре мидий Белого моря. // Гидробиологические и ихтиологические исследования на Белом море.— Л.: изд. ЗИН АН СССР, 1987.— С. 64—76.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Культивирование беломорских мидий. // Повышение продуктивности и рационального использования биол. ресурсов Белого моря.— Л.: изд. ЗИН АН СССР, 1982.— С. 44—46.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море.— Л.: Наука, 1983.— 36 с.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Львова, Т. Г., Саранчова О. Л., Бабков А. И. Аквакультура мидий на Белом море. // Итоги и перспективы изучения биологических ресурсов Белого моря.— Л.: изд. ЗИН АН СССР, 1983.— С. 56—62.
- Луканин В. В., Наумов А. Д., Федяков В. В. Динамика размерной структуры поселений беломорских мидий (*Mytilus edulis* L.). // Экологические исследования донных организмов Белого моря.— Л.: изд. ЗИН АН СССР, 1986.— С. 60—73.

**Макаров В. Н., Кулаковский Э. Е.** Изучение возможности культивирования беломорской *Laminaria saccharina* (L.) Lam. в условиях биокультуры ламинарии—мидии. // Повышение продуктивности и рационального использования биологич. ресурсов Белого моря.—Л.: изд. БАН СССР, 1982.—С. 54—55.

**Милейковский С. А.** Экология и поведение личинок мидии во время их пребывания в планктоне. // Промысловые двустворчатые моллюски—мидии и их роль в экосистемах.—Л.: изд. ЗИН АН СССР, 1979.—С. 86—88.

**Основат М. Ф., Кулаковский Э. Е.** Изучение личиночного развития беломорской мидии. // Проблемы изучения, рац. использования и охраны природных ресурсов Белого моря (тез. докл.).—Архангельск, 1985.—С. 153—154.

**Ошурков В. В., Оксов И. В.** Оседание личинок обрастателей в Кандалакшском заливе Белого моря. // Биология моря, 1983.—№ 3.—С. 25—32.

**Серавин Л. Н., Миничев Ю. С., Раилкин А. И.** Изучение обрастателей и биоповреждений морских антропогенных объектов. // Экология обрастания в Белом море.—Л.: изд. ЗИН АН СССР, 1985.—С. 5—28.

**Bayne B. L.** Therresponses of the larval of *Mytilus edulis* to gravity. // Oikos, 1964.—Vol. 15, N 1.—P. 162—174.

**Bayne B. L.** Marine mussel: Their ecology and physiology.—Cambridge university press, 1977.—P. 506.

**Burke R. D.** The induction of metamorphosis of marine invertebrate larvae: stimulus and response. // Can. J. of Zoology, 1983.—Vol. 61, N 8.—P. 1701—1719.

**Geesteranus M. R. A.** On the formation of banks by *Mytilus edulis* L. // Arch. Neerl. Zool., 1942.—Vol. 6.—P. 269—275.

**Dahlbück B., Cunnarsson L. A. H.** Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. // Marine Biology, 1981.—N 63.—P. 262—275.

**De Blok J., Geelen J.** The substratum required for the setting of mussel (*Mytilus edulis* L.). // Arch. Neerl. Zool., 1958.—Vol. 12, I suppl.—P. 446—460.

**Hadfield M. C.** Settlement requirements of Molluscan larvae: new data on chemical and genetic roles. // Aquaculture, 1984.—Vol. 39.—P. 283—298.

**Larsson A.** Blue mussel sea farming — effects on water quality. // Vatten, 1985.—Vol. 41, N 5.—P. 218—224.

**Meixner R.** Mittlere muschelerute und viel Brut nach dem Eiswinter 1984/85. // Inf. Fischwirt., 1985.—Vol. 32, N 4—5.—P. 168—171.

**Morse D. E.** Biochemical and genetic engineering for improved production of abalones and other valuable mollusks. // Aquaculture, 1984.—Vol. 39.—P. 263—282.

**Morse D. E., Hooker N., Duncan H.**  $\gamma$ -aminobutyric acid a neurotransmitter, induces planctonic Abalone larvae to settle and begin metamorphosis. // Science, 1979.—Vol. 204, N 4391.—P. 407—410.

**Verwey J.** On the ecology and distribution of cockle and mussel in the dutch Wadden Sea, their role in sedimentation and the source of their food supply. // Arch. Neerl. Zool., 1952.—Vol. 10, 2 livr.—P. 171—239.