

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА
В СВЯЗИ С МАРИКУЛЬТУРОЙ МИДИЙ
НА БЕЛОМ МОРЕ**



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Исследования фауны морей
39(47)

ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА
В СВЯЗИ С МАРИКУЛЬТУРОЙ МИДИЙ
НА БЕЛОМ МОРЕ

Сборник научных трудов

ЛЕНИНГРАД
1988

USSR ACADEMY OF SCIENCES
ZOOLOGICAL INSTITUTE

EXPLORATIONS OF THE FAUNA OF THE SEAS
39(47)

Hydrobiological peculiarities of the south-eastern part
of the Kandalaksha Bay in connection with the mussel
aquaculture of the White Sea

Главный редактор
директор Зоологического института
О. А. Скарлато

Редактор серии *А. Н. Голиков*

Редакционная коллегия
*А. П. Андрияшев, Г. Н. Бужинская, В. М. Колтун, А. В. Неелов,
С. Д. Степаньянц, П. В. Ушаков, В. В. Хлебович*

Редактор выпуска *Э. Е. Кулаковский*

Рецензенты
В. Я. Бергер, Л. Н. Серавин

УДК 594.574.577.288.42

Сборник представляет собой результат комплексных гидро-биологических исследований Кандалакшского залива в районе Сонострова летом 1985—1986 гг. Рассматриваются гидрологическая и гидрохимическая характеристика и динамика вод в Соностровском районе Белого моря в связи с планируемой марикультурой мидий. Особо проанализированы состав морской взвеси, количественное распределение бактерио-, фито и зоопланктона, перифитонных организмов и бентосных диатомовых, мейобентоса, а также вопросы распределения, роста и продукции мидий как в природных условиях, так и в условиях марикультуры.

Г $\frac{2001501000-14}{055(02)3-88}$ Без объявления © Зоологический институт
АН СССР, 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время на Белом море развернулись интенсивные исследования по марикультуре промыслового моллюска — мидии, имеющие целью создание теоретических основ этой новой для региона рыбопромысловой отрасли. Марикультура вообще (марикультура мидий в частности) предусматривает не только всесторонние исследования самых разных аспектов биологии культивируемого объекта, но также комплексные океанографические исследования, технологические и социально-экономические проработки. Для решения всех этих вопросов создана региональная комплексная целевая программа «Мидия», объединяющая силы академической, вузовской, отраслевой науки и промышленности, с конкретными направлениями исследований для каждого подразделения.

В настоящем сборнике помещены работы, отражающие биологические и океанографические исследования по марикультуре мидий в местах, где уже находятся мидиевые хозяйства.

Этот опыт комплексных, конкретно направленных исследований по марикультуре мидий, когда научные результаты непосредственно апробируются практикой и служат основой для создания промышленных мидиевых хозяйств и их рационального использования, является, по нашему мнению, полезным и будет продолжен в последующих сборниках, посвященных вопросам марикультуры на Белом море.

Редколлегия

КРАТКАЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА СОНОСТРОВА БЕЛОГО МОРЯ

А. И. Бабков

Hydrological characteristics of the White Sea
off the Sonoströv island. A. I. Babkov

Рассматриваемый район находится в средней части Карельского берега Белого моря примерно в 10 км к юго-востоку от м. Шаропова. Соностров отчленяет сравнительно небольшую акваторию, соединяющуюся с морем посредством двух проливов; третий пролив, отмеченный на схеме (рис. 1) литерами Д—Е, настолько мелок, что водообменом через него можно пренебречь.

Соностровская акватория представляет интерес с точки зрения возможностей организации здесь марикультурного хозяйства по выращиванию мидий на искусственных субстратах, чему способствуют следующие особенности этого участка:

1 — водное пространство между материком и Соностровом защищено практически от всех ветров береговыми возвышенностями, отметки высот которых превышают 40 м;

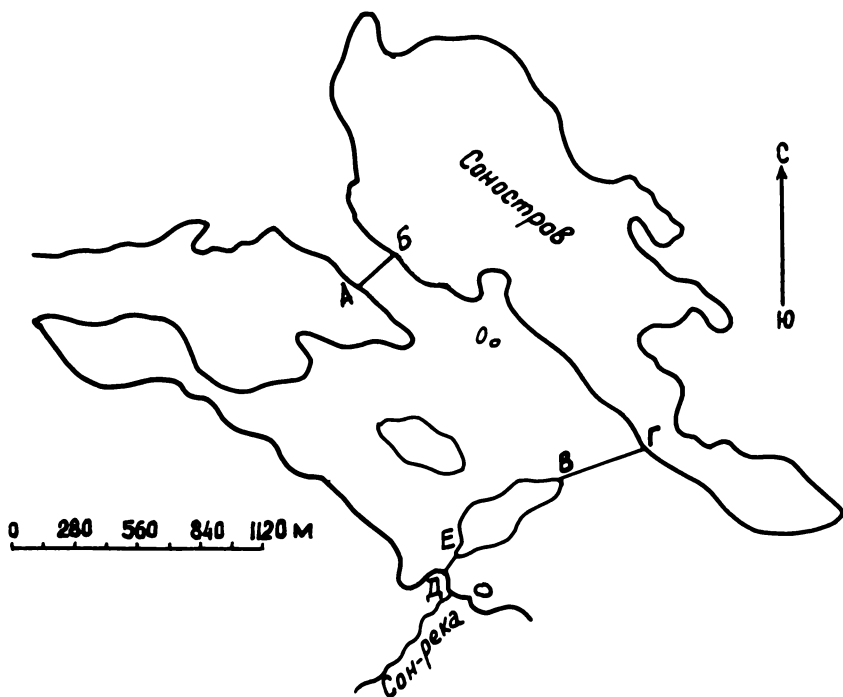


Рис. 1. Схема расположения проливов в районе Сонострова

2 — защищенность от ветров и относительно малые размеры акватории исключают в ее пределах развитие сильного ветрового волнения, которое могло бы повредить плоты-коллекторы;

3 — можно предполагать, что лед на соностровской акватории тает на месте, и значительные подвижки льдов не ожидаются, что опять-таки важно с точки зрения постановки плотов-коллекторов;

4 — площадь акватории, ограниченная створами *А—Б*, *В—Г*, *Д—Е*, составляет около 1.4 млн. м² (140 га), т. е. полезная площадь для постановки плотов-коллекторов достаточно велика.

На основании эхолотных промеров, выполненных с борта НИС «Картеш», а также значений глубин, измеренных со льда в марте 1985 г., составлена батиметрическая схема соностровской акватории (рис. 2). По батиметрической схеме вычислен объем участка, ограниченного створами *А—Б*, *В—Г*, *Д—Е*, который оказался равным 13.5 млн. м³

Отдельные измерения температур и отбор проб на соленость производились в районе Сонострова в августе, сентябре и октябре 1985 г. в рейсах Беломорской биологической станции, отдела морских исследований Зоологического института АН СССР и во время специальных весенних работ 1986 г. на южной границе рассматриваемой акватории со льда, показали сильное распреснение поверхностного 5-метрового слоя (9 апреля поверхностная соленость была менее 2‰), которое можно объяснить в основном стоком Сон-реки и лишь отчасти — начавшимся таянием льда, так как интенсивное ледотаяние и сильное распреснение поверхностного слоя в сопредельных частях Белого моря начинаются позднее: в конце апреля — начале мая (Бабков, Луканин, 1985). Градиент солености в это время достигал 5‰/м. На горизонте 10 м и глубже значения солености практически не отличались от наблюдаемых в это время в устьевой части губы Чупа, что также относится и к значениям температур по всей глубине.

Средняя температура воды на поверхности в августе 1985 г. составляла 14.5° С, а средняя соленость колебалась около 24.3‰; на глубине 10—15 м температура резко понижалась, а соленость повышалась, и на глубине 25 м средняя температура была равна 0.8° С, а соленость достигала 28‰. Сравнение августовских значений температур и соленостей по глубинам с многолетними средними значениями этих элементов в устьевой части губы Чупа (Бабков, 1982) показало, что они близки друг к другу, но термоклин и галоклин в районе Сонострова лежит несколько выше.

Во второй декаде сентября 1985 г. температура в верхнем 10-метровом слое была несколько выше 10° С, а средняя соленость на поверхности в то же время составляла 24‰, а на глубине 10 м — 25‰ (рис. 3). Эти значения температуры и солености также близки к наблюдаемым в устьевой части губы Чупа в сентябре.

Итак, в августе и сентябре термогалинные характеристики вод этих двух районов — одного порядка и, таким образом, для ориентировочного суждения о сезонном ходе основных гидрологических

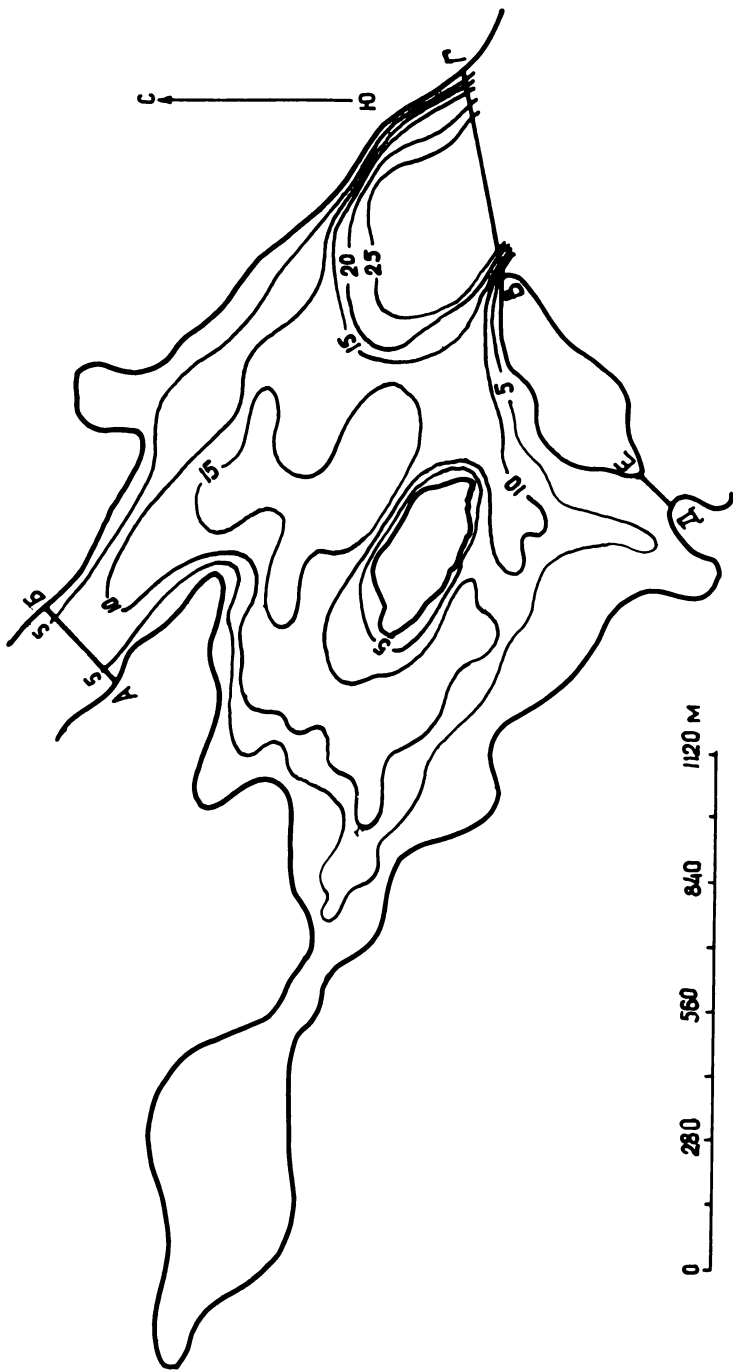


Рис. 2. Батиметрическая схема проливов у Сонострова

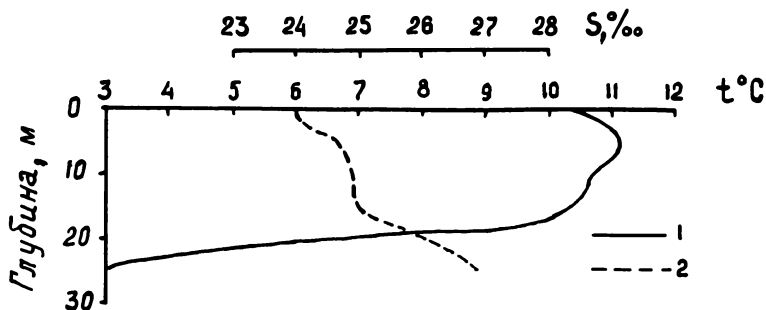


Рис. 3. Распределение по глубинам температуры (1) и солёности (2) в сентябре 1985 г. в районе Сонострова

элементов в Сонострове можно использовать многолетние средние значения температуры и солёности, которые наблюдаются в устьевой части губы Чупа.

Учитывая, кроме того, что район Сонострова находится посередине между устьевой частью губы Чупа и дер. Гридино, составлена табл. 1 значений поверхностных температур, найденных как среднеарифметическое для этих двух пунктов; среднемесячные температуры для дер. Гридино взяты из работы Н. Я. Арсеньевой [1972].

Представление о годовом ходе поверхностной солёности в районе Сонострова дает табл. 2, составленная по данным разных источников и с учетом многолетних средних значений этого элемента в устьевой части губы Чупа. Общий характер годового хода солёности в Сонострове аналогичен наблюдаемому в сопредельных частях Кандалакшского залива: максимальные значения солёности отмечаются осенью и зимой (сентябрь—январь), минимальные — весной (апрель—май). Среднегодовая поверхностная солёность составляет около 24‰. Распресняющее влияние Сон-реки, по-видимому, не сказывается на распределении солёности в пределах акватории, ограниченной створами А—Б, В—Г, Д—Е.

Таблица 1

Годовой ход поверхностной температуры воды (°C) в районе Сонострова

Месяцы											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-0,5	-0,5	-0,4	0,1	3,2	9,0	13,6	14,0	10,0	5,0	1,6	-0,4

Таблица 2

Годовой ход поверхностной солёности воды (‰) в районе Сонострова

Месяцы											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
25,4	23,3	23,0	18,2	18,2	24,0	24,8	24,7	25,3	25,8	26,4	26,4

Вертикальное распределение температуры и солености в области наибольших глубин соностровской акватории представлено на рис. 1; абсолютные значения температуры и солености соответствуют концу гидрологического лета.

Приливы в районе Сонострова, как и на прилегающей акватории Кандалакшского залива, полусуточные мелководные; величина сизигийного прилива составляет около 2 м. Некоторые наши наблюдения говорят о том, что величина прилива в пределах замкнутой соностровской акватории уменьшается; для количественной оценки этого уменьшения необходимы специальные измерения. Надо сказать, что и вообще для более подробной гидрологической характеристики соностровской акватории необходимы дальнейшие работы на достаточном числе гидрологических станций, которые следует произвести в разные сезоны года.

ЛИТЕРАТУРА

- Арсеньева Н. Я.* Пространственно-временная изменчивость температуры воды в прибрежной зоне Баренцева, Белого и Балтийского морей. // Тр. океанограф. ин-та. 1972. Вып. 110. С. 19—36.
- Бабков А. И.* Краткая гидрологическая характеристика губы Чупа Белого моря. // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры фауны Белого моря. Л.: изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1982, С. 3—16.
- Бабков А. И., Луканин В. В.* Весенние изменения солености и температуры поверхностных слоев Белого моря и их влияние на распределение организмов, обитающих на литорали и в верхнем горизонте сублиторали. // Биоценозы губы Чупа Белого моря и их сезонная динамика. Л.: изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 94—98.

S u m m a r y

Bathymetric characteristics, hydrodynamics and seasonal variations in distribution of temperature and salinity in straits off the Sonostrov Island in the regions of planned mussel aquaculture are considered.

ДИНАМИКА ВОД СОНОСТРОВСКИХ ПРОЛИВОВ БЕЛОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

П. М. Бояринов, М. П. Петров

Water dynamics in straits off the Sonostrov island
of the White Sea in winter. P. M. Boyarinov, M. P. Petrov

Многие годы Беломорская биологическая станция Зоологического института АН СССР проводит работы по изучению возможностей культивирования мидий в условиях Белого моря. Наиболее перспективным объектом из беспозвоночных является мидия — моллюск, широко распространенный по всему морю от средней литорали до средней сублиторали. Разработана и испытана принципиально новая биотехнология мариккультуры, основанная на культивировании мидий на плотках-коллекторах со «скользящими» субстратами. Проведенные эксперименты показали возможность получения хорошего «урожая» мидий в условиях Белого моря (Кулаковский, Кунин, 1983). Ведутся работы по созданию здесь крупных хозяйств по промышленному выращиванию мидий. При создании таких хозяйств особенно важным является выбор места постановки плотов-коллекторов. Для этого необходимо удовлетворять двум довольно противоречивым условиям. Во-первых, такое место должно быть хорошо закрыто от разрушающего волнового воздействия летом и подвижек льда весной, что может уничтожить мидиевое хозяйство. Таким условиям отвечают широко распространенные на Белом море глубоко врезаемые в сушу заливы и губы. Во-вторых, выбранное место должно отличаться наиболее интенсивным водообменом в верхних прогретых слоях воды как для обеспечения мидий достаточным количеством пищи, так и для устранения продуктов обмена, которые при массовом развитии моллюсков могут оказать неблагоприятное воздействие на все хозяйство. Однако водообмен сильно отчлененных заливов с морем зачастую затруднен. По этой причине в каждом перспективном для выращивания мидий месте крайне необходимо проводить исследование динамики вод.

Процесс формирования индуцированного прилива в акватории, соединенной с морем, определяется специфическими для нее условиями, которые определяют реакцию водной массы на воздействия приливного характера. При этом большую роль играет степень связанности акватории с открытым морем, т. е. площадь поперечного сечения и глубина соединительного пролива. Для индуцированного прилива имеет значение ориентация акватории относительно направления приливных движений в море (Некрасов, 1975).

Динамика поля скоростей приливных движений в акватории определяется и ее морфометрическими характеристиками. Даже при интенсивном водообмене через соединительные проливы не исключено существование застойных зон, где водообмен мал. По

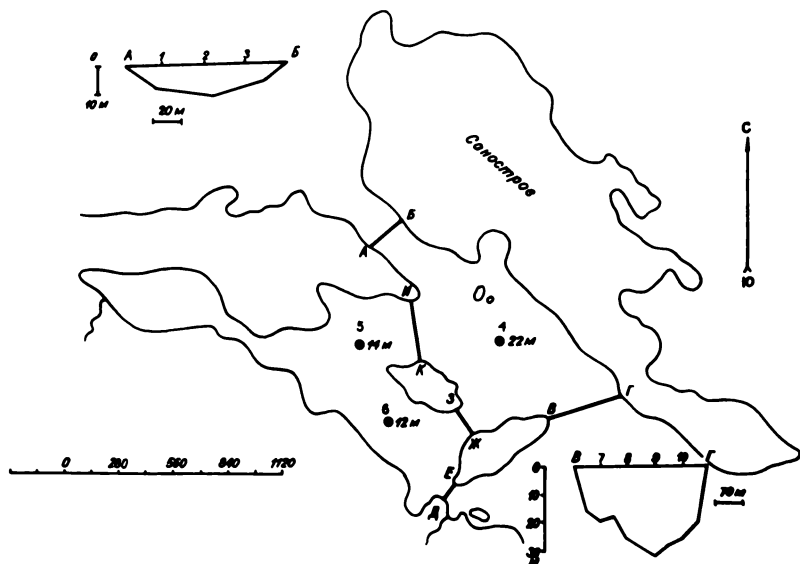


Рис. 1. Схема района работ

этой причине при поиске пригодных для устройства мидиевых хозяйств мест недостаточно изучать водообмен только лишь в соединительных проливах: необходимы подробные измерения и в самой акватории.

Перспективным местом для установки плотов-коллекторов является полузакрытая акватория в районе Сонострова (рис. 1), где ветровое волнение и подвижки льда, по-видимому, не представляют серьезной опасности. Водообмен акватории с морем осуществляется через проливы *АВ* и *ВГ*. В очень мелком проливе *ДЕ* обмен не существует.

Исследования течений проводились в период ледостава, когда на водную массу акватории исключено непосредственное воздействие ветра и, следовательно, водообмен с морем наименьший. Динамика вод в этот период определяется приливной волной, приходящей из бассейна Белого моря. Стоковые течения, вызванные впадением рек, очень слабы и применявшимся измерителем течений не могли быть зафиксированы.

Наблюдения за течениями проводились на 10 станциях, 7 из которых были выбраны в проливах, где скорости течений должны быть наибольшими (см. рис. 1). Особенность динамики вод в исследуемом районе такова, что течения имеют периодический характер и их характеристики, будучи изучены в течение одного приливного периода, могут быть распространены на другие приливотливные циклы. На акватории «Соностров» приливы носят полусуточный характер с периодом 12 ч. 25 мин, столько же времени требуется для проведения измерений течений.

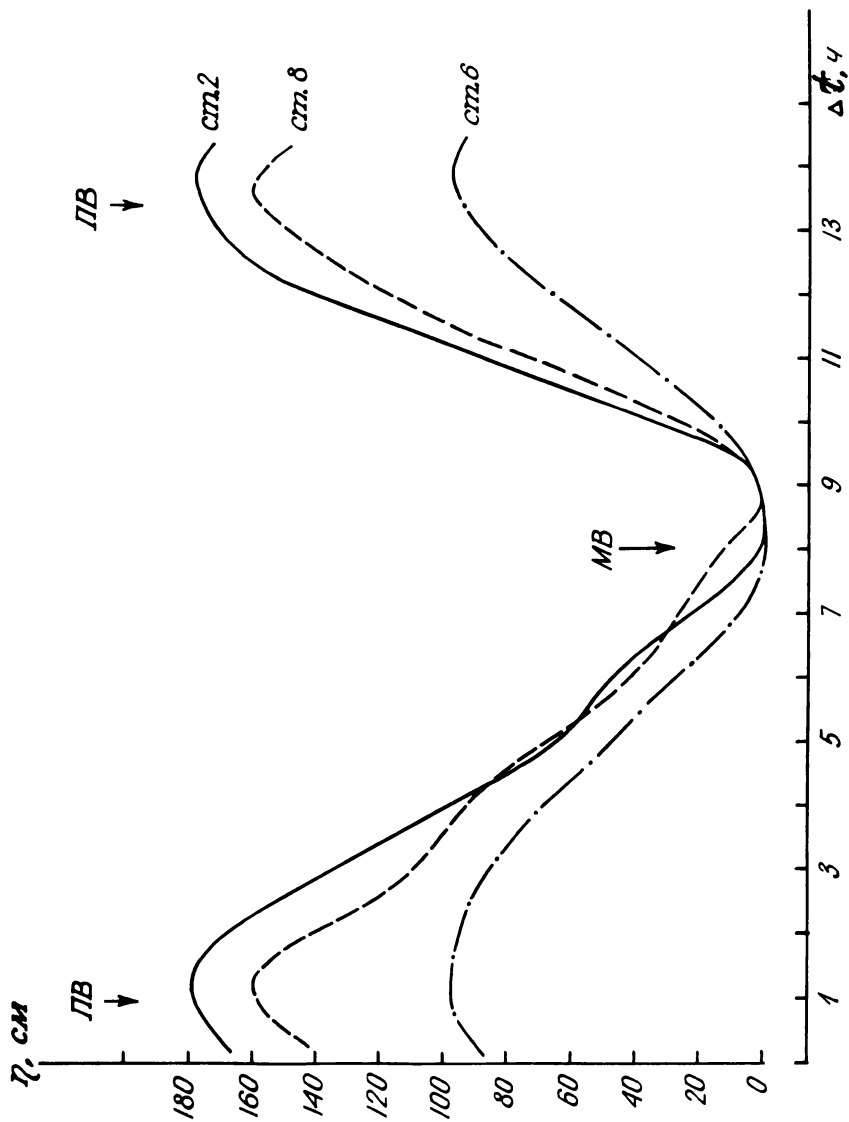


Рис. 2. Относительное изменение уровня моря на ст. 2, 8, 6

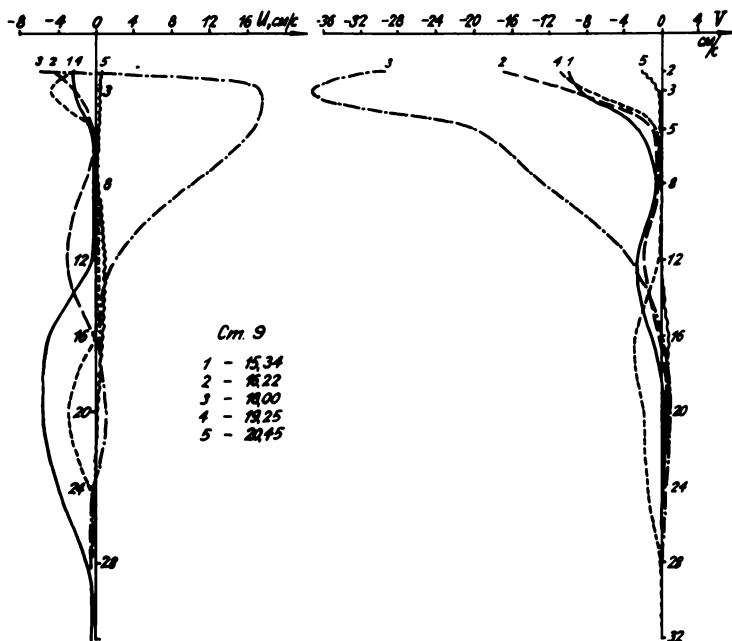


Рис. 3. Компоненты скорости течения на ст. 9 10.04.86 г.

Наблюдения за течениями выполнялись методом вертикального зондирования импульсной дистанционной вертушкой ИДВ-2М, модернизированной в Отделе водных проблем КФ АН СССР. Отличительной чертой ее является возможность регистрации скоростей течений, начиная с 1 см/с. Одновременно с измерениями течений на станциях проводились наблюдения за относительными изменениями уровня по вертикально натянутому тросу.

Основной водообмен акватории «Соностров» с морем осуществляется через более глубокий и широкий пролив ВГ. Так, глубина на ст. 9 достигает 32 м. Наблюдения свидетельствуют, что амплитуда колебаний уровня в этом проливе составляет 160 см (рис. 2). Стрелками отмечены моменты полной (ПВ) и малой (МВ) воды.

Из рисунка следует, что отлив продолжительней прилива и равен 7 ч 30 мин. Следовательно, приливные течения должны быть интенсивнее отливных. Это действительно так, однако картина течений очень сложна. На рис. 3—4 для станций разреза ВГ представлены эпюры составляющих скорости течения, разложенных на ось пролива (компонента V) и поперек него (компонента U). Положительные значения компонент соответствуют направлениям из акватории и на ЮЗ соответственно для V и U . Анализ данных свидетельствует об отсутствии чисто реверсивных течений, так как составляющая скорости течения поперек пролива соизмерима, а иногда и превосходит скорость вдоль него. Наибольшие скорости

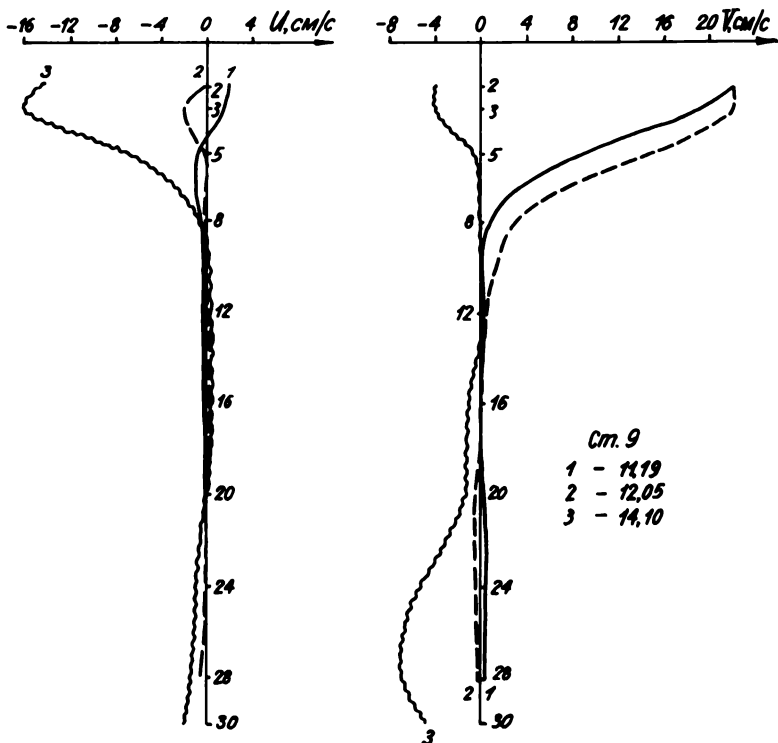


Рис. 4. Компоненты скорости течения на ст. 9 11.04.85 г.

течений наблюдаются, как правило, в слое 2—8 м. Существенно меньший максимум скоростей отмечается в придонных слоях.

Водообмен акватории с морем осуществляется только компонентой скорости V , совпадающей с осью пролива. Изменения ее на станциях разреза для горизонтов наблюдений в течение приливно-отливного цикла представлены на рис. 5—6. Наибольшие значения составляющей скорости отмечаются на ст. 9, 10, где они достигают 22—27 см/с при отливе и 28—36 см/с при приливе. Картины течений вдоль пролива через каждые 3 ч приливно-отливного цикла показаны на рис. 7. Моменты полной и малой воды соответствуют 9 и 15 ч. Скорости течений малы и не превышают 7—9 см/с. Отливу и приливу соответствуют моменты 12 и 18 ч. Скорости течений в это время сильно увеличиваются, достигая 26 см/с при отливе и 36 см/с при приливе, и носят струйный характер. Наиболее сложная картина течений складывается при отливе, когда в верхних слоях ст. 7 и нижних ст. 8—10 течение направлено из моря, а по остальному сечению — в море. При приливе почти все сечение пролива занято потоком вод из моря, но здесь оси течений локализованы (рис. 8).

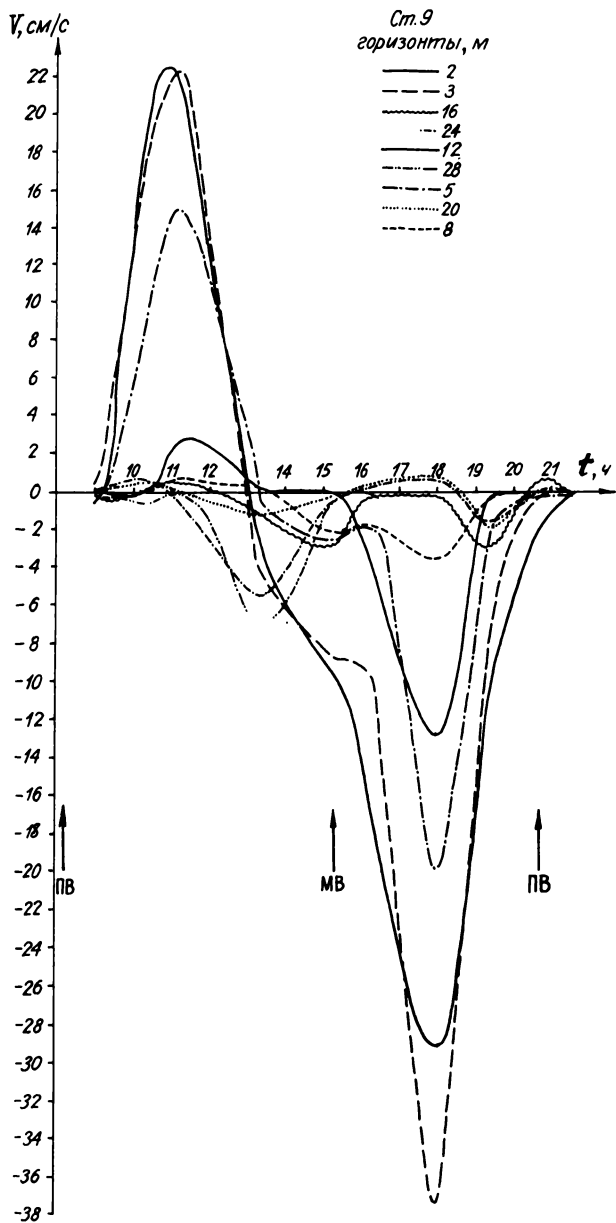


Рис. 5. Проекция скоростей приливо-отливного течения на ось пролива ВГ ст. 9 10.04.85 г

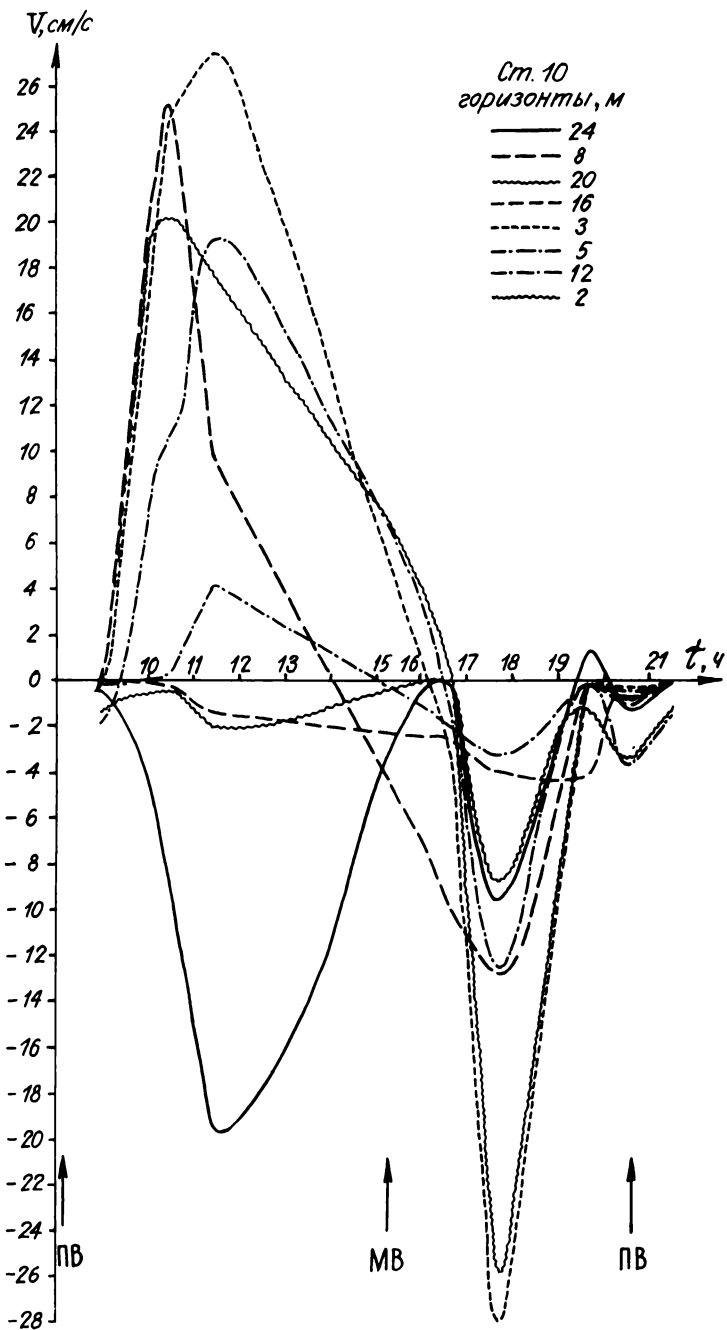


Рис. 6. Проекция скоростей приливо-отливного течения ст. 10 10.04.85 г

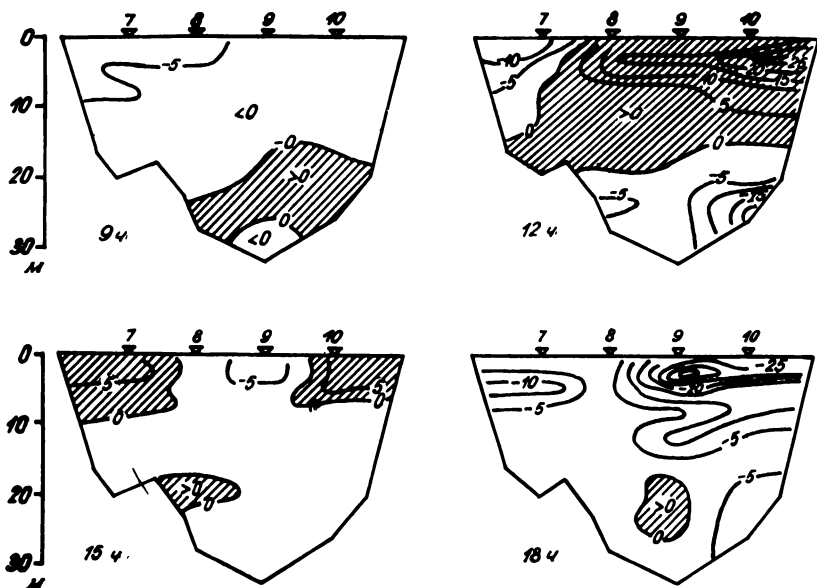
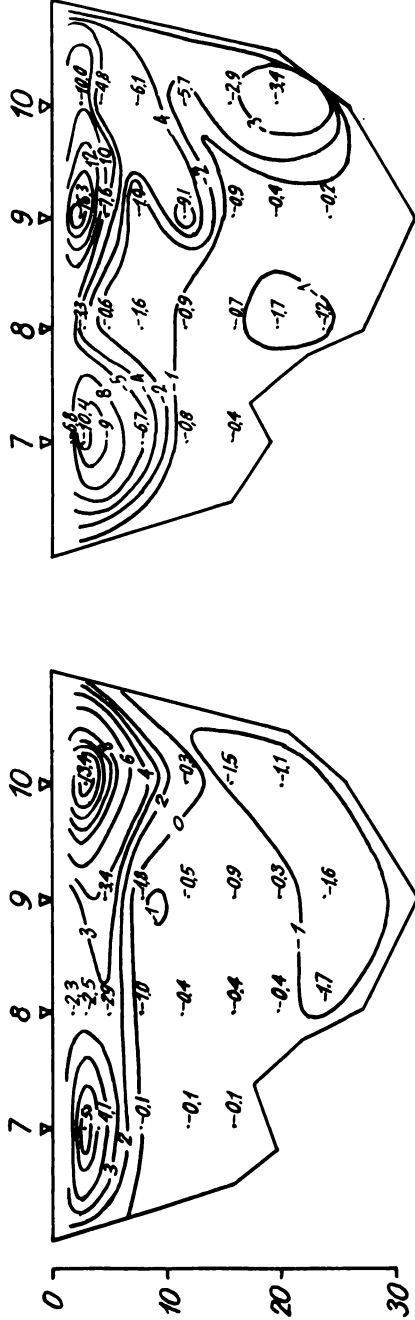


Рис. 7. Проекция скоростей приливо-отливного течения на ось пролива ВГ, 11.04.85 г.

Штриховкой обозначены области с течением, направленным в море

Во время отлива отток вод осуществляется главным образом в верхнем слое толщиной 6—7 м у берегов. Нижние слои охвачены слабым противотечением. При приливе течение в среднем направлено из моря по всему сечению. Эти течения переносят через пролив за весь приливо-отливной цикл около 2 млн. м³ воды в одну, а затем в другую сторону. Следует обратить внимание, что в «водообмене» через пролив участвует одна и та же водная масса, не перемешивающаяся с водами акватории. Об этом свидетельствует накопление к весне подо льдом на разрезе ВГ пресной речной воды, хотя расход речных вод очень мал.

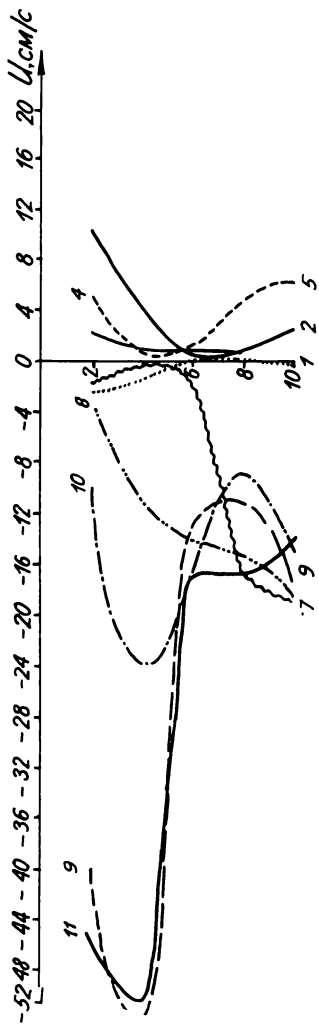
Другим источником поступления воды на акваторию Сонострова служит относительно мелкий и узкий пролив АБ. Основные наблюдения за течениями и уровнем моря проводились на ст. 2. Течения на ст. 1 и 3 были подобны течениям на ст. 2. Амплитуда колебаний уровня здесь составляла 180 см (см. рис. 2). Экстремальные значения наступали на 30—35 мин позже моментов полной и малой воды. Из-за столь значительных изменений уровня и малости поперечного сечения пролива скорости течений на ст. 2 были велики, достигая на горизонте 4 м 52 см/с (рис. 9). Отличительной чертой и этого пролива является отсутствие реверсивных течений. Здесь компоненты скоростей течений поперек пролива иногда превосходили компоненты вдоль него. Это, по-видимому, результат влияния морфометрии пролива.



а Прилив

б Отлив

Рис. 8. Средние значения проекций скоростей приливо-отливного течения на ось пролива Vt
 а с 9 до 16 ч, б 17 до 21 11 04 85 г



- Ст. 2
- | | |
|----|-------|
| 1 | 10.26 |
| 2 | 11.22 |
| 4 | 14.25 |
| 5 | 15.10 |
| 7 | 17.15 |
| 8 | 18.30 |
| 9 | 18.54 |
| 10 | 19.15 |
| 11 | 19.45 |

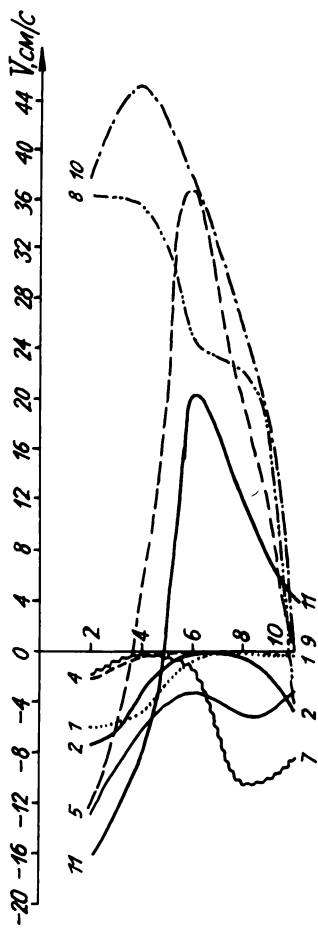


Рис. 9. Компоненты скоростей приливо-отливного течения на 2 7.04.85 г

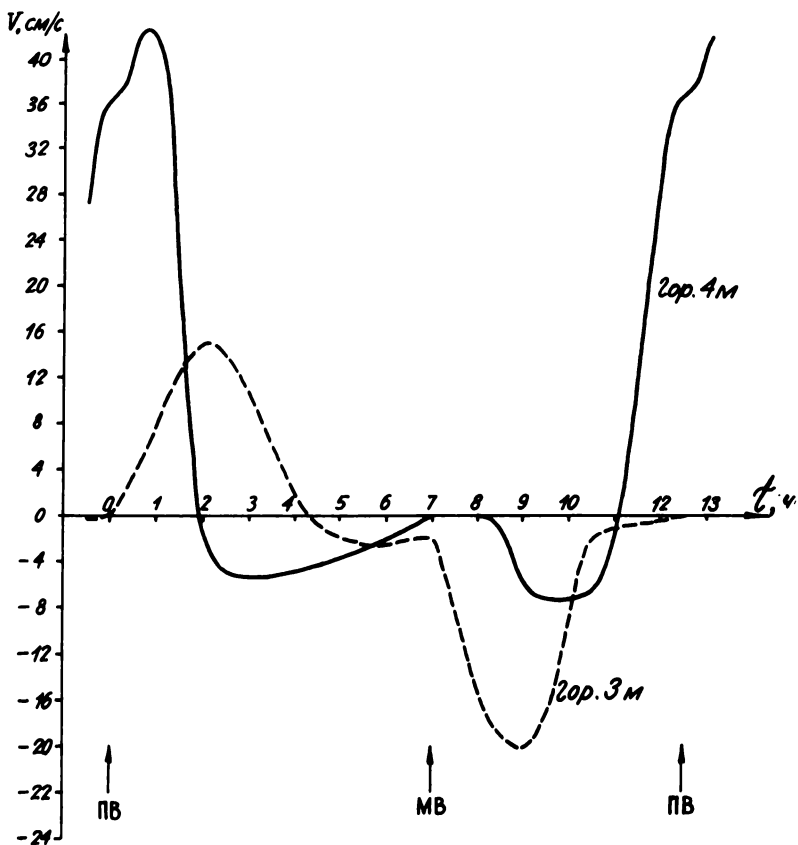


Рис. 10. Проекция скоростей приливо-отливного течения на ось пролива на ст. 2 (сплошная линия) и ст. 9 (пунктирная линия)

Сравнивая характер течений в проливах AB и $BГ$ (рис. 10), отметим, что максимумы скорости течения на разрезе $BГ$ запаздывают на 2 ч относительно моментов полной и малой воды, а на разрезе AB наибольшая скорость совпадает с наступлением полной воды и минимальна при малой. На ст. 2 всего 3,5 ч сильные течения направлены из моря, а остальное время приливо-отливного цикла — из акватории «Соностров».

С удалением от проливов скорости приливо-отливных течений значительно уменьшаются. Примером этому служат материалы наблюдений на ст. 4 (рис. 11), расположенной на оси пролива. Скорости течений здесь не превышали 8 см/с и были направлены преимущественно поперек пролива. Еще меньшие скорости отмечались на ст. 5 и 6. Чувствительности крыльчатки вертушки недостаточно для регистрации столь малых скоростей течений, однако, учитывая большую чувствительность вертушки на направление

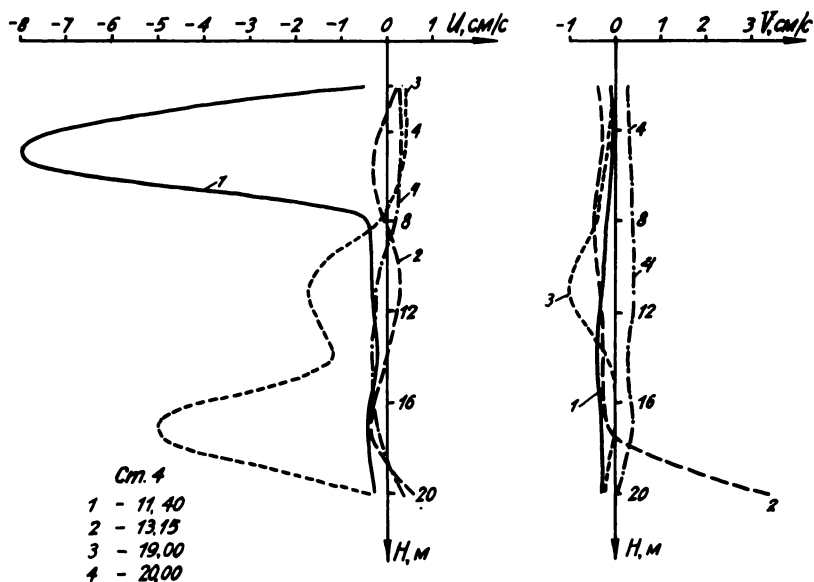


Рис. 11. Компоненты скорости приливо-отливного течения на ст. 4 08.04.85 г.

течений, при разложении вектора течений на компоненты скорость принималась равной пороговой чувствительности вертушки — 1 см/с. По этой причине полученные эпюры носят гипотетический характер. С уверенностью можно лишь утверждать, что на ст. 6 только в отдельные промежутки времени скорости течений на горизонте 8 м могут достигать 1,1—1,2 см/с. Это равносильно удалению вод от ст. 6 на расстояние до 300 м и возвращению вновь. В придонных и поверхностных слоях воды течения практически отсутствуют.

Особый интерес представляют изменения уровня моря на ст. 6 (см. рис. 2). Амплитуда колебаний его составляет всего около 100 см, т. е. на 60—80 см меньше, чем в проливах *АБ* и *ВГ*. Такой большой наклон уровня — 60 см/км — свидетельствует о затрудненном водообмене через проливы *ЖЗ* и *ИК*. В период открытой водной поверхности следует ожидать увеличения водообмена акватории «Соностров» с морем вследствие развития ветровых течений.

В заключение отметим, что водообмен акватории, ограниченной проливами *ДЕ* — *ЖЗ* — *ИК* в период ледостава мал, и, очевидно, этот район мало пригоден для организации крупного мидиевого хозяйства. Для этих целей более приемлема акватория *АБ* — *ВГ* — *ЖЗ* — *ИК*, однако в летний период она будет подвергаться ветроволновому воздействию, естественно, не в такой сильной степени, как открытая акватория.

ЛИТЕРАТУРА

- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л.* Теоретические основы культивирования мидий в Белом море.— Л.: Наука. 1983.— 35 с.
- Некрасов А. В.* Приливные волны в окраинных морях.— Л.: Гидрометиздат. 1975.— 247 с.

Summary

A description of tidal current dynamics in straits off the Sonostrov Island in winter based on the analysis of data obtained by instrumental measuring is given. Comparative characteristics of water exchange between the waters off the Sonostrov Island and the open sea are presented.

К ВОПРОСУ О РОЛИ ВОДООБМЕНА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МИДИЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ НА БЕЛОМ МОРЕ

А. И. Бабков, Э. Е. Кулаковский

On the problem of water exchange role in organising and exploiting mussel aquaculture in the White Sea. A. I. Babkov, E. E. Kulakovski

В настоящее время на Белом море начаты широкомасштабные работы по организации мидиевых хозяйств. Предпосылкой этому явились многолетние исследования Зоологического института АН СССР по развитию мидий в условиях ее культивирования. Была разработана и успешно испытана в эксперименте биотехнология выращивания мидий в режиме подвешной марикультуры с учетом специфических условий Белого моря (Кулаковский, Кунин, 1983).

В 1983 г. совместными усилиями ЗИН АН СССР и ПО «Карел-рыбпром» (Петрозаводск) поставлено первое опытно-промышленное мидиевое хозяйство площадью 1 га. Цель постановки такого хозяйства — отработка в масштабах, приближающихся к промышленным, тех биотехнологических приемов, которые получены в эксперименте. Исходя из этой задачи, опытно-промышленное хозяйство было поставлено в этом же самом месте, где проводились эксперименты. Для этой акватории, расположенной возле мыса Картеш Чупинской губы Кандалакшского залива, в 1979 г. был довольно подробно исследован характер водообмена (Бабков и др., 1985).

При организации опытно-промышленного мидиевого хозяйства с самого начала по ряду причин биотехнология была значительно видоизменена (Житный и др., 1984). В результате на хозяйстве сложилась следующая ситуация. На довольно ограниченной акватории образовалась значительная плотность искусственных субстратов, используемых для выращивания мидий. Каждый такой субстрат представляет собой отрезок капроновой дели длиной 3 м и шириной около 20 см. Всего на хозяйстве в 1983 г. было выставлено 16 тыс. этих субстратов. В качестве носителей искусственных субстратов использовались ящики, заполненные пенопластом, которые по мере роста мидий на искусственных субстратах, постепенно погружались в воду. Ящики тесно примыкали друг к другу, так что в поверхностном слое воды образовалась плотная «стена». И, наконец, секции, на которые монтировались отдельные субстраты, не были жестко закреплены на нижней поверхности носителей, а располагались на поверхности, что привело к сближению отдельных секций между собой и образованию сплошных рядов искусственных субстратов. Оседание молодежи мидий на искусственные субстраты хозяйства в 1983 г. происходило аналогично эксперименту (Кулаковский, Кунин, 1982), и осенью этого же года на всех субстратах находилось около 9 млрд. особей, средний размер которых составлял 1,3 мм. К концу 1984 г. на всех субстратах

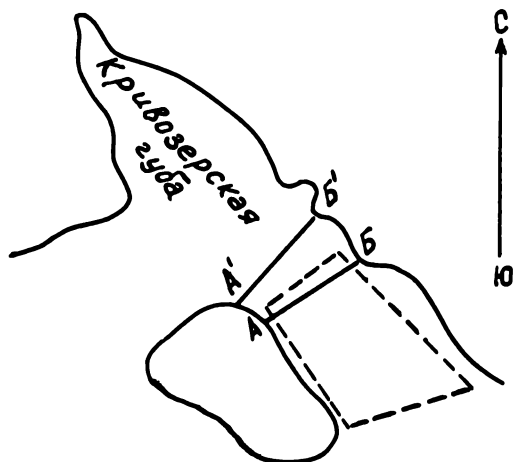


Рис. 1. Картограмма района работ:

А—Б — створ измерений течений в 1979 г., А—Б — створ измерений течений в 1985—1986 гг., прерывистой линией показана площадь, занятая плотами-коллекторами в 1985 г.

хозяйства находилось 395 млн особей, средний размер которых составлял 8 мм, а общая биомасса достигала 105 т.

Образование такой высокой плотности мидий на ограниченной акватории, учитывая особенности расположения носителей и искусственных субстратов, привело к значительному ухудшению условий для роста мидий, особенно в центральной части хозяйства. В этой части хозяйства на искусственных субстратах резко возросло количество *Hiatella arctica* и *Molgula sp.*, а также произошло бурное развитие диатомовых водорослей — *Amfipleura rutilans* и *Melosira moniliformes*, которые буквально, как шубой, покрыли субстраты. Интенсивное развитие представителей этого комплекса свидетельствует о слабом водообмене, об образовании застойных зон. Для количественной характеристики водообмена с учетом изменившихся, по сравнению с экспериментом, условий весной 1985 г. на акватории были повторно проведены измерения течений с помощью автономных самописцев БПВ-2 и БПВ-2р. Измерения выполнялись со льда на разрезе, перпендикулярном осевой линии пролива, в 4 точках и на 2—3 горизонтах в каждой из них. Выдержка самописцев на каждом горизонте составляла не менее суток. Следует отметить, что створ измерений течений в 1985 г. был несколько смещен к северо-западу по отношению к створу измерений в 1979 г., но это смещение настолько незначительно, что само по себе не могло быть причиной сколько-нибудь существенного различия в величинах водообмена (рис. 1). Тем не менее водообмен в проливе к 1985 г. существенно изменился, и причина этого изменения — характер постановки конструкций опытно-промышленного хозяйства. Результаты обработки измерений течений представлены

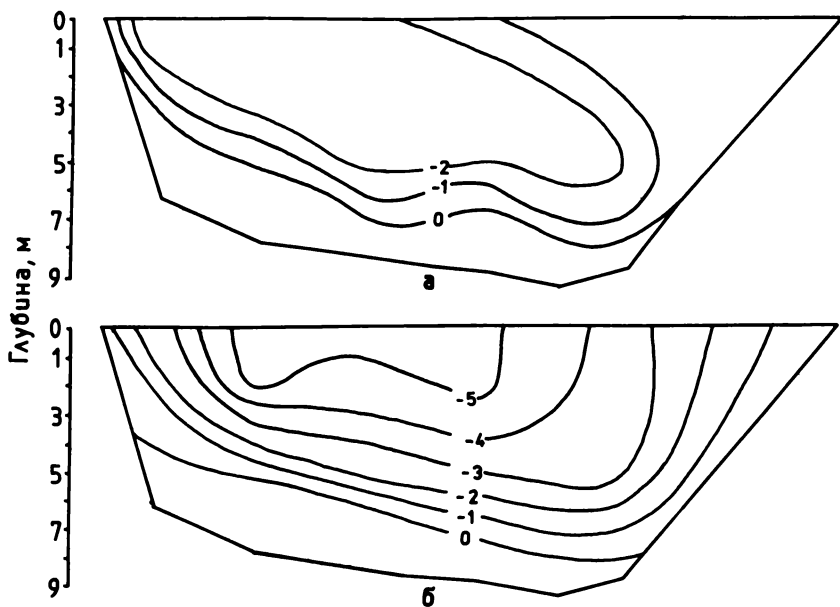


Рис. 2. Изотахи на створе измерений 1985 г.:

а — на стадии прилива, б — на стадии отлива. Оцифровка изотах — скорость течения в см/с; положительные значения соответствуют северо-западному течению, отрицательные — юго-восточному

на схеме изотах для стадии прилива (рис. 2а) и для стадии отлива (рис. 2,б) и в таблице.

Судя по схемам изотах, искусственные субстраты и их носители почти полностью преградили путь струе течения, поступавшего с приливом в Кривозерскую губу. В результате этого на стадии прилива струя течения слабо проявлялась лишь в придонном горизонте. На стадии отлива характер течения мало изменился: почти по всему сечению прослеживается явно выраженный поток юго-восточного направления, и лишь в придонном горизонте наблюдается северо-западное противотечение.

Характеристики водообмена по измерениям в 1979, 1985 и 1986 гг

Характеристики водообмена	1979	1985	1986
Площадь поперечного сечения створа измерений, м ²	600	510	510
Количество воды, проходящей через створ измерений за полусуточный период, м ³	1,1 · 10 ⁶	0,45 · 10 ⁶	0,57 · 10 ⁶
Средний секундный расход на створе измерений, м ³ /с	24,6	10	12,8
Количество воды (м ³), проходящей через 1 м ² поперечного сечения створа измерений за полусуточный период	1833	887	1121

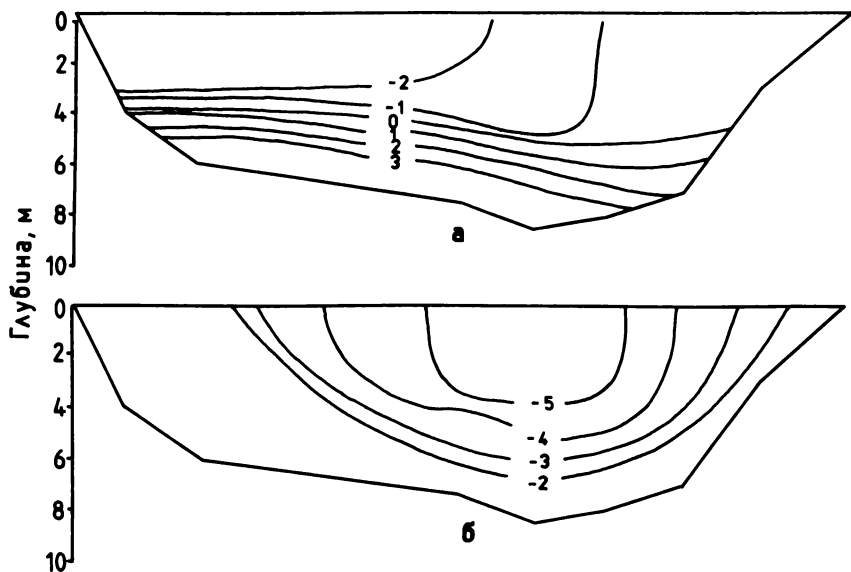


Рис. 3. Изотехи створа измерений 1986 г.
Обозначения те же, что на рис. 2.

Дополнительные данные о влиянии конструкций-носителей и искусственных субстратов, заселенных мидией, на водообмен получены в результате весенних исследований 1986 г. Основанием для проведения этих работ послужило то обстоятельство, что в начале осени 1985 г. третья часть всех субстратов хозяйства вместе с их носителями была переведена в рядом расположенную бухту Круглая. Таким образом, образовалась определенная «разрядка» мидиевого хозяйства, и необходимо было выяснить, как эта операция повлияла на характер водообмена.

Постановки самописцев течений осуществлялись аналогично предыдущим годам и практически на том же самом створе (А—Б, рис. 1), что и в 1985 г. Результаты измерений представлены в виде схемы изотех (рис. 3, а, б) и соответствующих расчетов, включенных в таблицу. Сравнивая данные, приведенные на рис. 2 и 3, видно, что общий характер водообмена сохранился, но его количественные характеристики изменились в сторону увеличения, что и следовало ожидать (см. таблицу).

Данные по водообмену, полученные в результате вышеприведенных исследований, позволили дать обоснованные рекомендации по размещению вновь организованного мидиевого хозяйства в районе Сонострова и, кроме того, наметить конкретные мероприятия по улучшению водообмена на хозяйстве, поставленном в 1983 г.

Таким образом, показатели водообмена представляют хороший тест, позволяющий судить о состоянии мидиевого хозяйства в целом. Параметры водообмена должны контролироваться в каждый

сезон существования хозяйства и, при необходимости, приниматься соответствующие меры для восстановления исходного водообмена.

Водообмен является одним из основных факторов при организации крупных промышленных мидиевых хозяйств; им определяется обеспечение моллюсков необходимым кормом, удаление продуктов метаболизма, в конечном счете решение основного вопроса марикультуры — каково должно быть оптимально количество мидий, выращиваемых на данной акватории. Определение места будущих мидиевых хозяйств охватывает целый комплекс разносторонних исследований и, только рассматривая и сопоставляя все основные характеристики среды с точки зрения марикультуры, можно с достаточной степенью вероятности определить это место. Без такого комплексного подхода ни один из основных факторов, определяющих соответствие выбираемого места задачам культивирования, ни в коей мере не будет служить залогом успешного развития мидиевых хозяйств, начало которым положено на Белом море.

ЛИТЕРАТУРА

- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л.* Гидрологический режим некоторых районов губы Чупа Белого моря в связи с их использованием для марикультуры мидий. // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры в Белом море.— Л.: изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 4—8.
- Житний Б. Г., Кулаковский Э. Е., Неветов В. А.* Проблемы промышленной марикультуры мидий в Белом море. // Рыбное хозяйство. 1984. № 8. С. 37—39.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л.* Предварительные результаты по выращиванию мидий на искусственных субстратах в условиях Белого моря. // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры фауны Белого моря.— Л.: изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1982. С. 36—55.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л.* Теоретические основы культивирования мидий в Белом море.— Л.: Наука. С. 3—35.

S u m m a r y

Rates of tidal current in the region of experimental — commercial mussel culture farm, located in the Chupa Inlet of the White Sea were measured in spring 1979, 1985 and 1986. The main characteristics of water exchange were calculated. The relation of water exchange with the density of artificial substrata on the farm was shown. The influence of water exchange on the development of mussel settlement on artificial substrata is discussed.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ГИДРОХИМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ ВОД В РАЙОНЕ МИДИЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ СОНОСТРОВА БЕЛОГО МОРЯ

Г. И. Несветова

Preliminary data on the hydrochemical water regime of the Sonostrov's mussel culture farm in the White Sea. G. I. Nesvetova.

Одним из основных объектов питания мидий является фитопланктон. Изучение в связи с этим биогенно-химической основы первичного продуцирования в районах мидиевых плантаций представляет не только теоретическое, но и практическое значение. Другим аспектом исследований в этом плане является контроль кислородного режима придонных вод, ибо мощный поток органических веществ, выделяемых моллюсками-фильтраторами в условиях культуры, способен при соответствующих благоприятных факторах привести к возникновению бескислородных зон.

В течение 1985 г. в районе размещения экспериментального мидиевого хозяйства (Соностров Белого моря) были выполнены 3 океанологических съемки, включающие определения температуры, солёности, растворенного кислорода, фосфатов, кремнекислоты, нитратного и нитритного азота и сероводорода. Время выполнения работ — апрель, июль и октябрь. Анализы проводились в соответствии с методиками, принятыми в отечественной гидрохимии.

Автор в полной мере осознает, что единичные наблюдения, выполненные в течение 1985 г., не могут дать полной картины гидрохимического режима вод в исследуемом районе. Представленный анализ является предварительным, что вполне соответствует названию работы.

Первая съемка, выполненная в апреле, показала, что при отрицательных температурах и солёности 26—27‰ содержание биогенных элементов было на уровне предвесенних стартовых концентраций (таблица). Фотосинтез в этот период еще не начался, о чем свидетельствует недонасыщение вод кислородом (87—90%).

Для оценки обеспеченности фитопланктона питательными солями пользуются отношением Si:N:P, которое служит показателем соответствия концентраций этих элементов в среде и растительных клетках первичных продуцентов. Стехиометрическое соотношение элементов биогенного цикла в клетках фитопланктона составляет Si:N:P=22:16:1 (Максимова, 1977). Очевидно, что аналогичное соотношение в среде будет создавать оптимальный фон для первичного продуцирования.

Анализ величин Si:N:P, рассчитанный для исследованной акватории в апреле (на поверхности — 30:14:1, у дна — 22:12:1), показал, что элементами, лимитирующими уровень первичной продук-

Гидрологические и гидрохимические показатели вод в районе мидневых хозяйств (Соностров Белого моря) в 1985 г.

Номер станции	Горизонт, м	t °C	S ‰	O ₂ , мл/л	O ₂ , %	P-PO ₄	H ₂ SiO ₃	N-NO ₂	N-NO ₃
2	0	-1,91	26,11	7,84	87,1	0,47	14,1	0,013	6,42
	11	-1,23	27,14	7,88		0,59	12,6	0,022	7,45
					6.04.85				
1	0	14,93	17,8	6,54	103,3	0,15	13,7	0,12	0,07
		14,11	20,2	6,43	101,4	0,15	11,2	0,06	0,00
	5	13,13	24,1	6,22	98,4	0,15	7,9	0,08	0,05
		13,88	24,4	6,39	102,9	0,15	7,8	0,06	0,00
7		12,94	24,4	6,23	98,3	0,15	9,8	0,12	0,19
		12,74	24,3	5,82	91,4	0,30	9,8	0,08	0,05
						31.07.85			
2	0	14,52	19,56	6,51	103,0	0,15	10,9	0,08	0,05
		14,18	20,54	6,53	103,3	0,15	11,6	0,04	0,02
	5	13,16	24,30	6,32	100,2	0,15	7,8	0,08	0,05
		13,88	23,54	6,45	103,2	0,15	8,7	0,05	0,08
10		11,40	24,75	6,12	94,3	0,15	10,0	0,08	0,92
		12,83	24,52	6,18	97,3	0,42	8,2	0,03	0,03

3	12	$\frac{3,56}{2,26}$	$\frac{23,92}{25,18}$	$\frac{6,27}{4,50}$	$\frac{79,4}{55,6}$	$\frac{0,26}{0,42}$	$\frac{8,0}{10,6}$	$\frac{0,15}{0,11}$	$\frac{0,91}{0,02}$
	0	$\frac{15,23}{14,42}$	$\frac{19,86}{21,44}$	$\frac{6,62}{6,62}$	$\frac{106,6}{105,7}$	$\frac{0,15}{0,15}$	$\frac{11,1}{9,4}$	$\frac{0,12}{0,07}$	$\frac{0,01}{0,00}$
5	5	$\frac{13,02}{13,72}$	$\frac{24,89}{24,41}$	$\frac{6,30}{6,36}$	$\frac{100,0}{102,1}$	$\frac{0,15}{0,26}$	$\frac{7,4}{7,8}$	$\frac{0,10}{0,07}$	$\frac{0,01}{0,00}$
	10	$\frac{9,46}{12,70}$	$\frac{25,30}{24,58}$	$\frac{6,11}{6,23}$	$\frac{89,9}{97,9}$	$\frac{0,26}{0,31}$	$\frac{11,4}{8,1}$	$\frac{0,07}{0,07}$	$\frac{0,87}{0,00}$
12	12	$\frac{3,04}{2,65}$	$\frac{25,57}{24,55}$	$\frac{6,75}{6,27}$	$\frac{85,2}{77,8}$	$\frac{0,26}{0,38}$	$\frac{15,1}{14,9}$	$\frac{0,26}{0,12}$	$\frac{0,68}{0,01}$
					21.10.85				
1	5	3,93	26,00	6,87	88,9	0,29	12,0	0,07	5,05
	10	3,96	26,47	6,83	88,8	—	—	—	—
2	5	4,04	26,21	6,79	88,3	0,09	10,7	0,06	4,70
	10	4,13	26,54	6,73	88,0	—	—	—	—
3	5	4,01	25,91	6,89	89,2	—	—	—	—
	10	4,08	26,10	6,75	87,8	—	—	—	—
13	13	3,97	26,60	6,59	85,8	—	—	—	—

Примечание. Содержание фосфатов, кремниевой кислоты, нитритов, нитратов приведено в мкг-ат/л; числитель — значения на малой воде; знаменатель — значения на полной воде.

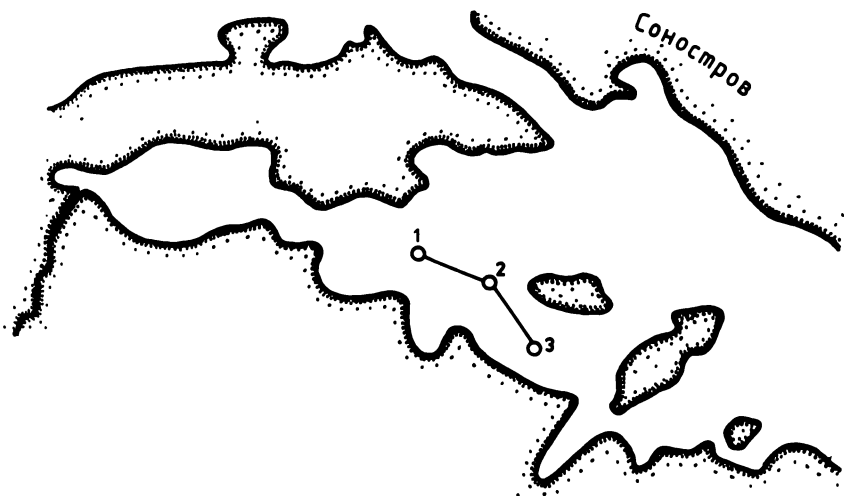


Рис. 1. Схема расположения станций в районе Сонострова Белого моря:
 ст. 1 — $\varphi=66^{\circ}09'53\text{п}$, $\varphi=34^{\circ}12'2\text{E}$; ст. 2 — $\lambda=66^{\circ}09'9\text{N}$, $\varphi=34^{\circ}12'8\text{E}$; ст. 3 — $\lambda=66^{\circ}09'7\text{N}$, $\varphi=34^{\circ}13'1\text{E}$

ции, являются соединения азота. Это подтверждают исследования М. П. Максимовой (Максимова, 1978).

В конце июля в районе расположения мидиевых плантаций была выполнена более подробная съемка (см. табл.), позволяющая оценить потенциальную трофность региона и степень влияния приливо-отливных процессов на гидрохимический режим вод. Схема положения станций показана на рис. 1.

На рис. 2—4 представлены графики вертикального распределения абсолютных и относительных концентраций кислорода, фосфатов, кремнекислоты, нитритов и нитратов на малой и полной воде, что позволяет наглядно проследить динамику изменчивости гидрохимических показателей на отливе и приливе.

На графиках распределения кислорода (см. рис. 2, а, б, в, г) видно, что во время прилива содержание кислорода у дна значительно понижается и составляет около 55% насыщения. Анализы на присутствие сероводорода дали отрицательные результаты, но следует подчеркнуть, что в данном районе существуют условия для возникновения зон аноكсии. Химическим условием возникновения и распространения анаэробных зон является превышение скорости потребления кислорода (в основном на биохимическое окисление органических веществ) над скоростью его поступления. Эти условия легче всего реализуются при слабой вертикальной циркуляции и высокими скоростями потоков продуктов метаболизма.

Р. Хорн (Хорн, 1972) указывает на следующие основные особенности анаэробных вод:

— исчезновение кислорода и параллельное с ним исчезновение нитритов и нитратов в результате денитрификации;

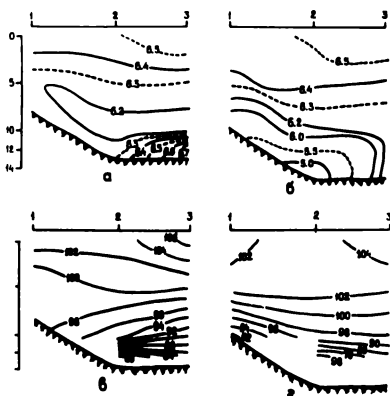


Рис. 2. Вертикальное распределение абсолютных (а, б) и относительных (в, г) концентраций кислорода на малой воде (а, в) и полной воде (б, г) в районе Сонострова Белого моря

- восстановление (сульфатредукция) сульфатных ионов и продуцирование сероводорода;
- понижение окислительно-восстановительного потенциала до отрицательных значений;
- накопление органических форм биогенных элементов;
- накопление биогенных соединений — аммиака, фосфатов, силикатов, концентрации которых значительно выше, чем в поверхностной воде.

Эти позиции могут служить основой при тестировании вод на предмет возникновения сероводородных зон.

При низкой концентрации кислорода придонные воды исследуемой акватории содержат чрезвычайно малые количества нитритов и нитратов (см. рис. 4, а, б, в, г), концентрации последних примерно на порядок увеличиваются на малой воде. Очевидно,

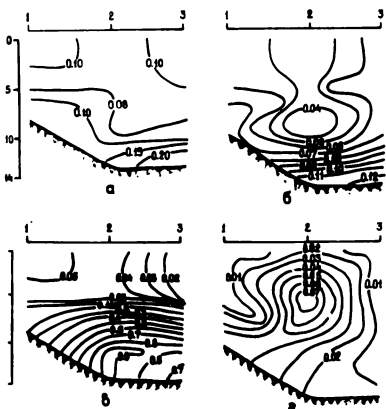


Рис. 3. Вертикальное распределение фосфатов (а, б) и кремниевой кислоты (в, г) на малой (а, в) и полной (б, г) воде в районе Сонострова Белого моря

Рис. 4. Вертикальное распределение нитритов (а, б) и нитратов (в, г) на малой (а, в) и полной (б, г) воде в районе Сонострова Белого моря

эти элементы присутствуют в основном в органических соединениях, на что указывается в работе (Максимова, 1978). Содержание фосфатов в придонных водах на малой воде находится на уровне следовых концентраций, приливы обогащают фосфатами придонные слои, их содержание увеличивается примерно в 2 раза (см. рис. 3, а, б). Содержание кремнекислоты в конце июля находится на уровне предвесенних концентраций, на поверхности и у дна они примерно одинаковы, несколько пониженное содержание наблюдается в промежуточных слоях (см. рис. 3, в, г).

Вымет половых продуктов у мидий Белого моря (*Mytilus edulis* L.) происходит обычно в конце июня и приобретает массовый характер с июля по август (Кулаковский, Кунин, 1983). Очевидно, что в это время можно ожидать максимального потока в среду органических веществ. В период наших исследований — в конце июля — содержание кислорода у дна резко понизилось (до 55% насыщения); в августе, когда вымет половых продуктов носит еще массовый характер, возможно дальнейшее уменьшение кислородонасыщения придонных вод (наблюдений в этот период не было) и возникновения аноксических зон. Контроль за состоянием среды в это время необходим.

К октябрю происходит выхолаживание вод, среднее насыщение вод кислородом 86—89%, что свидетельствует об отсутствии фотосинтеза. Происходит минерализация органических форм азота — количество нитратов на поверхности возрастает до 5 мкг-ат/л, а концентрации фосфатов все еще низки — 0.1—0.2 мкг-ат/л (см. табл.).

Проведенные исследования позволяют сделать заключение о том, что элементами, лимитирующими уровень трофности вод акватории Сонострова, являются нитраты и фосфаты. Концентрации кремнекислоты значительны во все сезоны наблюдений и не лимитируют процессы фотосинтеза. В июле и августе следует контролировать кислородный режим придонных вод акватории.

ЛИТЕРАТУРА

- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море.— Л.: Наука. 1983.— 36 с.
- Максимова М. П. Критерии оценки степени обеспеченности фитопланктона питательными солями. // Тр. ВНИРО. 1977. Т. 119. Вып. 2. С. 6—15.
- Максимова М. П. Содержание биогенных элементов и баланс азота, фосфора, кремния в Белом море. // Океанология. 1978. Т. 18. Вып. 1. С. 58—64.
- Методы гидрохимических исследований океана.— М.: Наука. 1978.— 272 с.
- Химия океана.— М.: Наука. 1979. Т. 1.— 518 с.
- Хорн Р. Морская химия.— М.: Мир. 1972.— 398 с.

Summary

Some data on temperature, salinity, dissolved oxygen, phosphates, silic acid, nitrate and nitrite nitrogen and sulphurated hydrogen in April, July and October 1985 are given. Comparative characteristics of trophic conditions of the region and the effect of tidal currents on the hydrochemical water regime are presented.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МОРСКОЙ ВЗВЕСИ В РАЙОНАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МИДИЕВЫХ ХОЗЯЙСТВ НА БЕЛОМ МОРЕ

Л. Н. Кучаева, Т. И. Ананьева, Ю. И. Маслов,
А. А. Михайлов, О. Е. Дроевский

Investigation of biochemical composition of marine particulate matter in regions
of experimental *Mytilus edulis* plantations in the White Sea.
L. N. Kuchayeva, T. I. Ananyeva, Y. I. Maslov, A. A. Mikhailov, O. E. Droyevsky

Основным источником пищи для мидий — перспективного объекта марикультуры (Кулаковский, Кунин, 1983) — служит морская взвесь, состоящая из живых организмов и детрита. Скорость роста и, вероятно, качество мяса мидий в условиях марикультуры определяются количеством и составом морской взвеси. Биохимический анализ морской взвеси может иметь важное значение при оценке кормовой базы мидий, в том числе и в условиях марикультуры.

Литературные данные по биохимическому составу взвеси или ее компонентов немногочисленны и относятся к различным районам Мирового океана (Парсонс и др., 1982; Loo, Rosenberg, 1983; Fabiano et al., 1984; Liebezeit, 1984). Целью настоящей работы являлось определение содержания белков, углеводов, жирорастворимых веществ и аминокислот в морской взвеси в районах культивирования мидий на Белом море.

Методы исследования

Объектом исследования служила морская взвесь, собранная в июне—ноябре 1985 г. около мидиевых хозяйств в Чупинской губе и у Сонострова (Белое море). Морскую взвесь собирали активным и пассивным способом. Активный способ сбора состоял в протягивании планктонной сетки, изготовленной из капронового мельничного сита № 64 и 67, за движущимся судном (скорость порядка 2 км/ч) на глубине 0—100 см. Активным способом была собрана взвесь около мидиевых хозяйств в бухте Иванов Наволок и у Сонострова. При пассивном отборе проб использовалось оригинальное устройство, позволяющее улавливать взвесь, входящую и выходящую из мидиевого хозяйства. Пассивным способом собрана взвесь с глубины 2,5—3,0 м из мидиевого хозяйства в проливе у м. Картеш.

Собранную в море взвесь отфильтровывали на крупнопористом бумажном фильтре. Пробы фиксировали с помощью лиофилизации, перед анализом растирали в фарфоровой ступке и сушили до постоянной массы в вакуум-эксикаторе над фосфорным ангидридом. В абсолютно сухом материале определяли белки — после от-

деления небелкового азота посредством осаждения белков трихлоруксусной кислотой, минерализации белков в концентрированной серной кислоте, аммиак определяли с реактивом Несслера (Смирнова-Иконникова, Ермаков, 1972; Гавриленко, 1975; Чернавина и др., 1978); углеводы — с антроновым реактивом после гидролиза материала в серной кислоте (Арасимович, 1972); жирорастворимые вещества — по обесцвечиванию бихромата в результате реакции с жирорастворимыми веществами, экстрагированными из пробы смесью хлороформа и этанола и очищенными от водорастворимых загрязнений (Bligh, Dyer, 1959; Цыпленков, Попов, 1979). Для анализа аминокислот пробу материала гидролизovali в 6-нормальной соляной кислоте при нагревании (110°), выпаривали раствор соляной кислоты, и остаток аминокислот хроматографировали на автоматическом анализаторе аминокислот ААА-81 по стандартной методике.

Результаты и обсуждение

Взвесь, собранная около мидиевых хозяйств на Белом море, состояла из фито-, зоопланктона и детрита. Фитопланктон представлен диатомовыми водорослями: несколько видов *Chaetoceros*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia-Navicula*, *Coscinodiscus*, *Melosira*, *Rhizosolema sp.* Среди перидиниевых водорослей отмечены *Ceratium tripos*, *Ceratium fusus*. В зоопланктоне преобладали веслоногие рачки, встречались мелкие моллюски, мелие полихеты и личинки высших ракообразных. Простейшие представлены инфузориями с преобладающими видами *Tintinnopsis sp.*, *Parafavella denticulata*. В большом количестве встречается детрит в виде бесформенных скоплений органических остатков и фекалий мидий.

Планктон, собранный активным способом из горизонта 0—100 см, значительно отличался от планктона из слоя 2,5—3,0 м, собранного пассивным способом. Во взвеси из слоя 0—100 см преобладали веслоногие рачки, тогда как на глубине 2,5—3,0 м представлены и другие организмы зоопланктона и фитопланктон. Существенно различалась по составу взвесь, входящая и выходящая из мидиевого хозяйства. Взвесь на выходе из хозяйства всегда содержала большое количество фекалий мидий.

Данные по биохимическому составу морской взвеси приведены в табл. 1—4*. Количество белков, углеводов и жирорастворимых веществ значительно варьировало в пробах. Это, по-видимому, связано с разнородностью проб по составу живых организмов и детрита вследствие погодных, приливно-отливных и сезонных влияний. Содержание белков в исследуемой взвеси составляло от 13 до 46% сухой биомассы. Небелковый азот составлял 1—4%. Существенно варьировало в пробах количество углеводов и жирора-

* В таблицах приведены средние арифметические значения из трех параллельных определений и доверительные интервалы средних арифметических значений для вероятности 0.95.

Содержание белка и небелкового азота в морской взвеси, собранной в 1985 г.
(в процентах от абсолютного сухого веса)

Место сбора проб		Белок (белковый азот \times 6,25)				
		июнь	июль	август	сентябрь — октябрь	ноябрь
У мыса Картеш	Вход в ми- диевое хо- зяйство с юж- ной стороны	39,3 \pm 0,1	22,8 \pm 0,5	13,1 \pm 1,1	33,7 \pm 0,1	34,3 \pm 0,1
		34,5 \pm 0,2	27,1 \pm 0,5	30,3 \pm 9,7	23,4 \pm 0,5	
	Выход из мидиевого хо- зяйства с се- верной сто- роны	31,4 \pm 0,6	17,5 \pm 0,1	—	23,7 \pm 0,1	19,3 \pm 0,1
			16,2 \pm 0,1	—	18,1 \pm 0,1	
	Вход в ми- диевое хо- зяйство с се- верной сто- роны	33,1 \pm 0,1	27,6 \pm 0,6	20,0 \pm 0,1	21,5 \pm 1,1	21,8 \pm 0,1
			15,6 \pm 0,1	25,0 \pm 0,1	29,3 \pm 0,1	
		17,6 \pm 0,3				
		23,7 \pm 0,6				
Выход из мидиевого хо- зяйства с юж- ной стороны	27,0 \pm 0,2	27,2 \pm 1,2	15,6 \pm 0,1		18,1 \pm 0,1	
	22,6 \pm 0,3	23,7 \pm 0,1	15,6 \pm 0,1	23,1 \pm 0,1		
		18,7 \pm 0,1				
В бухте Иванов		41,4 \pm 0,3	32,3 \pm 1,4	23,0 \pm 0,2	30,6 \pm 0,1	16,8 \pm 0,1
			37,6 \pm 0,5	25,6 \pm 1,1		
Наволоку	Вокруг ми- диевых хо- зяйств		20,3 \pm 0,5	39,3 \pm 0,1		
			26,2 \pm 0,1			
У Соност- рова		43,6 \pm 0,3	46,7 \pm 0,8	28,1 \pm 3,1	25,0 \pm 0,1	
			43,7 \pm 0,1	26,8 \pm 0,1		
			28,1 \pm 0,1			
			23,7 \pm 0,1			
У мыса Картеш	Вход в ми- диевое хо- зяйство с юж- ной стороны	1,6 \pm 0,1	3,2 \pm 0,1	3,4 \pm 0,1	1,7 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1
		2,2 \pm 0,1	3,3 \pm 0,2	2,1 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	
	Выход из мидиевого хо- зяйства с се- верной сто- роны	2,1 \pm 0,3	3,1 \pm 0,4	—	1,0 \pm 0,1	3,3 \pm 0,1
			0,4 \pm 0,1	—	1,4 \pm 0,1	
			2,9 \pm 0,1			
			0,9 \pm 0,1			
Вход в ми- диевое хо- зяйство с се- верной сто- роны	1,6 \pm 0,1	3,1 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	3,9 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1	
		3,3 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	2,7 \pm 0,1		
		2,5 \pm 0,1				
		2,1 \pm 0,1				
Выход из мидиевого хо- зяйства с юж- ной стороны	1,2 \pm 0,1	3,6 \pm 0,1	1,3 \pm 0,2	3,2 \pm 0,1	2,3 \pm 0,1	
	1,0 \pm 0,1	1,9 \pm 0,4	1,4 \pm 0,1	2,4 \pm 0,1		
		1,4 \pm 0,1				
		0,9 \pm 0,1				

Место сбора проб	Небелковый азот				
	июнь	июль	август	сентябрь — октябрь	ноябрь
В бухте Иванов	2,9±0,1	3,6±0,1	2,7±0,1	3,0±0,1	6,0±0,1
Наволоки	Вокруг ми- диевых хо- зяйств	3,4±0,1	4,9±0,1		
		1,4±0,1	1,7±0,1		
У Соност- рова		2,5±0,1			
		4,3±0,1	3,7±0,1	2,9±0,1	
		3,6±0,1	2,1±0,9		
		2,7±0,1			
		1,4±0,1			

растворимых веществ, которые составляли соответственно 2—30 и 6—28%. Содержание белков и углеводов в морской взвеси заметно снижалось поздней осенью, в ноябре.

Аминокислотный состав гидролизатов взвеси, собранной около мидиевого хозяйства у Сонострова на глубине 0—100 см, характеризуется значительным постоянством. Содержание большинства аминокислот составляло 1—3% сухой биомассы, содержание гистидина и метионина — 0,3—1,0%. Данные по аминокислотному составу взвеси приведены в табл. 4.

Наиболее существенными представляются данные по биохимическому составу взвеси, входящей в мидиевое хозяйство и выходящей из него. Среднее содержание белка во взвеси, входящей в хозяйство, составляет $25,2 \pm 3,3\%$ абсолютно сухого веса. Соответствующая величина для взвеси, выходящей из хозяйства — $20,7 \pm 2,7\%$. Наблюдаемое различие по содержанию белка во взвеси достоверно с вероятностью более 95%. Результаты определения углеводов ($9,7 \pm 2,9\%$ на входе и $9,3 \pm 2,5\%$ на выходе) и жирорастворимых веществ не дают оснований для достоверных выводов об изменениях содержания этих веществ во взвеси в результате ее прохождения через мидиевое хозяйство.

Таким образом, можно предполагать, что определение содержания белков в морской взвеси является наиболее подходящим способом оценки качества взвеси как пищи для мидий.

Содержание углеводов в морской взвеси, собранной в 1985 г. (в процентах от абсолютно сухого веса)

Место сбора проб	Июль	Июль	Август	Сентябрь — октябрь	Ноябрь	
У мыса Каргеш	Вход в мидиевое хозяйство с южной стороны	3,18 ± 0,04	4,83 ± 0,05	13,37 ± 0,13	5,75 ± 0,30	3,66 ± 0,01
		7,03 ± 0,22	12,10 ± 0,18 5,87 ± 0,11	18,00 ± 0,01	7,55 ± 0,09	
	Выход из мидиевого хозяйства с северной стороны	7,50 ± 0,18	13,82 ± 0,15 22,00 ± 0,01 8,83 ± 0,01	12,00 ± 0,23	8,20 ± 0,32 8,15 ± 0,16	3,25 ± 0,46
		2,70 ± 0,01	5,97 ± 0,05 9,52 ± 0,08 18,30 ± 0,01 8,12 ± 0,22 31,50 ± 0,01	13,50 ± 0,01 9,55 ± 0,16	8,76 ± 0,47 7,60 ± 0,01	2,72 ± 0,08
		5,28 ± 0,06 6,57 ± 0,05	6,10 ± 0,16 9,35 ± 0,27 5,80 ± 0,01 15,37 ± 0,47	11,45 ± 0,65 18,55 ± 0,16	6,33 ± 0,21 9,10 ± 0,26	3,45 ± 0,16
В бухте Иванов Наволок	Вокруг мидиевых хозяйств	5,30 ± 0,01	10,73 ± 0,11 26,80 ± 0,01 18,60 ± 0,01 13,23 ± 0,10	30,61 ± 0,96 15,89 ± 0,35 14,50 ± 0,37	4,27 ± 0,08	1,47 ± 0,08
		4,85 ± 0,29	14,58 ± 0,26 9,10 ± 0,18 15,28 ± 0,28 18,29 ± 0,09	9,10 ± 0,01 20,05 ± 0,09	7,30 ± 0,18	

Таблица 3

Содержание жирорастворимых веществ в морской взвеси, собранной в 1985 г.
(в процентах от абсолютно сухого вещества)

Место сбора проб		Июнь	Июль
У мыса Картеш	Вход в мидиевое хозяйство с южной стороны	8,8 ± 0,4 13,5 ± 1,0	13,0 ± 0,1 8,8 ± 0,7
	Выход из мидиевого хозяйства с северной стороны	11,0 ± 0,1	—
	Вход в мидиевое хозяйство с северной стороны	6,2 ± 0,9	20,2 ± 2,3
	Выход из мидиевого хозяйства с южной стороны	11,5 ± 1,0 8,8 ± 1,0	20,6 ± 1,4 8,2 ± 2,6
В бухте Иванов Наволок	Вокруг мидиевых хозяйств	14,6 ± 1,4	14,3 ± 0,7 12,5 ± 0,9
У Сонострова		14,2 ± 0,4	28,2 ± 1,9

Таблица 4

Аминокислотный состав гидролизатов морской взвеси,
собранный в районе мидиевого хозяйства у Сонострова в 1985 г.
(в процентах от абсолютно сухого веса; выделены незаменимые аминокислоты)

Аминокислота	Июнь	Июль	Август	Сентябрь — октябрь
Лизин	1,60	1,99	1,48	2,26
Гистидин	0,46	0,58	0,38	0,54
Аргинин	1,82	2,37	1,26	1,74
Аспарагиновая	2,59	2,44	1,86	2,86
Треонин	1,43	1,25	0,89	1,31
Серин	1,31	1,19	0,92	1,26
Глутаминовая	3,74	3,34	2,57	4,12
Пролин	1,09	1,02	0,80	1,14
Глицин	1,95	1,64	1,16	1,76
Аланин	1,96	1,72	1,33	2,13
Валин	1,58	1,12	1,02	2,10
Метионин	0,60	0,58	0,37	0,67
Изолейцин	1,05	1,24	0,75	1,31
Лейцин	1,57	2,05	1,18	2,22
Тирозин	1,63	1,29	0,90	1,54
Фенилаланин	1,15	1,21	0,82	1,40

ЛИТЕРАТУРА

- Арасимович В. В. Антроновый метод определения сахаров и крахмала. // Методы биохимического исследования растений.— Л.: Колос. 1972. С. 143—145.
- Гавриленко М. Я. Определение общего азота колориметрически с реактивом Несслера. Определение белкового азота. Определение небелкового азота. // Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике.— Киев.: Наукова думка. 1975. С. 103—106.
- Кулаковский Э. Е., Кушин Б. Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море.— Л.: Наука. 1983. С. 3—35.
- Смирнова-Иконникова М. И., Ермаков А. И. Определение азота по полумикрометоду. // Методы биохимического исследования растений.— Л.: Колос. 1972. С. 269—271.
- Парсонс Т. Р., Такахашаи М., Харгерейв Б. Продукция бентоса. Процесс питания. // Биологическая океанография.— М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. С. 288—296.
- Цыпленков В. П., Попов А. И. Колориметрическое определение органического углерода в растворах. // Вестник ЛГУ 1979. № 21. С. 112—113.
- Bligh E. G., Dyer W J. A rapid method of total lipid extraction and purification. // Canad. J. Biochem., 1959, 37(8), p. 911—917.
- Fabiano M., Zavatarelli M., Palmero S. Observations sur la matiere organique particulaire (proteines, glucides, lipides, chlorophylle) en Mex Ligue. // Tethys, 1984, II, N 2, p. 133—140.
- Liebezeit G. Particulate carbohydrates in relation Phytoplankton in the euphotic zone of the bransfield strait. // Polar. Biol., 1984, 2, N 4, p. 225—227.
- Loo Lars-ove, Rutger R. Energy-flow in a *Mytilus edulis* culture in western Sweden. // Aquaculture, 1983, 35, N 2, p. 151—161.

S u m m a r y

Content of proteins, carbohydrates, and fat-soluble matter, as well as amino acid composition of proteins, was analyzed in samples of particulate fraction of sea water in inlet and outlet of *Mytilus edulis* aquaculture (the White Sea). Protein determination is suggested to be the most suitable method for estimation of the marine suspension quality as food for *Mytilus edulis*.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТО- И БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ СОНОСТРОВА В БЕЛОМ МОРЕ

В. Н. Галкина, В. Ю. Буряков, А. Д. Рура

The quantitative distribution of phyto — and bakterioplankton
in the White Sea off the Sonostrov. V N. Galkina, V J. Buriakov, A. D. Rura

При создании в заливах Белого моря плантаций промышленного культивирования мидий появилась необходимость количественной оценки пищевых ресурсов будущей марикультуры, в том числе и за счет фитопланктона и бактериопланктона. Качественный состав и количественное распределение фитопланктона в Белом море изучали многочисленные авторы (Мережковский, 1878; Киселев, 1925, 1957; Дерюгин, 1928; Богоров, 1939; Гостиловская, 1949; Кокин и др., 1970; Федоров и др. 1974; Федоров, 1979; Кабанова, 1980; Житина, 1981; Хлебович, 1974 и др.). Однако сведений, относящихся к району Сонострова, одному из участков размещения мидиевого хозяйства, в литературе не обнаружено. Отсутствуют также данные о распределении в этом районе бактериопланктона, поэтому задача авторов состояла в получении количественных характеристик развития фито- и бактериопланктона в районе Сонострова для оценки пищевого потенциала марикультуры в проливах выбранного района.

Исследования проводили с апреля 1985 по октябрь 1986 г. В течение этого времени в районе Сонострова ежемесячно, исключая зимнее время (ноябрь—февраль) брали количественные пробы фито- и бактериопланктона. Пробы отбирали батометром с разных горизонтов (0, 3, 10 м и придонные слои). Фитопланктон концентрировали отстойным методом (Усачев, 1961) и методом обратной фильтрации (Сорокин и др., 1975; Федоров, 1979). Численность клеток и видовой состав фитопланктона устанавливали после просмотра сконцентрированных проб в счетной камере. Расчет плотности поселения и биомассы фитопланктона производили согласно рекомендациям «Руководства...» (1980). Анализ распределения плотности поселения клеток фитопланктона в летний период в проливах Сонострова сделан на основании обработки проб, взятых в разных точках этого района в июле 1985 года Р. В. Прыгунковой во время экспедиции Лаборатории морских исследований ЗИН АН СССР под руководством А. Н. Голикова. Кроме того, обработаны пробы Е. В. Вейко, взятые в этом районе в разные сроки вегетации в 1985 и 1986 гг. Всего обработаны 42 пробы. Для этого района установлены также величины концентраций хлорофилла «а» и продукции микроводорослей, определение которых проводили стандартными методами, изложенными в Руководстве... (1980).

Для характеристики развития бактериопланктона использовали показатели численности его клеток и их суммарной биомассы,

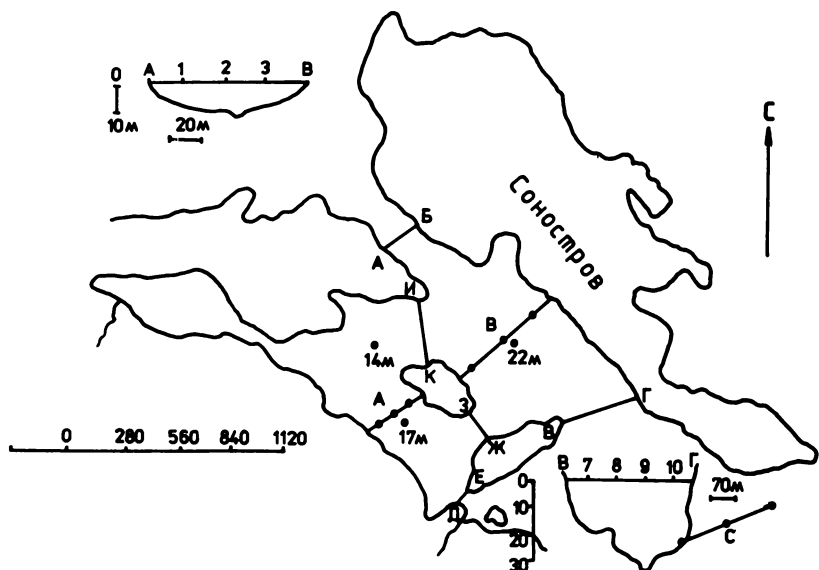


Рис. 1. Картограмма расположения разрезов и станций в акватории у Сонострова

а также величину продукции, измеренные с конца апреля по конец октября 1986 г.

Район Сонострова представляет собой пролив, ограниченный с одной стороны материком, с другой — Соностровом (картограмма, рис. 1). В центре пролива расположены два островка; в кутювую часть, находящуюся между материком и сильно выдающимся узким мысом, впадает ручей. Пробы фитопланктона брали на четырех разрезах, каждый из которых имел 2—3 станции (см. рис. 1). Разрез *А* (станции 1, 2, 3) — мелководный, ограниченный материком и островком, с глубинами 0,5 м у материка, 6 м у островка, 13 м в центре разреза; разрез *В* (станции 2, 3, 4) — более глубоководный, ограниченный Соностровом и островком, с глубинами 8 м у Сонострова, 11 м у островка и 25 м — по центру; разрез *С* (станции 1, 2) — мористый с глубинами 17—46 м; кутювая часть (станции 1, 2) — мелководный, находящийся под влиянием впадающего ручья.

В июле 1985 г. фитопланктон в проливах Сонострова был распределен следующим образом (табл. 1). Наибольшую плотность микроводорослей ($404\text{--}553 \cdot 10^6 \text{ кл} \cdot \text{м}^{-3}$) удалось обнаружить в кутювой мелководной и хорошо прогретой части акватории. На разрезе *А*, в точках вблизи материка и островка, в поверхностном слое, концентрация клеток составляла $104\text{--}130 \cdot 10^6 \text{ кл} \cdot \text{м}^{-3}$, в центре разреза количество их было намного меньше и не превышало $54 \cdot 10^6 \text{ кл} \cdot \text{м}^{-3}$. Сходная картина распределения клеток фитопланктона с большей их плотностью у берегов и уменьшением ее к центру разреза отмечена и на разрезе *В*, где береговые точки характеризо-

Таблица 1

Распределение плотности поселения фитопланктона и его суммарных биомасс по акватории проливов у Сонострова в июле 1985 г.

Разрезы, станции	Плотность поселения, кл·м ⁻³ ·10 ⁶	Суммарная сырая биомасса, мг·м ⁻³
Кут	478	565 ± 15
Разрез А		
1	130	200 ± 86
2	54	34 ± 15
3	103	170 ± 21
Разрез В		
2	92	1920 ± 45
3	57	139 ± 11
4	126	676 ± 32
Разрез С		
1	46	109 ± 11
2	68	160 ± 5

вались концентрациями клеток в пределах 92—130·10⁶ кл·м⁻³, а в центре разреза количество их было не выше 57·10⁶ кл·м⁻³. Мористый разрез *С* на обеих станциях имел примерно одинаковую плотность поселения клеток микроводорослей, составляющую около 46—68·10⁶ кл·м⁻³.

Сравнивая распределение численности клеток фитопланктона на различных участках акватории у Сонострова, можно прийти к выводу, что с достоверностью в 95% кутовая часть отличается от разрезов *А*, *В*, *С*. Разрез *А* достоверно отличается по числу клеток от разреза *С*, в то время как разрезы *В* и *С* по этому признаку не имеют достоверных различий. Все это убеждает в том, что внутренняя акватория у Сонострова имеет большую плотность поселения микроводорослей по сравнению с открытой частью моря. Тот факт, что наибольшее сходство по плотности клеток фитопланктона обнаружено между разрезами *В* и *С*, свидетельствует о наибольшей проточности участка, где расположен разрез *В*. Кутовая часть практически не связана со всей акваторией проливов у Сонострова, и на развитие фитопланктона на этом участке главное влияние оказывает впадающий ручей, вызванное им распреснение и более высокие температуры воды по сравнению с остальной частью акватории. Разрез *А* занимает по-видимому промежуточное положение, сообщаясь и с кутовой частью акватории, и с наиболее проточной. Следует отметить также, что по содержанию фитопланктона вся акватория у Сонострова достоверно отличается от декадной станции близ мыса Картеш, где количество клеток фитопланктона почти в 2 раза больше. Такое же распределение численности обнаружено и в сообществах зоопланктона, количество которого также выше на декадной станции по сравнению с акваторией у Сонострова (Прыгункова и др., наст. сб.).

Сырая биомасса клеток фитопланктона в зависимости от их численности и видового состава изменялась в акватории у Соноострова от 34 до 1920 мг. м⁻³. Наибольшие биомассы образовывали виды рода *Chaetoceros*, за счет которых в слое 0—5 м создавалось до 70% суммарной биомассы. В слое 6—13 м доминировали по биомассе виды родов *Dinophysis* и *Ceratium*, образуя 46—58% суммарной биомассы фитопланктона, а в придонных слоях до 83% составляли виды рода *Melosira*.

В составе фитопланктона обнаружены 29 видов (табл. 2). При этом следует отметить, что внутренняя акватория у Соноострова отличалась не только большей плотностью поселения фитопланктона, но и большим его видовым разнообразием. В море в это время обнаружены только 4 вида, из которых 1 относится к разряду океанических и 3 — неритических. На разрезах *A* и *B* (см. рис. 1) обнаружены от 12 до 20 видов (см. табл. 2).

По числу клеток в это время доминировал вид *Sc. costatum*, но так как численность его была невелика и не достигала величин, характерных для периода массового «цветения», то по биомассе этот вид не являлся доминантным. По всей вероятности, установленное доминирование отдельных видов носит характер «видимого», когда при небольших количествах клеток фитопланктона виды с крупными клетками, обычно присутствующие в составе фитопланктонного сообщества и составляющие обычный фон, выходят на передний план, хотя количество их не превышает обычного уровня (Федоров, 1974). Возможно, что и слоистость распределения фитопланктона также связана с отсутствием истинного доминирующего вида, хотя по нашим данным и создается впечатление, что в придонных, промежуточных и поверхностных слоях доминируют различные виды.

Кроме численности и биомассы, развитие фитопланктона характеризует также и величина концентрации хлорофилла «а», изменение которой в зависимости от сроков вегетации представлено в табл. 3. Минимальное количество хлорофилла, составляющее не более 0.1 мг·м⁻³, отмечено во всех точках акватории у Соноострова в апреле и в первых числах октября, что, естественно, связано с началом и концом периода вегетации. Наибольшие концентрации хлорофилла обнаружены в начале июня, и приурочены они были к разрезам *A* и *B*, отличающимся наибольшей плотностью поселения фитопланктона. В этот же период в открытом море концентрация хлорофилла «а» была вдвое ниже (рис. 2). К концу июля концентрация хлорофилла «а» падает до 1.0 мг·м⁻³, при этом следует отметить, что в открытой части моря концентрация хлорофилла уменьшается значительно быстрее, чем во внутренней акватории (рис. 3). Так, если в начале лета концентрация хлорофилла «а» в море составляла 60% от таковой во внутренней акватории, то к концу июля эта величина падает до 30%, что, несомненно, связано с более длительным развитием клеток фитопланктона во внутренней акватории по сравнению с открытой частью моря, где

Изменение содержания хлорофилла „а“ в акватории у Сонострова

Месяцы	Концентрация хлорофилла „а“, мг·м ⁻³	
	внутренняя акватория	открытое море
Апрель	0,1 ± 0,003	0,1 ± 0,003
Май	2,22 ± 0,12	1,1 ± 0,08
Июнь	3,4 ± 0,24	1,9 ± 0,05
Июль	2,5 ± 0,17	1,3 ± 0,7
Август	2,0 ± 0,5	1,1 ± 0,3
Сентябрь	0,7 ± 0,04	0,3 ± 0,02
Октябрь	0,11 ± 0,04	0,1 ± 0,04

периоды спада и вспышек развития микроводорослей выражены, по-видимому, более четко. Вероятно, выступающие мысы материка, наличие островков, ограничение акватории материком и островом создают изолированность участка, увеличивают влияние впадающего ручья, возможно, создают особые гидрохимические условия, за счет которых клетки микроводорослей во внутренней акватории у Сонострова развиваются более активно, чем в открытом море.

Расчет биомассы фитопланктона по содержанию в нем хлорофилла показал, что в разные сроки вегетации сырая биомасса клеток фитопланктона изменяется от 0.025 мг·м⁻³ в начале и конце сезона до 1400 мг·м⁻³ в период массового развития. В течение июня — июля 1985 г. биомасса фитопланктона в проливах у Сонострова составляла 760—1080 мг·м⁻³ в отличие от открытой части моря, где эта величина не превышала 500 мг·м⁻³

Скорость фотосинтеза фитопланктона в исследуемой акватории изменялась с апреля по ноябрь в значительных пределах (табл. 4). Вегетация, по-видимому, начинается в этом районе в начале апреля, так как в это время величина продукции состав-

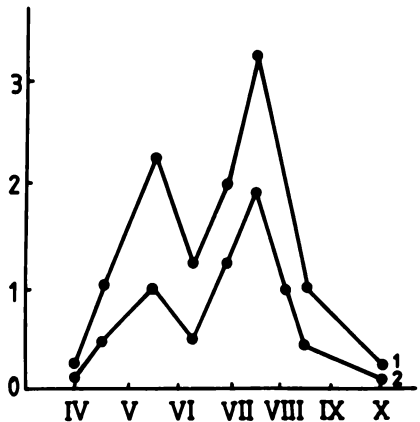


Рис. 2. Соотношение концентраций хлорофилла «а» во внутренней акватории у Сонострова и в открытом море:

1 — концентрация хлорофилла «а» во внутренней акватории (мг·м³); 2 — то же в открытом море. По оси ординат — концентрация хлорофилла «а», мг·м³; по оси абсцисс — месяцы

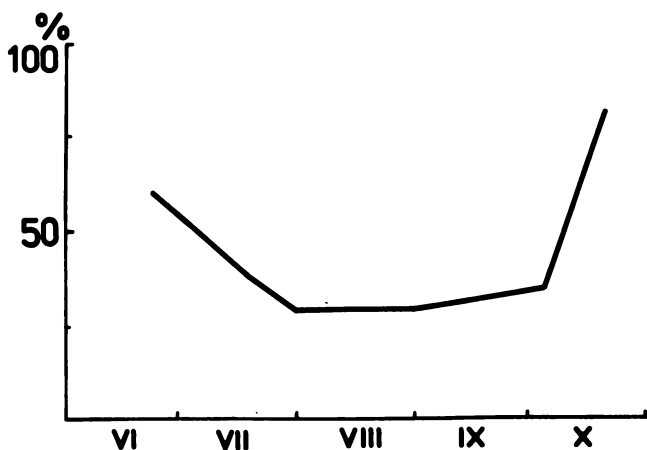


Рис. 3. Относительное содержание хлорофилла «а» во внутренней акватории (разрез А, ст. 2)

По оси ординат — содержание хл. «а» в открытом море / содержание хл. «а» на ст. 2, %; по оси абсцисс — месяцы.

ляла лишь $0.21 \text{ мгСм}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$. Период массового «цветения» и максимального продуцирования органического вещества клетками фитопланктона приходится на период с конца мая по конец июня, когда величина продукции изменялась от 36 до $152 \text{ мгСм}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$. В среднем в продолжение активного развития (июнь—сентябрь) фитопланктон продуцирует органическое вещество со скоростью $16\text{—}40 \text{ мгСм}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$. Завершается фотосинтетическая деятельность микроводорослей, вероятно, в ноябре, так как в конце октяб-

Таблица 4

Изменение продукции фитопланктона в районе Сонострова

Месяцы	Продукция фитопланктона, $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут}^{-1}$	
	внутренняя акватория	открытое море
Апрель	$0,21 \pm 0,08$	—
Июнь	$152 \pm 14,5$	$36,0 \pm 12,4$
	$75 \pm 15,8$	
	$60 \pm 24,5$	
	$45,0 \pm 15,7$	
	$36,7 \pm 17,5$	
Июль	$16,0 \pm 3,5$	$15,8 \pm 10,2$
	$17,5 \pm 5,7$	
	$10,0 \pm 0,8$	
	$32,0 \pm 5,8$	
Август	$40,6 \pm 5,8$	$19,5 \pm 2,7$
	$40,0 \pm 7,6$	
Сентябрь	—	—
Октябрь	$3,2 \pm 0,8$	$3,2 \pm 0,8$

Таблица 5

**Изменение продукции, биомассы и Р/В-коэффициентов фитопланктона
в районе Сонострова**

Месяцы	Продукция, $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут.}^{-1}$		Биомасса, $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$		Р/В	
	внутр. акв.	откр. море	внутр. акв.	откр. море	внутр. акв.	откр. море
Апрель	0,21	0,19	2,4	2,4	0,09	0,08
Июнь	73,6	36,0	81,6	45,6	0,9	0,8
Июль	18,8	15,8	60,0	31,2	0,3	0,5
Август	40,3	19,5	28,0	26,4	0,8	0,7
Сентябрь	—	—	—	—	—	—
Октябрь	3,2	3,2	9,8	9,8	0,3	0,3

ря первичная продукция была мала, но не достигала аналитического нуля (см. табл. 4). Аналогичные измерения в открытой части моря показали продукцию микроводорослей почти в 2—2,5 раза меньшую, чем в проливах у Сонострова. Из этих измерений следует, что величина годовой продукции фитопланктона во внутренней акватории у Сонострова составляет примерно $850 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{год}^{-1}$, в открытой части — не более $500 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{год}^{-1}$, считая период вегетации равным 210 дней. В то же время анализ соотношения продукции водорослей к их биомассе показывает, что скорость воспроизводства органического вещества единицы биомассы и во внутренней акватории, и в открытой части моря практически одинакова, так как величина Р/В-коэффициентов не имеет существенных различий (табл. 5).

Бактериопланктон во внутренней акватории проливов у Сонострова имеет плотность поселения $220—470 \cdot 10^3 \text{ кл} \cdot \text{мл}^{-1}$, а образуемые им биомассы равны $220—300 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Продукция бактериопланктона с апреля по октябрь изменялась так, как это показано в табл. 6. На основании проведенных исследований можно рассчитать предварительные величины годовой продукции бактерий для этого района. По нашим данным эта величина составляет не менее $350 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$, однако деятельность бактериопланктона продолжается, по-видимому, значительно более, чем 210 дней

Таблица 6

**Изменение продукции бактериопланктона
в районе Сонострова**

Месяцы	Продукция бактериопланктона, $\text{мгС} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{сут.}^{-1}$
Апрель	$5,8 \pm 2,4$
Июнь	$8,3 \pm 3,5$
Июль	$40,0 \pm 10,7$
Август	$34,0 \pm 9,0$
Сентябрь	$40,0 \pm 6,0$
Октябрь	$7,0 \pm 5,0$

(срок вегетации фитопланктона), а, возможно, и весь год, поэтому не исключено, что за счет бактерий в прибрежной части Белого моря образуется до $600 \text{ ккал} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$

Таким образом, проведенное исследование дает представление о развитии фито- и бактериопланктона в районе промышленного культивирования мидий, что впоследствии может быть использовано для расчетов оптимальных биомасс мидий, способных вырасти в марикультуре этого района.

ЛИТЕРАТУРА

- Богоров В. Г.* Особенности сезонных явлений в планктоне полярных морей и их значение для ледовых прогнозов. // Зоол. журн. 1939. Т. 18. Вып. 5. С. 735—747.
- Гостилевская М. И.* Фитопланктон Гридинской губы Белого моря. // Работы морск. биол. ст. Карело-Финск. ун-та. 1949. Вып. 1. С. 93—103.
- Дерюгин К. М.* Фауна Белого моря и условия ее существования. // Исслед. морей СССР. 1928. Вып. 7—8.— 511 с.
- Жигина Л. С.* Вертикальное распределение фитопланктона в Белом море. // Научн. докл. высш. школы. Биол. науки. 1961. № 1. С. 63—68.
- Кабанова Ю. Г.* О первичной продукции в Кандалакшском заливе Белого моря. // Донная флора и продукция краевых морей СССР. М.: Наука. 1980. С. 118—124.
- Киселев И. А.* Фитопланктон Белого моря. // Исслед. русских морей. 1925. № 105. Вып. 2. С. 1—43.
- Киселев И. А.* Особенности распределения фитопланктона в Белом море. // Матер. по комплексн. изуч. Белого моря. 1957. Вып. 1. С. 282—304.
- Коким К. А., Кольцова Т. И., Хлебович Т. В.* Состав и динамика фитопланктона Карельского побережья Белого моря. // Ботан. журн. 1970. Т. 55. № 4. С. 499—508.
- Максимова М. П., Бондаренко Л. И.* Хлорофилл в водах Белого моря. // Океанология. 1985. Т. 25. № 5. С. 813—818.
- Мережковский К. С.* Диатомовые водоросли Белого моря. // Тр. СПб о-ва естествоиспыт. 1878. Вып. 9. С. 425—446.
- Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений.*— Л.: Гидрометеиздат. 1980. 191 с.
- Сорокин Ю. Г., Суханова И. Н., Коновалова Г. В., Павельева Е. Б.* Первичная продукция и фитопланктон района экваториальной дивергенции в восточной части Тихого океана. // Тр. Ин-та океанол. Т. 102. С. 108—122.
- Усачев П. И.* Количественная методика сбора и обработки фитопланктона. // Тр. Всесоюзн. гидробиол. о-ва. 1961. Т. 11. С. 411—415.
- Федоров В. Д.* О методах изучения фитопланктона и его активности.— М.: изд. МГУ. 1979. 167 с.
- Федоров В. Д., Корсаков М. Н., Бобров Ю. А.* Некоторые итоги изучения первичной продукции фитопланктона Белого моря. // Гидробиол. журн. 1974. Т. 10. № 5. С. 9—14.
- Хлебович Т. В.* Качественный состав и сезонные изменения численности фитопланктона в губе Чупа Белого моря. // Исслед. фауны морей. Л. 1974. Т. 13(21). С. 56—64.

Summary

As a result of an annual observation quantitative patterns in the development of bacterio — and phytoplankton in the area of aquaculture of mussels have been established. It has been shown that in this area up to 850 kcal/m^2 per year are formed owing to phytoplankton and 350 to 600 kcal/m^2 per year owing to bacteria. The data obtained can be used in calculations of the optimum mussel biomass in aquaculture in the region of the Sonostrov.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА АКВАТОРИИ СОНОСТРОВА И В ГУБЕ ЧУПА КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА (БЕЛОЕ МОРЕ)

Р. В. Прыгункова, А. И. Бабков, И. П. Кутчева

Comparative characteristic of the zooplankton distribution and hydrological conditions of the Sonostrov aquatory and in the Chupa Inlet of the Kandalaksha Bay (the White Sea)

R. V. Prygunkova, A. I. Babkov, I. P. Kutcheva

Изучение пелагических сообществ в районе Сонострова проводилось в плане комплексных исследований Зоологического института АН СССР в связи с возможностью организации здесь марикультурного хозяйства. Кратковременность исследований позволяет к настоящему времени получить лишь самое общее представление о зоопланктоне этого района. Закономерности развития зоопланктона в губе Чупа, известные благодаря многолетним наблюдениям (Прыгункова, 1974, 1985), невозможно перенести даже на близкий район моря из-за большой пространственно-временной изменчивости гидрологических условий в Кандалакшском заливе. Сравнение результатов, полученных одновременно в губе Чупа и у Сонострова, помогло выявить некоторые особенности структуры и распределения зоопланктона в этом малоизученном районе моря.

Материал и методика

Изучение зоопланктона и гидрологических условий проводилось в юго-восточной части Кандалакшского залива (рис. 1) в августе 1985 г. Материал собирался в вершинной части губы Чупа (станции I—IV), в устьевой части губы (станции V, VI), в прибрежной акватории Сонострова (станции А-2; В-1, 2, 3; С-1, 2), а также в открытых районах Кандалакшского залива на подходах к губе Чупа (станция VII) и к Сонострову (станция С-3). Кроме того, небольшой материал был собран в районе Сонострова и в устьевой части губы Чупа в октябре 1985 г. Зоопланктон собирался замыкающей сетью Джели с диаметром верхнего кольца 36 см и ситом № 38 по стандартным слоям воды (0—10, 10—25, 25—50, 50—100 м). Одновременно проводились измерения температуры и солености воды. Собранный материал обрабатывался по общепринятой методике ВНИРО. Биомасса зоопланктона рассчитывалась по стандартным весам планктонных организмов (Перцова, 1967).

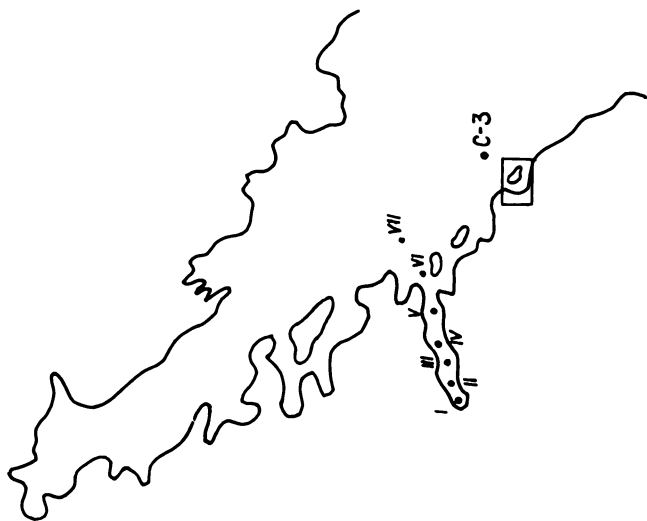
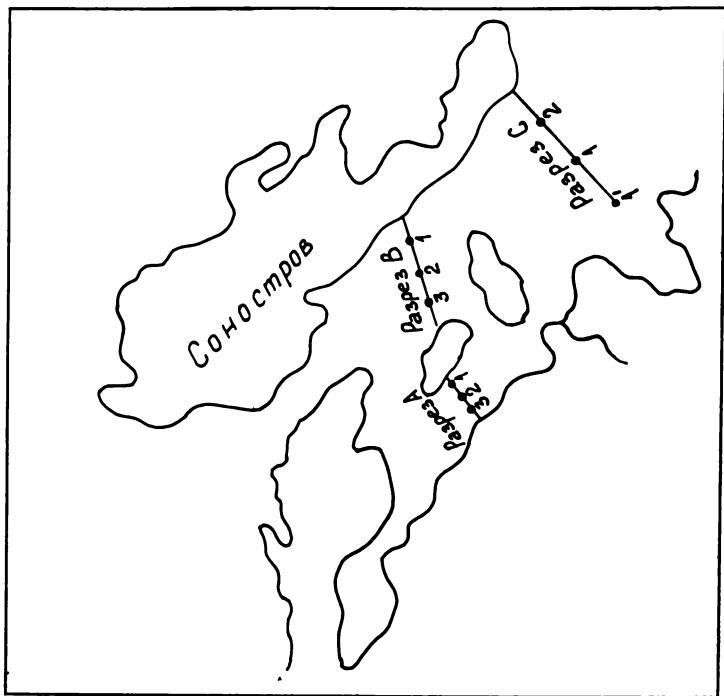


Рис. 1. Картохема Кандалакшского залива:

Станция VI (Д-1) — декадная станция. На врезке — прибрежная акватория Соноострова

Результаты и обсуждение

В пределах изученной акватории встречены 50 видов мезозоопланктона. Более половины из них составляли бореально-арктические и широко распространенные формы. Значительная часть приходилась на долю арктических видов, а бореальных было сравнительно мало. Планктонная фауна состояла из самых разнообразных по экологии форм: тепловодных и холодноводных, неритических и океанических.

В августе 1985 г. в обследованном районе Кандалакшского залива развивались следующие экологические комплексы видов зоопланктона: тепловодный неритический, эврибионтный океанический, умеренно-холодноводный неритический, холодноводный дальненеритический и холодноводный океанический комплексы. Среди тепловодного неритического комплекса массовыми видами оказались *Temora longicornis* и *Centropages hamatus*. Довольно многочисленным был также *Podon leuckarti*. Однако у типичных представителей неритического комплекса (*Evadne nordmanni* и *Acartia longiremis*) в 1985 г. не наблюдалось такого обильного развития, как в предшествующие годы (Прыгункова, 1974, 1985).

Эврибионтный океанический комплекс был довольно разнообразным по видовому составу, но массовое развитие получила только *Oithona similis* и в меньшей степени *Fritillaria borealis*. Большинство представителей этого комплекса видов оказались в 1985 г. малочисленными (*Microsetella norvegica*, *Parafavella denticulata* и др.).

Умеренно-холодноводный неритический комплекс включал небольшое число видов, и почти все из них были представлены единичными экземплярами. В большом количестве развивался только один его представитель — *Pseudocalanus minutus*. Среди видов дальненеритического комплекса массовое развитие получили *Oncaea borealis* и *Calanus glacialis*. Холодноводный океанический комплекс отличался наибольшим видовым разнообразием, однако в массовом количестве развивалась только *Metridia longa*.

Для распределения массовых видов в юго-восточной части Кандалакшского залива была характерна резко выраженная неравномерность (табл. 1). Это вызывалось значительной изменчивостью температуры и солености воды (табл. 2). Распределение численности видов зоопланктона в пределах данной акватории зависело от характера их распространения в Белом море, который известен в общих чертах благодаря целому ряду работ (Виркетис, 1926; Эпштейн, 1957, 1963; Перцова, 1971, 1980; Прыгункова, 1977, 1985; Прыгункова, Кутчева, 1985).

Тепловодные неритические виды *T. longicornis* и *C. hamatus* получают массовое развитие в хорошо прогреваемых и опресняемых губах Белого моря и в кутовых участках заливов. Первый вид распространен шире второго, нередко он бывает обилен и в поверхностных водах открытых районов заливов вблизи крупных губ.

Таблица 1

Средняя численность (экз/м³) массовых видов зоопланктона в различных районах юго-восточной части Кандалакшского залива в августе 1985 г.

Виды	Вершинная часть губы Чупа	Устьевая часть губы Чупа	Подход к губе Чупа	Подход к Сонострову	Прибрежная акватория Сонострова
0—10 м					
<i>Temora longicornis</i>	2600	5600	2050	600	1240
<i>Centropages hamatus</i>	2530	5050	270	6	200
<i>Acartia longiremis</i>	960	400	840	300	340
<i>Podon leuckarti</i>	345	260	700	800	710
<i>Evadne nordmanni</i>	660	270	20	5	55
<i>Oithona similis</i>	15780	14150	15000	16600	13570
<i>Fritillaria borealis</i>	270	220	650	2000	1000
<i>Microsetella norvegica</i>	65	10	400	150	160
<i>Parafavella denticulata</i>	0	15	800	700	350
<i>Pseudocalanus minutus</i>	615	1180	1050	1050	640
25 — дно					
<i>Pseudocalanus minutus</i>	10900	3170	3970	1700	8190
<i>Oncaea borealis</i>	90	160	400	230	2360
<i>Calanus glacialis</i>	115	150	105	90	520
<i>Metridia longa</i>	7	4	100	250	1

Таблица 2

Температура (°С) и соленость (‰) воды в различных участках юго-восточной части Кандалакшского залива 8 августа 1985 г

Горизонт, м (у дна)	Станции (глубина, м)				
	III (68)	VI (63)	VII (98)	C-3 (100)	C-2 (35)
Температура					
0	13,4	14,2	14,4	14,2	14,4
10	8,8	13,3	14,8	14,4	14,4
25 (дно)	3,3	3,2	5,4	5,0	(0,5)
50 (дно)	(2,6)	(0,5)	0,3	-0,4	—
100 (дно)	—	—	(-0,7)	(-1,3)	—
Соленость					
0	22,4	23,3	24,7	24,5	24,4
10	24,0	24,5	24,9	24,5	24,4
25 (дно)	24,7	25,4	26,2	25,8	(28,0)
50 (дно)	(25,4)	(27,1)	28,3	28,5	—
100 (дно)	—	—	(28,9)	(29,4)	—

В Бассейне Белого моря оба вида малочисленны. В изучавшемся районе *T. longicornis* и *C. hamatus* развивались в большом количестве в губе Чупа, особенно в устьевой части (см. табл. 1), где отмечались высокая поверхностная температура и относительно низкая соленость (см. табл. 2). Наименьшая их численность наблюдалась в мористом районе у Сонострова, расположенном ближе всего к Бассейну Белого моря.

Типично неритический вид *A. longiremis* обильно представлен в наиболее опресненном Онежском заливе, где играет основную роль в формировании биомассы верхних слоев воды. В Бассейне Белого моря встречается единично, в Кандалакшском заливе развивается в массовом количестве в кутовой части и в вершинных участках губ. В изучавшемся районе наибольшая численность *A. longiremis* отмечена в кутовой части губы Чупа (см. табл. 1), где было самое сильное опреснение (см. табл. 2). Наименьшая численность этого вида наблюдалась в районе Сонострова, который свободно связан с Бассейном.

Тепловодные неритические виды *P. leuckarti* и *E. nordmanni* наиболее обильны в хорошо прогреваемых поверхностных водах, отличающихся значительным опреснением. В прибрежных районах они более многочисленны, чем в открытых. В юго-восточной части Кандалакшского залива наибольшая численность *E. nordmanni* отмечена в куту губы Чупа, а наименьшая — в открытых районах на подходах к губе Чупа и к Сонострову. У *P. leuckarti* в 1985 г. наблюдалось несколько необычное распределение: его численность в губе Чупа была ниже, чем в открытых районах. Возможно, это было связано с меньшим прогревом верхних слоев вод в губе Чупа (см. табл. 2). Опреснение в 1985 г. было сильнее, чем обычно (Бабков, 1982). Низкая соленость (менее 25‰) верхнего 10-метрового слоя воды отмечалась по всей изучавшейся акватории. Условия солености не препятствовали массовому развитию тепловодного неритического вида в открытых районах залива, которые оказались в 1985 г. более теплыми, чем прибрежные районы.

Эврибионтный океанический вид *O. similis* очень широко распространен по акватории Белого моря в массовом количестве и лишь в распресненном Онежском заливе оказывается малочисленным. *O. similis* наиболее обильна в поверхностных водах Бассейна, но на некоторых станциях проникает в большом количестве и глубже 25—50 м. В изучавшемся районе была распределена относительно равномерно, но чуть больше ее оказалось в открытом районе Кандалакшского залива на подходе к Сонострову (см. табл. 1), на что сказались, возможно, близость к Бассейну Белого моря.

F. borealis, *M. norvegica* и *P. denticulata* достигают наибольшего количественного развития в поверхностных водах открытых районов Белого моря. В Онежском заливе их количество резко сокращается по направлению к сильно распресненной кутовой части, где они исчезают. В юго-восточной части Кандалакшского залива эти виды были сконцентрированы в районах, расположенных ближе к Бассейну Белого моря: либо в районах у Сонострова, либо на подходе к губе Чупа (см. табл. 1). Наименьшая их численность отмечалась в губе Чупа.

Умеренно-холодноводный неритический вид *P. minutus* играет основную роль в формировании биомассы зоопланктона почти по всей акватории Белого моря от 10 до 100 м. В Кандалакшском и Двинском заливе его численность выше, чем в Бассейне.

Наибольшие скопления рачков отмечаются в прибрежных районах. В юго-восточной части Кандалакшского залива очень высокая численность *P. minutus* наблюдалась в вершинной части губы Чупа, а также в прибрежном районе Сонострова (см. табл. 1). В этих участках рачки концентрировались глубже 25 м, а в верхнем 10-метровом слое их оставалось очень мало, значительно меньше, чем в остальных районах изучавшейся акватории.

Холодноводные дальненеритические виды *O. borealis* и *C. glacialis* широко распространены в глубоководных районах Белого моря. В мелководном хорошо прогреваемом Онежском заливе они малочисленны. В Бассейне и Двинском заливе их численность повышается вблизи берегов, где имеется резкое нарастание глубин. У калянуса особенно высокая численность отмечается у Терского берега. В Кандалакшском заливе *O. borealis* и *C. glacialis* образуют плотные скопления в губах фиордового типа, где даже летом сохраняется низкая температура воды в придонных слоях воды. В изучавшемся районе наибольшая численность этих видов отмечена в прибрежной акватории Сонострова глубже 25 м. (см. табл. 1). Здесь на самой глубокой станции С-2 придонная температура воды была гораздо ниже, чем в глубокой впадине вершинной части губы Чупа на станции III (см. табл. 2). Там холодноводные дальненеритические виды не получили массового развития в 1985 г. Численность *O. borealis* в губе Чупа оказалась наименьшей по сравнению с остальными районами. *C. glacialis* был распределен относительно равномерно по всему изучавшемуся району, кроме небольшого участка у Сонострова (станция С-2).

Холодноводный океанический вид *M. longa* образует массовые скопления в глубинных водах Бассейна Белого моря. В значительном количестве встречается он также в глубоководных районах Кандалакшского и Двинского заливов. В районе «полюса холода» (устьевая часть Двинского залива) максимум численности *M. longa* перемещается в более высокие слои воды (от 10 до 100 м). В Онежском заливе этот вид встречается не каждый год и только единично. В пределах изучавшейся акватории *M. longa* имела максимальную численность в открытом районе Кандалакшского залива на подходе к Сонострову (см. табл. 1), а именно — в районе, наиболее близко расположенном к Бассейну Белого моря. В губе Чупа и прибрежной акватории Сонострова встречена единично.

Большая неоднородность гидрологических условий в юго-восточной части Кандалакшского залива приводит к резким различиям в структуре планктонного сообщества соседних районов, проявляющихся прежде всего в количественном соотношении различных по экологии видов (рис. 2). Это отражается на уровне биомассы зоопланктона и ее распределении (табл. 3). Там, где биомасса зоопланктона формируется в верхних слоях за счет видов тепловодного неритического комплекса, ее значения, как правило, оказываются наиболее высокими. Это характерно для губы Чупа, где биомасса в слое 0—10 м колебалась летом 1985 г. от 213 до

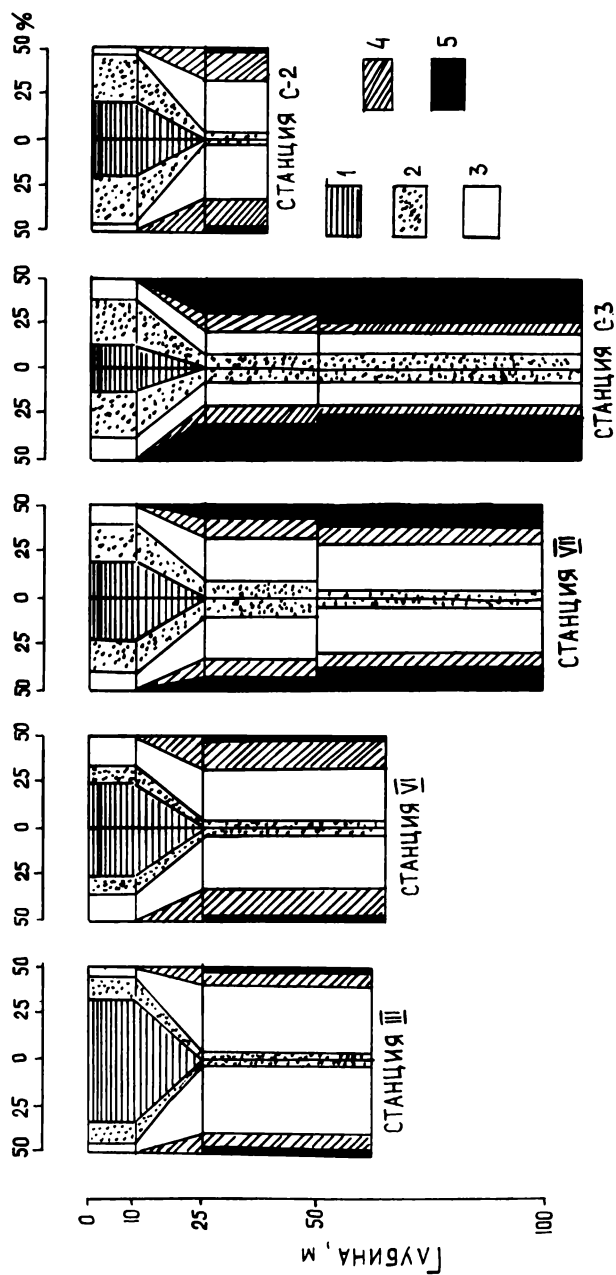


Рис. 2. Процентный состав биомассы зоопланктона в различных участках юго-восточного района Кандалакшского залива в августе 1985 г.:

1 — тепловодные меритические виды, 2 — эврибионтные океанические виды, 3 — умеренно-холодноводные меритические виды, 4 — холодноводные дальнеритические виды, 5 — холодноводные океанические виды

Таблица 3

Биомасса зоопланктона в стандартных слоях воды (мг/м^3) и его общая биомасса от поверхности до дна (мг/м^2) в некоторых участках Кандалакшского залива 8 августа 1985 г.

Слой, м (придонный слой)	Станции (глубина, м)				
	III (68)	VI (63)	VII (98)	С-3 (100)	С-2 (35)
0—10	372	548	292	208	138
10—25	180	206	130	200	602
25—50	(700)	(288)	338	348	(602)
(25 — дно)					
50—100	—	—	(352)	(298)	—
(50 — дно)					
0 — дно	36520	19424	30216	28680	16430

855 мг/м^3 , а ее среднее значение оказалось 465 мг/м^3 . Особенно высокая биомасса зоопланктона наблюдалась в устьевой части губы Чупа (см. табл. 3), где были сконцентрированы *T. longicornis* и *C. hamatus*.

В поверхностных водах открытых районов юго-восточной части Кандалакшского залива (станции VII, С-3) возрастает роль эврибионтных океанических видов, а значение тепловодных неритических в формировании общей биомассы зоопланктона уменьшается (см. рис. 2). Несмотря на огромную численность основного представителя эврибионтного океанического комплекса *O. similis*, биомасса в открытых районах, как правило, ниже, чем в прибрежных, так как этот вид имеет гораздо меньшие размеры, чем большинство представителей тепловодного неритического комплекса.

В прибрежной акватории Сонострова биомасса зоопланктона верхнего 10-метрового слоя гораздо ниже, чем в губе Чупа. Летом 1985 г. она колебалась от 137 до 317 мг/м^3 , а ее среднее значение оказалось всего 216 мг/м^3 . На сравнительно небольшой акватории, отчлененной от моря Соностровом, также проявляется тенденция уменьшения биомассы зоопланктона по мере возрастания роли эврибионтных океанических видов (табл. 4). Чем ближе расположены станции к проливам (особенно к широкому юго-восточному), тем выше процент биомассы этих видов от общей биомассы зоопланктона. Близость к открытому морю сказывается также на присутствии в верхнем 10-метровом слое холодноводных дальне-неритических видов (см. табл. 4).

Значение тепловодных неритических видов в формировании биомассы зоопланктона возрастает по мере удаления от открытых районов Кандалакшского залива, что отражается на уровне общей биомассы. Наибольшая биомасса в прибрежной акватории Сонострова отмечена в августе 1985 г. на разрезе А, а наименьшая — на разрезе С (см. табл. 4).

Характер вертикального распределения биомассы зоопланктона сходен по всей изучавшейся акватории. Глубже 10 м биомасса понижалась в связи с уменьшением количества тепловодных форм,

Общая биомасса зоопланктона (мг/м³) и ее процентный состав в прибрежной акватории Сонострова в августе 1985 г. (для слоя 0—10 м)

Состав зоопланктона	Станции					
	А-2	В-1	В-2	В-3	С-1	С-2
	Биомасса, мг/м ³					
Все виды	317	188	229	241	184	137
	Процент, %					
Тепловодные неритические	53	54	43	42	38	39
Эврибионтные океанические	27	30	31	49	46	53
Умеренно-холодноводные неритические	12	11	26	8	14	4
Холодноводные дальненеритические	0	0	0	0	1	4

а глубже 25 м ее значения возрастали в связи с увеличением количества холодноводных видов. В слое 10—25 м структура планктонного сообщества отличалась большой пространственной изменчивостью без определенной связи с изменениями гидрологических условий. Как было установлено ранее, для структуры зоопланктона этого слоя, приблизительно совпадающего со слоем гидрологического скачка, характерна большая изменчивость эпизодического характера (Прыгункова, Бурлакова, 1977).

В слоях воды глубже 25 м биомасса зоопланктона формируется почти повсюду за счет преимущественного развития видов умеренно-холодноводного неритического комплекса, среди которого доминирующим является *P. minutus*. Наибольшие скопления этого вида были отмечены в августе 1985 г. в 70-метровой впадине вершинной части губы Чупа. Здесь он составлял основную часть биомассы зоопланктона, которая достигла высокого уровня (700 мг/м³). В большом количестве *P. minutus* был сконцентрирован и в 40-метровой впадине прибрежной акватории Сонострова, где биомасса зоопланктона также оказалась высокой (600 мг/м³). В этом участке были многочисленны и виды холодноводного дальненеритического комплекса (*O. borealis* и *C. glacialis*), что повлияло на уровень общей биомассы зоопланктона.

В устьевой части губы Чупа (станция VI) структура зоопланктона глубже 25 м была сходна с таковой прибрежного района Сонострова (см. рис. 2). Основу биомассы зоопланктона составляли виды холодноводных неритических комплексов, главным образом *P. minutus* и *C. glacialis*, однако эти руководящие формы не присутствовали здесь в таком большом количестве, поэтому общая биомасса зоопланктона в устьевой части губы Чупа оказалась ниже, чем в районе Сонострова — всего 288 мг/м³ (см. табл. 3).

Совершенно иная структура зоопланктона в открытых районах Кандалакшского залива (станция VII и С-3), где в глубинных сло-

ях воды существенная роль в формировании общей биомассы принадлежит океаническим видам. В августе 1985 г. эврибионтные океанические виды поверхностных вод распространились на станции VII в большом количестве глубже 25 м, а на станции С-3 и глубже 50 м. Их биомасса в этих слоях воды составляла около 20% общей биомассы зоопланктона (см. рис. 2). В прибрежных районах юго-восточной части Кандалакшского залива подобного явления не наблюдается.

Распространение поверхностных видов (в частности *O. similis*) в глубокие слои отмечено и для отдельных станций в Бассейне Белого моря (Перцова, 1980). Это, по-видимому, связано с особенностями вертикальной циркуляции вод. Сравнение гидрологических условий на разных станциях юго-восточной части Кандалакшского залива показывает, что в открытых районах наибольшие изменения термогалинных характеристик происходят глубже, чем в прибрежных. Так например, на станции VII самые высокие градиенты солености отмечены в слое 20—30 м, на станции С-3 — в слое 30—40 м, а в устьевой части губы Чупа на станции VI — в слое 15—25 м.

В формировании биомассы зоопланктона глубоких слоев воды в открытых районах Кандалакшского залива большое значение имеют виды холодноводного океанического комплекса, особенно *M. longa*. В районе, расположенном мористее Сонострова (станция С-3), этот комплекс видов был доминирующим по биомассе в слоях воды глубже 25 м (см. рис. 2). На станции С-3 холодная глубинная водная масса Белого моря распространялась выше, чем на станции VII (отрицательные температуры зафиксированы на 50 м и на 65 м соответственно), а распресненные поверхностные воды простирались глубже (см. табл. 2), поэтому вертикальная структура зоопланктона была на станции С-3 несколько необычной: холодноводные виды проникали в значительном количестве выше 50 м, а виды поверхностных вод распространялись глубже 50 м. На станции VII вертикальное распределение зоопланктона было более обычным: холодноводные океанические виды концентрировались в придонном слое (50—100 м), а эврибионтные океанические — в верхнем 25-метровом слое воды.

Осенью 1985 г. биомасса зоопланктона почти повсюду резко уменьшилась. Так например, в районе Сонострова средняя биомасса в слое 0—10 м снизилась до 110 мг/м³, а в устьевой части губы Чупа — до 97 мг/м³. Падение биомассы с августа к октябрю произошло за счет уменьшения численности большинства видов зоопланктона (см. табл. 5, 6). Особенно резко снизилась численность тепловодных неритических форм в связи с понижением температуры воды в осенний период. Уменьшение количества холодноводных дальненеритических видов произошло главным образом за счет их миграции в глубоководные районы Кандалакшского залива.

Численность (экз./м³) массовых видов зоопланктона в прибрежной акватории
Сонострова в августе 1985 г. для различных слоев ($\frac{0-10 \text{ м}}{10-\text{дно}}$)

Виды	Станции (глубина, м)					
	А-2 (10)	В-1 (25)	В-2 (28)	В-3 (8)	С-1 (14)	С-2 (38)
<i>T. longicornis</i>	$\frac{2724}{-}$	$\frac{440}{167}$	$\frac{1660}{219}$	$\frac{380}{-}$	$\frac{1116}{-}$	$\frac{1105}{348}$
<i>C. hamatus</i>	$\frac{144}{-}$	$\frac{285}{40}$	$\frac{185}{40}$	$\frac{163}{-}$	$\frac{227}{-}$	$\frac{177}{1}$
<i>A. longiremis</i>	$\frac{409}{-}$	$\frac{270}{89}$	$\frac{146}{44}$	$\frac{840}{-}$	$\frac{291}{-}$	$\frac{76}{1}$
<i>P. leuckarti</i>	$\frac{600}{-}$	$\frac{1800}{166}$	$\frac{300}{118}$	$\frac{1200}{-}$	$\frac{142}{-}$	$\frac{200}{24}$
<i>E. nordmanni</i>	$\frac{84}{-}$	$\frac{10}{1}$	$\frac{70}{2}$	$\frac{140}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{30}{1}$
<i>O. similis</i>	$\frac{15000}{-}$	$\frac{9100}{3960}$	$\frac{11900}{4484}$	$\frac{19000}{-}$	$\frac{13632}{-}$	$\frac{12800}{1804}$
<i>F. borealis</i>	$\frac{240}{-}$	$\frac{1800}{33}$	$\frac{1600}{118}$	$\frac{1000}{-}$	$\frac{852}{-}$	$\frac{500}{28}$
<i>M. norvegica</i>	$\frac{84}{-}$	$\frac{10}{33}$	$\frac{70}{30}$	$\frac{160}{-}$	$\frac{213}{-}$	$\frac{410}{4}$
<i>P. denticulata</i>	$\frac{120}{-}$	$\frac{500}{249}$	$\frac{400}{118}$	$\frac{600}{-}$	$\frac{280}{-}$	$\frac{200}{4}$
<i>P. minutus</i>	$\frac{942}{-}$	$\frac{570}{1105}$	$\frac{1270}{2207}$	$\frac{342}{-}$	$\frac{626}{-}$	$\frac{104}{8188}$
<i>O. borealis</i>	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{996}$	$\frac{2}{732}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{40}{2360}$
<i>C. glacialis</i>	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{25}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{6}{-}$	$\frac{8}{517}$
<i>M. longa</i>	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{1}$

В октябре лишь у немногих форм продолжалось увеличение численности по сравнению с летним периодом. У *M. longa* это явление наблюдается ежегодно, так как массовое развитие молодежи приурочено у этого холодноводного вида к осенне-зимнему периоду. У *A. longiremis* увеличение численности в осенние месяцы по сравнению с летним периодом наблюдается лишь в годы с теплой осенью. В октябре 1985 г. температура верхних слоев воды была выше по сравнению со среднегодовыми значениями. На декадной станции VI в верхнем 15-метровом слое она оказалась выше 5° С, а в верхнем 5-метровом слое — 7,8° С. Обычно же на декадной станции в октябре температура воды в верхнем 5-метровом слое бывает ниже 5° (Бабков, 1982).

Структура зоопланктона в осенний период отличалась однообразием, особенно в верхнем 10-метровом слое. Здесь биомасса складывалась главным образом за счет видов эврибионтного океанического комплекса, (в основном за счет *O. similis*). Биомасса этого вида повсюду составляла более 50% от общей биомассы зоо-

Численность (экз/м³) массовых видов зоопланктона в прибрежной акватории Сонострова и на декадной станции в губе Чупа в октябре 1985 г. для различных слоев воды ($\frac{0-10 \text{ м}}{10-\text{дно}}$)

Виды	Станции			
	А-2	В-3	С-2	Д-1
<i>T. longicornis</i>	$\frac{495}{-}$	$\frac{460}{75}$	$\frac{320}{3}$	$\frac{650}{207}$
<i>C. hamatus</i>	$\frac{13}{-}$	$\frac{15}{7}$	$\frac{22}{11}$	$\frac{270}{4}$
<i>A. longiremis</i>	$\frac{81}{-}$	$\frac{100}{154}$	$\frac{270}{2822}$	$\frac{220}{10}$
<i>P. leuckarti</i>	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>E. nordmanni</i>	$\frac{9}{-}$	$\frac{10}{0}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{100}{2}$
<i>O. similis</i>	$\frac{8013}{-}$	$\frac{8520}{3290}$	$\frac{11710}{1850}$	$\frac{9750}{7600}$
<i>F. borealis</i>	$\frac{450}{-}$	$\frac{250}{67}$	$\frac{200}{1}$	$\frac{150}{50}$
<i>M. norvegica</i>	$\frac{54}{-}$	$\frac{2}{13}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{50}{14}$
<i>P. denticulata</i>	$\frac{63}{-}$	$\frac{20}{47}$	$\frac{20}{50}$	$\frac{0}{1}$
<i>P. minutus</i>	$\frac{180}{-}$	$\frac{750}{2023}$	$\frac{410}{7752}$	$\frac{400}{1640}$
<i>O. borealis</i>	$\frac{1}{-}$	$\frac{3}{563}$	$\frac{0}{1743}$	$\frac{20}{215}$
<i>C. glacialis</i>	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{9}$	$\frac{0}{11}$
<i>M. longa</i>	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{1}$	$\frac{2}{51}$	$\frac{0}{38}$

планктона. Второе место по биомассе принадлежало тепловодному неритическому виду *T. longicornis* несмотря на заметное снижение ее численности по сравнению с летним периодом. Глубже 25 м повсюду доминировал умеренно-холодноводный неритический комплекс видов, преимущественно *P. minutus*.

В заключение нужно остановиться на пространственно-временных изменениях численности личинок донных животных в прибрежной акватории Сонострова. В летний период они были сконцентрированы на разрезе А, наиболее удаленном от открытых районов Кандалакшского залива (табл. 7). За пределами акватории, ограниченной Соностровом, на станции С-3, наблюдалось резкое сокращение численности личинок у всех групп животных, кроме личинок Cirripedia. Уровень численности личинок в летний период был гораздо ниже, чем у науплиусов *Sopropoda*, которые доминировали в сборах зоопланктона сетью из сита № 64, используемой для лова

Численность (экз./м³) личинок донных животных и науплиусов массовых видов зоопланктона в прибрежной акватории Сонострова в августе 1985 г. (для слоя 0—10 м*)

Формы зоопланктона	Станции													
	разрез А						разрез В						разрез С	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
	Larvae													
<i>Bivalvia</i>	200	88	1200	100	600	500	300	200	40					
<i>Gastropoda</i>	1400	625	1000	600	600	167	450	200	30					
<i>Polychaeta</i>	6	0	0	4	10	0	0	0	2					
<i>Echinodermata</i>	4	13	2	0	4	8	10	2	10					
<i>Briozoa</i>	20	5	20	30	30	33	10	10	2					
<i>Cirripedia</i>	0	88	2	1	30	50	0	20	140					
	Nauplii													
<i>M. norvegica</i>	600	1375	1000	2250	1200	1500	2400	900	800					
<i>O. similis</i>	32000	25000	36000	33000	22000	40000	18000	16200	34000					
<i>T. longicornis</i>	2000	2250	2800	1800	2100	7930	1650	100	3000					
<i>C. hamatus</i>	280	500	400	10	300	750	450	100	1					
<i>A. longiremis</i>	1	1	0	0	10	0	10	1	200					
<i>P. minutus</i>	400	1000	1400	10	300	33	600	750	500					

* Личиночный зоопланктон собран сетью Джели с диаметром кольца 36 см и ситом № 64.

личинок. Осенью численность личинок в прибрежной акватории Сонострова снизилась до единичных экземпляров.

Сравнение гидрологических условий в год исследований с условиями в предшествующее время (Бабков, 1982) позволяет отнести 1985 г. к числу теплых лет по интенсивности прогрева верхних слоев воды. Наблюдения за планктоном в губе Чупа показали, что в теплые годы с сильным опреснением верхних слоев в массовом количестве развиваются тепловодные неритические виды (Прыгункова, 1985а). В 1985 г. наблюдалось обильное развитие *T. longicornis* и *C. hamatus*, поскольку опреснение было также очень значительным.

По температурным условиям в слоях воды глубже 25 м 1985 г. следует отнести к числу умеренно-холодных лет, так как температура там была ниже среднегоголетних значений (Бабков, 1982). В 1985 г. в глубоких слоях воды развивались в большом количестве холодноводные неритические виды *P. minutus* и *C. glacialis*, поскольку значительное опреснение охватило и нижние горизонты.

В 1985 г. в планктоне обильно развивались как теплолюбивые, так и холодноводные виды. Подобного явления не наблюдалось в Кандалакшском заливе за 30-летний период исследований (Прыгункова, 1987).

ЛИТЕРАТУРА

- Бабков А. И. Краткая гидрологическая характеристика губы Чупа Белого моря // Исследования фауны морей. Л. 1982. Вып. 27(35). С. 3—18.
- Виркетис М. А. Зоопланктон Белого моря // Исследования морей СССР. Л. 1926. Вып. 3. С. 1—46.
- Перцова Н. М. Средние веса и размеры массовых видов зоопланктона Белого моря // Океанология. 1967. Т. 7. Вып. 2. С. 309—313.
- Перцова Н. М. О количественном вертикальном распределении зоопланктона в Кандалакшском заливе Белого моря // Комплексные исследования природы океана. М. 1971. Вып. 2. С. 153—162.
- Перцова Н. М. Распределение зоопланктона в Бассейне и Кандалакшском заливе Белого моря // Тр. Беломорской биол. станции МГУ. М. 1980. Т. 5. С. 49—68.
- Прыгункова Р. В. Некоторые особенности сезонного развития зоопланктона губы Чупа Белого моря // Исследования фауны морей. Л. 1974. Вып. 13(21). С. 4—55.
- Прыгункова Р. В. Некоторые особенности распределения зоопланктона в различных районах Кандалакшского залива Белого моря // Биология моря. 1977. № 2. С. 27—33.
- Прыгункова Р. В. О некоторых причинах межгодовых изменений распределения зоопланктона в Кандалакшском заливе Белого моря. // Биология моря. 1985. № 4. С. 9—16.
- Прыгункова Р. В. Различия в смене биологических сезонов в планктоне губы Чупа Белого моря в разные годы // Исследования фауны морей. Л. 1985. Вып. 31(39). С. 99—108.
- Прыгункова Р. В. Об исследованиях зоопланктона на Беломорской биол. станции Зоологического института АН СССР // Гидробиол. и ихтиол. исслед. на Белом море. Л. 1987. С. 30—50.
- Прыгункова Р. В., Бурлакова С. С. Влияние эпизодических перемещений зоопланктона на его вертикальное распределение в Кандалакшском заливе Белого моря // Экология морского планктона. Л. 1977. С. 109—114.

- Прыгункова Р. В., Кутчева И. П.* О пространственных и временных изменениях структуры зоопланктона в Онежском заливе Белого моря // Исследования фауны морей. Л. 1985. Вып. 33(41). С. 11—19.
- Эпштейн Л. М.* Зоопланктон Онежского залива и его значение в питании сельди и молоди рыб // Материалы по комплексн. изучению Белого моря. М.—Л., 1957. Т. 1. С. 315—349.
- Эпштейн Л. М.* Зоопланктон Белого моря и его значение в питании сельди // Проблемы использования промысл. ресурсов Белого моря и внутрен. водоемов Карелии. М.—Л., 1963. Вып. 1. С. 98—104.

S u m m a r y

Observations in 1985 have shown, that hydrological conditions and distribution of zooplankton off the Sonostrov and in the Chupa Inlet are different in the summer period. This has a great influence on the size of total biomass of zooplankton; it is higher in Chupa Inlet, where neretic species are dominant in the plankton community.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО РАЗВИТИЮ БЕНТОСНЫХ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ НА МИДИЕВЫХ ХОЗЯЙСТВАХ В БЕЛОМ МОРЕ

Л. Л. Бондарчук, Э. Е. Кулаковский

Some data concerning the development of benthic diatoms on the mussel aquaculture in the White Sea. L. L. Bondarchuk, E. E. Kulakovski

Гидрологические и геоморфологические особенности прибрежной зоны Белого моря благоприятны для массового развития микрофитобентоса (МФБ), который почти целиком состоит из диатомовых водорослей. Предыдущими исследованиями было показано, что бентосные диатомовые — наиболее многочисленная и многообразная группа водорослей, включающая свыше 700 таксонов. Их количественное развитие также велико: в отдельных районах побережья биомасса МФБ вполне сравнима с биомассой макрофитов (Бондарчук, 1971). Учитывая высокий темп деления клеток диатомовых водорослей, а также их повсеместную встречаемость, можно говорить о важной роли этой группы в жизни прибрежных экосистем моря.

Исследование МФБ (в частности микрообрастания) в настоящее время приобретает особую актуальность в связи с работами по культивированию мидий (*M. edulis* L.) в Белом море. По разработанной биотехнологии искусственные субстраты для поселения и роста на них мидий устанавливаются в прибрежной зоне моря в верхнем 10-метровом слое воды (Кулаковский, Кунин, 1983). Именно в этом слое воды наблюдается максимальное количество и видовое разнообразие представителей МФБ. В ряде случаев искусственные субстраты (особенно в первый сезон их нахождения в море) настолько интенсивно обрастали диатомовыми водорослями, что оседание на них и дальнейшее развитие молодых мидий становилось затруднительным. В целях оптимизации условий культивирования мидий (особенно одного из важнейших этапов — оседания на искусственные субстраты) были проведены исследования микрообрастания различных искусственных субстратов, несущих эти субстраты конструкций, самих мидий. Изучался также МФБ с грунта.

В настоящей работе приводится общая характеристика МФБ и рассматривается его роль как существенного компонента биоценоза обрастания в районе размещения мидиевых хозяйств. Материал отбирался из проб, которые служили для оценки состояния мидий на хозяйстве (Кулаковский и др., 1985), а также и из специальных сборов в различных районах акватории, где размещены хозяйства.

Доминирующее положение в МФБ, колонизирующем субстраты в хозяйстве, занимают две экологические группировки бентосных диатомей: первая — прикрепленные виды-обрастатели из по-

рядков *Agaphineae* (род *Synedra*) и *Monographineae* (род *Cocconeis*), вторая включает колониальные виды из порядков *Agaphineae* (род *Fragilaria*) и порядков *Viraphineae* (роды *Berkeleya*, *Navicula*, *Nitzschia*), а также центрические диатомеи из рода *Melosira*. Субдоминантами являются некоторые подвижные формы из родов *Amphora*, *Bacillaria*, *Pleurosigma*.

Исследован МФБ на 3 участках побережья, где находятся экспериментально-промышленные хозяйства по выращиванию мидий: пролив у м. Картеш, бухта Круглая и часть акватории Сонострова. Эти участки, несмотря на относительную близость друг к другу (расстояние между м. Картеш и бухтой Круглой всего 0,5 км, а акватория Сонострова расположена от них на расстоянии около 40 км), отличаются рядом гидрологических параметров (Бабков и др., 1985), что накладывает отпечаток и на характер развития МФБ. В илисто-песчаном грунте пролива у м. Картеш на глубине 5—6 м обнаружены 23 вида диатомей с доминированием *Synedra tabulata*, *Bacillaria paradoxa*, *Grammatophora marina*. Субдоминантами были *Synedra crystallina*, *Hyalodiscus scoticus*, *Cocconeis costata*. На искусственных субстратах хозяйства эти виды занимают также ведущее положение, особенно *Synedra tabulata* с вариантами и *C. costata*. На каменисто-песчаной литорали диатомовый бентос представлен 10 видами с незначительной степенью обилия. Бухта Круглая — более закрытый участок побережья с меньшим водообменом, заиленными грунтами и небольшим опреснением. Пробы, взятые с илистого участка средней литорали, отличались богатым видовым разнообразием МФБ (около 40 видов) с общей численностью до 1—2 млн. кл/см². Здесь хорошо представлен пресноводно-солонатоводный комплекс с массовыми видами *Caloneis amphibaena*, *Mastogloia elliptica*, *Navicula numerosa*, *N. cryptocephala*, *Diploneis litoralis*, *Hantzschia amphioxus*. В сублиторали, на заиленном грунте, с глубины 4 м микроценоз включает более 50 видов диатомей с доминированием видов из родов *Amphora* и *B. paradoxa*. Субдоминантами были *Diploneis subcincta*, *D. interrupta*, *D. smithii*, *Synedra crystallina* и др., однако на искусственных субстратах только *B. paradoxa* встречается с оценкой «часто». В естественных популяциях мидий нижнего горизонта литорали бухты Круглой диатомовые на створках мидий развиты слабо и никогда не достигают высокой степени обилия, наблюдаемой на культивируемых моллюсках. Так, число клеток диатомей на особях одной возрастной группы (4+) составило 1—5 тыс. кл. на раковину мидий из естественного местообитания, а на культивируемых 500—900 тыс. кл. на раковину. Вместе с тем, несмотря на количественное превосходство бентосных диатомей в условиях мариккультуры, их видовой состав крайне обеднен. Большинство видов МФБ, населяющих грунты литоральной и сублиторальной зоны, практически отсутствует в микроценозах, характерных для искусственных поселений мидий. В целом МФБ бухты Круглая гораздо богаче по сравнению с аналогичными био-

топами расположенного вблизи района у м. Картеш, что, по-видимому, и находит свое отражение в различной степени обрастания искусственных субстратов мидиевых хозяйств исследованных участков.

Таким образом, учитывая природный фон бентосных диатомовых водорослей, преимущественно в сублиторальной зоне, можно предполагать, какие виды в случае благоприятной ситуации для их развития окажутся массовыми в условиях марикультуры. Исходя из биологических особенностей этих видов и гидрологического режима данного места, можно предположить масштабы обрастания как искусственных субстратов, так и самих моллюсков.

Как видно, литоральные популяции бентосных диатомей из разных участков побережья сильно отличаются от сублиторальных как по видовому составу, так и по характеру распределения. Это связано с менее стабильными и очень разнообразными условиями литоральной зоны. Однако на заиленных пологих берегах («няша») МФБ имеет сходные с сублиторалью качественные и количественные показатели. На каменистой и каменисто-песчаной литорали микрофитоценозы, как правило, состоят из ограниченного числа видов. В большинстве случаев литоральные виды не достигают высокой численности в условиях марикультуры, где среда обитания приближается к таковой сублиторальной зоны. Исключение, по-видимому, составляют эстуарные районы и устьевые участки мелких ручьев в литорали. В таких местах береговой сток создает дополнительное увлажнение грунта и оказывает распределяющее влияние на прилежащую акваторию. Это придает своеобразный облик диатомовой флоре как литоральной, так и сублиторальной зоны. Примером может служить часть акватории Сонострова, где в верхнем горизонте каменистой литорали, рядом с устьем реки, сплошным покровом представлена *Melosira*. В реофильных условиях указанного биотопа ее колонии становятся более компактными и плотно прикрепляются к поверхности камней. Вероятно, это обстоятельство является главной причиной массовой вегетации *Melosira* на установках мидиевого хозяйства в этом районе. В данном случае именно литоральная популяция бентосных диатомей служит источником расселения микроводорослей по прилежащей акватории. В июле—августе они образуют мощный рыхлый «чехол» на искусственных субстратах. В конце осени этот чехол исчезает. Встречаются только отдельные макроскопические разросшиеся колонии в приповерхностном слое (0,5—1,5 м).

Особого внимания заслуживает наиболее массовый вид беломорского МФБ — *Berkeleya rutilans*. Клетки этого вида диатомей сгруппированы в трубчатые колонии, дихотомически ветвящиеся на концах. По внешнему виду они напоминают талломы нитчатых макрофитов из отдела Phaeophyceae. Отдельные клетки *B. rutilans* имеют небольшие размеры (длина 8—10 мкм) и тесно прилегают друг к другу внутри общего слизистого покрова. В период своего массового развития (вторая половина лета — начало осени) на дне

мелководных защищенных бухт Белого моря в верхней сублиторали образуются водорослевые «маты», масса которых может достигать нескольких кг на 1 м². После окончания вегетационного сезона клетки *B. rutilans* освобождаются из колонии. Переносимые течениями они расселяются по всей акватории. С наступлением нового вегетационного сезона каждая клетка может сформировать колонию, по величине соизмеримую с колониями нитчатых макрофитов. Принимая во внимание биологические особенности этого вида (экологическую пластичность, интенсивность размножения и большие потенциальные возможности к расселению) его следует отнести к наиболее «опасным» видам-обрастателям для мидиевых хозяйств: осев на искусственные субстраты, они могут воспрепятствовать оседанию на субстраты молоди мидий. Кроме того, *B. rutilans* продуцирует большое количество слизи, содержащей главным образом полисахариды (Round, 1971), поэтому в местах массового скопления колоний водорослей в конце вегетационного периода создается весьма неблагоприятная обстановка, обусловленная отмиранием и разложением слизистых пустых трубок. Этот процесс может привести к повышению концентрации органических веществ в воде и возникновению дефицита кислорода. Очевидно, что массовое отмирание и других бентосных диатомей с иной конфигурацией колонии (рр. *Melosira*, *Navicula*, *Fragillaria*) также влияет на уровень эвтрофикации вод.

Помимо скоплений нитчатых диатомовых водорослей, микрофитоценозы также развиваются на искусственных субстратах и на самих моллюсках. Так, во всех указанных районах культивирования на мидиях формируется устойчивый микроценоз независимо от глубины, сезона, возраста и размеров моллюсков. В этом биоценозе доминирует один вид — *S. tabulata*, субдоминантами являются *Cocconeis scutellum* и *C. costata*.

Исследования количества и видового состава микрообрастаний мидий, проведенные в течение года на хозяйстве в районе м. Картеш, выявили ряд закономерностей в развитии этого микроценоза и его структурные особенности. Интенсивное обрастание диатомовыми водорослями всегда локализовано у вершины створки моллюска, занимая около трети ее площади. При массовом развитии *S. tabulata* микрообрастание хорошо выделяется в виде белесого налета, который достаточно плотно фиксирован на раковине. Максимальная численность диатомей отмечена на более крупных моллюсках (возраст 3—4 года) и достигает 2—5 млн клеток на раковину. Самые высокие количественные показатели микрообрастания наблюдались в начале ноября 1985 г., когда его экстенсивность (т. е. доля сильно обросших моллюсков) составляла 60—70%, причем экстенсивность и интенсивность возрастали от периферии к центру акватории хозяйства. Заметим, что в это время года условия осущения в море недостаточно благоприятны для большинства автотрофных организмов, каковыми являются диатомовые водоросли. Наличие в воде «затеняющих» конструкций может

приводить к значительному снижению освещенности. Несмотря на это в воде под марикультурными установками существует богатая флора диатомей, включающая прикрепленные (*Synedra*, *Cocconeis*), колониальные (*Navicula grevillei*, *B. rutilans*, *N. ramosissima*) и одиночные подвижные формы (*N. digitoradiata*, *Pleurosigma elongatum*). Это еще раз свидетельствует о повышенной адаптации бентосных диатомовых водорослей к условиям слабого освещения (Taylor, Gebelein, 1966, Gargas, 1971). В аналогичное время сезона 1986 г. степень обрастания мидий на хозяйстве была в 2 раза меньше, и их видовой состав отличался меньшим разнообразием: субдоминанты и сопутствующие виды практически не встречались. На всех горизонтах преобладала *S. tabulata* с вариантами. Возможно, разная интенсивность обрастания в эти сезоны обусловлена изменением гидрологического режима в результате «разрядки» хозяйства осенью 1985 г. (Бабков, Кулаковский, наст. сб.).

Гораздо более сильное обрастание мидий наблюдалось в части хозяйства, переведенной в бухту Круглую в июне 1986 г., по сравнению с обрастанием мидий района м. Картеш. На отдельных моллюсках в бухте Круглой имелся «наилкок» (детрит, мелкие частицы грунта), способствующий развитию диатомового МФБ. В его состав входили не только типичные виды-обрастатели, но и свободноживущие формы из родов *Hyalodiscus*, *Navicula*, *Amphora*, *Nitzschia*, *Gyrosigma*.

Присутствие *S. tabulata* и других диатомей, прикрепленных к створке, вряд ли можно считать негативным моментом для роста и физиологического состояния мидий: во-первых, будучи смытыми с поверхности створки, диатомеи могут попасть в кишечный тракт моллюска и служить кормом, во-вторых, являясь активными фотосинтетиками, диатомовые водоросли играют не последнюю роль в кислородном балансе акватории. Сказанное справедливо и в отношении колониальных диатомей, массовое развитие которых может оказать положительный эффект на общий кислородный баланс биоценоза мидии.

Таким образом, оценка роли бентосных диатомовых водорослей в марикультуре мидий вряд ли может быть однозначной. С одной стороны, они являются первичными продуцентами и участвуют в биоэнергетических процессах в экосистеме, с другой стороны, при массовом развитии колониальных форм, последние существенно затрудняют оседание личинок мидии на субстрат.

Сопоставление данных по диатомовой флоре исследованных участков побережья (бухта Круглая, м. Картеш, Соностров) позволяет сделать заключение, что в этих местах существует различная вероятность микрообрастания, а следовательно, и разная степень возможного влияния МФБ на марикультуру мидии.

При организации марихозияства необходимо учитывать наличие и особенности естественного фона МФБ, его таксономический состав в конкретном месте и экологические характеристики доми-

нирующих видов. Отдельные виды диатомовых водорослей весьма чувствительны к гидрологической обстановке в том или ином районе моря и уровню его эвтрофикации (Fjerdingstad, 1965; Lange-Bertalot 1977; Bahl, 1979). В связи с этим очевидна их роль как индикаторов внешней среды. Известно, что диатомовые водоросли (в частности бентосные виды) склонны к гетеротрофному питанию (Lewin, 1960; Darley et al., 1979). В некоторых пробах МФБ, взятого из центральной части мидиевого хозяйства, расположенного в районе м. Картеш, значительным количеством были представлены мелкие виды *Amphora coffeaeformis*, *A. exigua*, *Nitzschia closterium* и неидентифицированный вид *Nitzschia* с почти бесцветным хлоропластом, ранее не отмечавшийся в беломорской флоре. Исходя из собственных наблюдений, согласующихся с литературными данными (Tornabene et al., 1974), замечено, что указанные диатомеи встречаются в местах с повышенным содержанием органических веществ. Имеются также сведения, что увеличение продуктивности диатомовых водорослей может быть вызвано высокой концентрацией азота (Marcus, 1980). Массовое развитие *M. moniliformis* и *M. nummuloides*, отмеченное в Сонострове является показателем значительного количества растворенных в воде органических веществ, а также некоторого распреснения части данной акватории. Кроме того, образование нитчатых колоний *Melosira*, *Navicula*, *Fragilaria* в виде рыхлых чехлов толщиной до 10—15 см вокруг искусственных субстратов свидетельствует о недостаточном водообмене в «межсубстратном пространстве».

При оценке диатомового обрастания, а также для прогнозирования возможности его развития на марикультурных установках необходимо учитывать, прежде всего, два фактора. Первый — природный фон МФБ, который служит потенциальным источником колонизации искусственных субстратов. При этом виды, не являющиеся массовыми в природных популяциях, могут занять доминирующее положение на искусственном субстрате. Второй фактор — гидродинамический режим, определяющий водообмен как в самой акватории, так и у поверхности субстрата. При хорошем водообмене большинство колониальных нитчатых видов не достигает массового развития.

Заключение

Рассматривая различные аспекты возможного влияния МФБ на марикультуру мидий на Белом море, следует в первую очередь учитывать взаимосвязь искусственно создаваемых в толще воды массовых поселений моллюсков и окружающей среды. Показано, что в районе поселения мидий вообще (а в условиях марикультуры в особенности), существует специфическая среда, оказывающая влияние на жизнедеятельность всей экосистемы (Гальцова и др., 1985). Наши данные свидетельствуют о том, что представители МФБ очень чутко реагируют на изменение среды обитания,

вызывая нежелательные, с точки зрения марикультуры, последствия. Непосредственно на мидиевых хозяйствах имели место два таких явления, что собственно и вызвало более детальное изучение нами МФБ. Во-первых, это — интенсивное обрастание искусственных субстратов для оседания мидий, слишком рано выставляемых в море. На такие обросшие субстраты оседает незначительное количество молодежи мидий. Во-вторых, при неправильной постановке всего хозяйства, отражающейся прежде всего на ухудшении водообмена, особенно в центральной части хозяйства, создаются благоприятные условия для интенсивного развития МФБ уже на тех субстратах, где мидии первоначально (например, в первый сезон роста) развивались нормально. Это может привести к прекращению роста мидий и даже к их гибели. Следует учитывать и возможности стимуляции развития представителей МФБ из-за возрастания концентраций органических форм азота и фосфора, а также ряда других РОВ в местах крупных мидиевых хозяйств (Головкин и др., 1976). Ранее были рассмотрены вопросы возможного влияния диатомовых, обрастающих живых мидий, на жизнедеятельность самих мидий (Брайко, 1979). Следует подчеркнуть, что в условиях эксперимента в том же самом месте, где в настоящее время находится опытно-промышленное хозяйство, ни на субстратах, ни на самих мидиях столь значительного обрастания МФБ, как это было в 1985 г. и имеется сейчас в бухте Круглой, не наблюдалось (Кулаковский, Рычкова, 1985). Перевод части хозяйства (около трети) в бухту Круглую благоприятно сказался на водообмене акватории у м. Картеш, что не замедлило отразиться и на увеличении темпа роста мидий в сезон 1986 г. Увеличение водообмена вызвало и уменьшение обрастания представителями МФБ как искусственных субстратов, так и самих мидий. В то же время в бухте Круглой, водообмен в которой значительно хуже, чем у м. Картеш, обстановка для роста мидий еще более ухудшилась в результате размещения там значительного количества искусственных субстратов и носителей. Это также отразилось на усилении процесса обрастания и субстратов, и мидий, и, в конечном счете, на понижении темпов роста моллюсков.

Результаты настоящей работы позволили скорректировать время выставления искусственных субстратов для оседания на них молодежи мидий. Время это определяется конкретно для каждого района моря. В наших условиях субстраты нужно выставлять за неделю до массового пика поздних стадий личинок мидий в планктоне. Этого времени вполне хватает для формирования на субстратах сообщества перифитонных микроорганизмов, которое, по данным многих исследователей, способствует оседанию на субстрат личинок беспозвоночных животных (Colwell, 1984; Серавин и др., 1985). В то же время при недельном сроке экспозиции субстратов в сообществе перифитонных микроорганизмов в условиях Белого моря преобладают бактерии, а численность диатомовых водорослей (особенно колониальных) еще невелика (Лайус, Кулаков-

ский, 1985). Таким образом, недельный срок экспозиции искусственных субстратов является благоприятным для массового оседания молодежи мидий. Позднее на таких уже занятых мидией субстратах в условиях достаточного водообмена интенсивного развития МФБ не происходит. Кроме того, данные, полученные нами, подтверждают правильность предложенной биотехнологии культивирования мидий в Белом море, предусматривающей размещение хозяйств без существенного нарушения водообмена по всей акватории хозяйства. Опыт, вытекающий из работы первых опытно-промышленных хозяйств, свидетельствует о том, что даже в местах с нормальным водообменом, с достаточной для мидии кормовой базой и достаточным количеством их личинок в планктоне, размещение элементов самого хозяйства должно осуществляться так, чтобы на всей его площади условия водообмена были бы одинаковы и существенно не отличались от исходного (т. е. до постановки конструкций мидиевых хозяйств).

Выводы

1. Результаты проведенного исследования свидетельствуют об относительной бедности видового состава МФБ в условиях марикультуры. Высокая степень доминирования характерна для 1—2 видов как для обрастания марикультурных конструкций, так и для обрастаний самих моллюсков.

2. Заметных сукцессионных явлений в диатомовых обрастаниях раковин мидий не обнаружено, что характеризует стабильность этого микроценоза, где руководящей формой является *Synedra tabulata*.

3. Установлены резко выраженные сезонные колебания численности колониальных диатомей, развивающихся на субстратах с мидиями.

4. Обрастания поверхности разных предметов (плоты, субстраты, моллюски, шиферные пластинки, стекла) имеют существенные количественные и качественные различия. Это свидетельствует об избирательном оседании диатомовых клеток и связано с физико-химическими свойствами субстрата.

5. При культивировании мидий в Белом море наиболее важную роль в обрастании играют нитчатые колониальные диатомей *B. rutilans*, *M. moniliformis*, *M. nummuloides*.

ЛИТЕРАТУРА

- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Гидрологический режим некоторых районов губы Чупа Белого моря в связи с их использованием для марикультуры мидий. // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры в Белом море. Л.: изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 4—8.
- Бондарчук Л. Л. Количественная характеристика эпифитных диатомей Кандакшского залива Белого моря.— М.: Изд. МГУ. С. 9—11.

- Брайко В. Д. Метаболиты мидий и их роль в модификации микроусловий ценоза обрастания. // Биология моря. Киев. 1979. № 48. С. 9—15.
- Гальцова В. В., Галкина В. Н., Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Лайус Ю. А., Лукина Т. Г. Исследование биоценоза мидии на искусственных субстратах в условиях марикультуры на Белом море. // Экология обрастания в Белом море. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 76—88.
- Головкин А. Н., Гаркавая Г. П., Чурбанова И. В. Влияние метаболитов мидий на динамику биогенных веществ в прибрежных зонах Восточного Мурмана. // Океанология. 1976. Т. 16. Вып. 3. С. 451—456.
- Кулаковский Э. Е. Перспективы промышленной марикультуры мидий в Белом море. // Тез. докл. 4 Всесоюз. конф. по промысловым моллюскам. Севе-стополь. 1986. С. 248—250.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море.— Л.: Наука. С. 3—35.
- Кулаковский Э. Е., Рычкова М. А. Видовой состав диатомовых водорослей обра-стающих мидий в условиях марикультуры. // Экология обрастания в Белом море. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 85—91.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Сухотин А. А. Анализ развития мидий на опытно-промышленном мидиевом хозяйстве в губе Чупа Белого моря. I. Первый сезон роста. // Экологические исследования перспективных объектов мари-культуры в Белом море. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 29—39.
- Лайус Ю. А., Кулаковский Э. Е. Формирование сообщества перифитонных микро-организмов в условиях марикультуры мидий в Белом море. // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Бе-лого моря. Тез. докл. регион. конф. Архангельск. 1985. С. 124—125.
- Серавин Л. Н., Миничев Ю. С., Раилкин А. И. Изучение обрастания и биоповреж-дений морских антропогенных объектов, некоторые итоги и перспективы. // Экология обрастания в Белом море. Л.: изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 5—29.
- Bahls L. L. Benthic diatom diversity as a measure of water quality. // Proc. Mont. Acad. Sci. 1979. P. 1—6.
- Colwell R. R. The industrial potential of marine biotechnology. // Oceanus. 1984. Vol. 27. N 1. P. 1—12.
- Darley W. M. Utilisation of dissolved organic carbon by natural population of epibenthic salt marsh diatoms. // J. Phycol. 1979. Vol. 15. N 1. P. 1—5.
- Fjerdingstad F. Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicroorganisms. // Int. Revue ges. Hydrobiol. Bd. 50. N 4. P. 475—604.
- Gardas E. «Sun-Shade» adaptation in microbenthic algae from the Oresund. // Ophelia. 1971. Bd. 9. N 4. P. 107—112.
- Lange-Bertalot H., Bio-Indicatoren. Neue Algen ersetzen Megerate. // Umschau Wiss. und Techn. 1977. Bd. 77. N 19. P. 642—643.
- Lewin J. C., Lewin R. A. Autotrophy and heterotrophy in marine littoral diatoms. // Canad. Journ. Microbiol. 1960. Vol. 6. P. 128—134.
- Marcus M. D. Periphytic community response to chronic nutrient enrichment by reservoir discharge. // Ecology. 1980. Vol. 61. N 2. P. 387—399.
- Round F. E. Benthic marine diatoms. // Oceanogr. and Mar. Biol. Annu. Rev. 1971. Vol. 9. P. 83—139.
- Taylor W. R., Gebelein C. D. Plant pigments and light penetration in intertidal sediments. // Helgoland. Wiss. Meeresunters. 1966. Bd. 13. N 3. P. 229—273.
- Tornabene T. G., Kates M. Sterols, aliphatic hydrocarbons and fatty acids of a nonphotosynthetic diatom, *Nitzschia alba*. // Lipids. Vol. 9. N 4. P. 279—284.

S u m m a r y

Periphytic diatoms of artificial substrata, their bearers and cultured mussels themselves were investigated. Microphytobenthos of nearby region was also studied. Either positive or negative influence of periphytic diatoms on mussel development on artificial substrata was shown. Problems of prognosticating of microgrowing on mariculture constructions in certain place and the time of putting out the substrata for mussel settlement are discussed.

СООБЩЕСТВО ПЕРИФИТОННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ МАРИКУЛЬТУРЫ МИДИЙ НА БЕЛОМ МОРЕ: ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Ю. А. Лайус, Э. Е. Кулаковский

The periphytic microorganisms community under mussel aquaculture conditions:
the main stages of its formation. Yu. A. Lajus, E. E. Kulakovski

Биоценоз, развивающийся на искусственных субстратах, используемых в марикультуре мидии, представляет собой типичный для Белого моря биоценоз обрастания (Ошурков, 1982). Комплексное изучение этого биоценоза имеет большое значение для совершенствования биотехнологии выращивания мидии. Одним из важных аспектов этого исследования является изучение развития мидиевого биоценоза в условиях марикультуры. Известно, что процесс развития биоценозов обрастания носит выраженный сукцессионный характер (Sheer, 1946; Crisp, 1965; Зевина, 1972; Брайко; Долгопольская, 1974; Сиренко и др., 1978; Ошурков, 1985), причем процесс этот начинается уже в первые часы после погружения субстрата в воду, с оседания на его поверхность различных микроорганизмов, главным образом бактерий и диатомовых водорослей. Таким образом, первой фазой сукцессии всегда является бактериальная (Зевина, 1972).

Для обозначения совокупности микроорганизмов, обитающих на поверхности погруженных в воду предметов, различные исследователи использовали несколько терминов: бактериальный перифитон (Карзинкин, 1934), микроорганизмы первичной пленки (ZoBell, 1946; Wood, 1950), бактериально-водорослевая пленка (Зевина, 1972; Серавин и др., 1985). Еще в 1926 г. Г. С. Карзинкин показал, что для комплекса микроорганизмов перифитона характерны основные признаки биоценоза. В соответствии с этим в 1969 г. Ю. А. Горбенко предложил термин «сообщество перифитонных микроорганизмов» (СПМ). В аналогичном смысле некоторыми исследователями используется термин «сообщество микрообрастания» (Серавин и др., 1985).

Значение изучения СПМ для марикультуры мидии определяется той значительной и многообразной ролью, которую оно играет в развитии и функционировании биоценозов обрастания. Развиваясь на поверхности искусственных субстратов, организмы СПМ существенно изменяют ее химические и адгезивные свойства, по данным многих авторов, подготавливая поверхность для оседания личинок беспозвоночных животных. Подробный обзор этих данных приведен в работе Л. Н. Серавина с соавторами (1985), где сделан вывод о том, что накопившихся данных достаточно для того, чтобы говорить об активной роли бактериально-водорослевой пленки в оседании многих (если не большинства) морских организмов-обрастателей. Имеются данные о непосредственном влия-

нии веществ, выделяемых бактериями, на метаморфоз и оседание личинок устриц (Colwell, 1984). Таким образом, несмотря на то, что нам неизвестны конкретные работы о влиянии СПМ на оседание и метаморфоз личинок мидий, можно предположить, что это влияние является в той или иной мере существенным. В связи с вопросами марикультуры необходимо отметить и возможное негативное воздействие СПМ на оседание и развитие мидий. Так, было замечено, что массовое развитие в СПМ нитчатых диатомовых водорослей, наблюдающееся на поздних стадиях его формирования, создает неблагоприятные условия для оседания личинок (Бондарчук, Кулаковский, наст. сб.), поэтому для оптимизации сроков выставления субстратов необходимо знание не только экологии, эмбриологии и личиночного поведения мидии, но и закономерностей формирования СПМ на искусственных субстратах и особенностей этого процесса в конкретных районах моря.

Материал и методика

Изучение формирования сообщества перифитонных микроорганизмов проводилось в районе опытно-промышленного мидиевого хозяйства, расположенного в губе Чупа в проливе возле мыса Картеш, а также на контрольном участке в губе Лево́й, расположенной за пределами влияния хозяйства, в 1983 и 1984 гг. (в год постановки хозяйства и в первый год роста мидий) в августе при средней температуре воды 14—16° С.

Прямые наблюдения СПМ проводили методом «стеклообрастания». Стекла подвешивали в акватории хозяйства на глубинах 0,5; 1; 2 и 3 м, т. е. в слое воды, в котором размещаются искусственные субстраты. Экспозиция стекол в море составляла от 4 ч до 20 суток. Часть стекол просматривали «прижизненно» с использованием фазово-контрастной установки при увеличениях 400 \times и 900 \times . Другую часть фиксировали в парах 1% осмиевой кислоты и окрашивали карболовым эритрозинном (Разумовская и др., 1960). Некоторые стекла после фиксации окрашивали по Граму в модификации Хукера (Методы общей бактериологии, 1983).

Результаты исследований

Первые микроорганизмы обнаруживались на стеклах через 8—10 ч их экспозиции в море. Это были в основном мелкие короткие палочковидные бактерии. Через сутки их средняя численность составляла 1,5 тыс. кл/мм². Кроме палочковидных бактерий, встречались также кокки и вибрионоподобные изогнутые клетки. Палочковидные бактерии были преимущественно грамотрицательными, кокки — исключительно грамположительными. По поверхности стекла клетки располагались неравномерно. Делящихся клеток было мало, микроколонии не наблюдались.

Через 3 суток количество бактерий увеличилось, но основные формы остались прежними. Кроме мелких палочек, наблюдались более крупные вытянутые клетки. Появились длинные гибкие скользкие бактерии, которые активно перемещались по поверхности стекла (рис. А, *вклейка*). Отмечались вибрионы и спириллы, последние иногда образовывали небольшие микроколони. Распределение клеток бактерий по-прежнему было неравномерным (рис. Е, *вклейка*). Появились цианобактерии и отдельные мелкие подвижные клетки диатомовых водорослей.

Через 5 суток средняя численность бактерий составляла около 3 тыс. кл/мм². Распределение клеток по поверхности было строго агрегированным, но микроколони не наблюдались. В отдельных местах отмечались скопления морфологически сходных клеток, располагающихся на значительном, в 2—4 раза превышающем длину клетки, расстоянии. Доминирующей группой бактерий по-прежнему были палочки, численность которых равнялась 2—2,5 тыс кл/мм². Численность кокковидных форм была мала — 150 кл/мм², они не образовывали скоплений и встречались довольно регулярно. В значительном количестве развивались стебельковые бактерии, морфологически сходные с бактериями родов *Caulobacter* и *Nuphromicrobium* (рис. В, Г, *вклейка*). Распределение их по поверхности было крайне неравномерным: при средней численности 120 кл/мм² они часто образовывали скопления до 20—80 и более клеток, расположенных на значительном расстоянии друг от друга. Появились единичные клетки спирохет (рис. Д, *вклейка*). Резко возросла численность диатомовых водорослей — на 5-е сутки она равнялась 15—20 кл/мм² в основном за счет неколонизальных форм. Появились жгутиконосцы и инфузории (рис. Б, *вклейка*).

Через 7 суток картина в целом не изменилась, лишь увеличилась численность микроорганизмов всех указанных выше групп. Существенно больше стало диатомей. Наблюдались скопления стебельковых бактерий, палочек и мелких кокков, но выраженные микроколони не наблюдались. Часто такие скопления располагались рядом с клетками диатомовых водорослей, а стебельковые бактерии и спирохеты могли прикрепляться непосредственно к их поверхности. В это время в составе СПМ появлялись актиномицеты.

Через 10 суток диатомовые водоросли уже встречались большими группами, преобладали виды родов *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Cocconeis*. Появились колониальные диатомей *Melosira moniliformis*, *M. nummuloides* и *Berkeleya rutilans*. Наблюдались хорошо развитые мицелии актиномицетов (рис. Ж, *вклейка*). В это время на стекла начинали оседать макроорганизмы обрастания — велигеры мидий, а в 1983 г. — особенно активно мелкие полихеты *Nereityra punctata*.

Через 14 суток на стеклах началось образование сплошного слоя диатомовых водорослей, в основном благодаря обильному

развитию колониальных форм. В отдельных местах диатомеи начинали отмирать (рис. 3, *вклейка*). Встречались микроорганизмы всех указанных групп. Бактерии по-прежнему располагались в основном одиночно, микроколонии отсутствовали. Часто встречались сидячие инфузории рода *Vorticella* (рис. И, *вклейка*). Сплошной слой диатомовых водорослей образовывался на 17—20 сутки.

На контрольном участке процесс формирования СПМ в целом проходил аналогично. В СПМ возраста 5 суток, развивавшегося в акватории мидиевого хозяйства, отмечалась более высокая численность бактерий и более низкая — диатомовых водорослей, чем в контроле, но из-за высокой дисперсии различия оказались статистически недостоверными. Для других сроков экспозиции такое сравнение не проводилось. Не обнаружилось существенных различий в формировании СПМ на разных глубинах, можно отметить лишь более интенсивное развитие диатомовых водорослей в верхних более светлых и прогретых горизонтах.

Обсуждение результатов

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что для процесса формирования СПМ в условиях Белого моря характерны общие черты сукцессионного развития, выявленные при исследованиях в других морях. А. Редфильд и Э. Диви (1957), проанализировав работы по микрообрастанию, отметили последовательность в развитии микроорганизмов перифитона. Вначале на погруженные в море стеклянные пластины оседают бактерии. Диатомовые водоросли появляются на 2—3 сутки, затем — простейшие: жгутиконосцы, амёбы и инфузории. Предполагая, что присутствие одних видов микроорганизмов может создавать благоприятные условия для развития других, указанные авторы пришли к выводу, что процесс развития СПМ происходит по закону биотической сукцессии. В дальнейшем было выяснено, что сроки появления и численность микроорганизмов изменяются в зависимости от сезона и места наблюдения, но общая схема процесса подтверждается многими исследованиями, проводившимися в различных морях и океанах: в Черном море (Горбенко, 1977), в Каспийском море (Багиров, 1977), на Атлантическом побережье Северной Америки (Marshall et al., 1971a, b), у берегов Новой Зеландии (Skerman, 1956).

Известно, что погруженные в воду искусственные поверхности адсорбируют из воды различные органические вещества (Marshall, 1980), при этом концентрация их на поверхности существенно превышает концентрацию в окружающей субстрат воде. Накопленные таким образом органические вещества могут служить питательным субстратом для микроорганизмов (Fletcher, Marshall, 1982). При формировании СПМ, по-видимому, происходит избирательное прикрепление отдельных групп бактерий, вследствие че-

го изменяются свойства поверхности и инициируется сукцессия (Marshall et al., 1971b). Показано, что первыми колонизаторами поверхностей являются так называемые бактерии-карлики (Magshall, 1980). Вероятно, они представляют собой голодающие формы копитрофных бактерий — бактерий, для развития которых требуется большое количество питательных веществ (от copiosus — обильный). В дальнейшем в результате роста на богатых органическим веществом поверхностях они приобретают нормальные размеры. Обычно, как и в наших исследованиях, в первые часы в СПМ преобладают мелкие грамотрицательные палочковидные бактерии (Marshall et al., 1971a, Coore, 1974). Размножение копитрофных бактерий приводит к утилизации питательных веществ, что вызывает преимущественное развитие олиготрофных форм (в частности стебельковых), которые обычно появляются на стеклах после 24-часовой экспозиции их в море. Затем в сообществе появляются хищники — скользящие бактерии и, позднее, простейшие. Среди простейших сначала преобладают одиночные подвижные формы, а затем в значительном количестве встречаются колониальные простейшие (Парталы, 1978; Жариков, 1980). Диатомовые водоросли могут проявляться на поверхностях уже в первые сутки экспозиции субстратов в море (Горбенко, 1977; Багиров, 1977; Skermap, 1956), но их массовое развитие наблюдается обычно после обильного заселения поверхности бактериями, примерно на 5-е сутки развития сообщества. Это подтверждается и нашими наблюдениями. Имеются данные о том, что бактерии способствуют прикреплению диатомей своими прижизненными выделениями (Кучерова, Горбенко, 1963; Coore, 1970). Ю. А. Горбенко (1977) выделяет два этапа в процессе формирования СПМ: до образования слоя диатомовых водорослей и после. На первом этапе численность диатомовых водорослей во много раз меньше, чем бактерий. С появлением в составе СПМ диатомовых водорослей начинается новое накопление питательных веществ, что влечет за собой уменьшение количества олиготрофных бактерий и массовое развитие копитрофных, которые питаются как прижизненными выделениями водорослей, так, позднее, и минерализуя отмирающие клетки диатомей. Общая численность бактерий, как правило, сильно возрастает, несмотря на то, что диатомовые водоросли могут сдерживать увеличение численности бактерий с помощью своих метаболитов (Горбенко, Кучерова, 1963). Между бактериями и диатомовыми водорослями устанавливаются довольно сложные метабиотические взаимоотношения, играющие важнейшую роль в процессе формирования и поддержания стабильности сообщества. Кроме обеспечения питательными веществами, водоросли постоянно пополняют запасы кислорода в сообществе. В свою очередь, бактерии выделяют углекислоту, фосфаты, аммиак и другие вещества, которые могут использоваться водорослями. Косвенным подтверждением тесной связи бактерий и диатомовых водорослей в СПМ является отмечаемая

при прямых наблюдениях зависимость в их распределении по поверхности стекла.

Описанные выше закономерности формирования СПМ были изучены в основном методом «стеклообрастания». Этот метод был применен для изучения морских бактерий впервые в 1933 г. (Zobell, Allen, 1933). Возникает вопрос: правомочно ли перенесение данных, полученных на стеклах обрастания, на процесс формирования СПМ, происходящий на субстратах с совершенно другими физико-химическими свойствами, например, на используемых в марикультуре искусственных субстратах — капроновый фал или дель? Считается, что для прикрепления микроорганизмов свойства субстрата не имеют решающего значения, а основным фактором, влияющим на этот процесс, является количество и состав органического вещества в воде, окружающей субстрат (Горбенко, 1977). Это связано с тем, что при погружении в воду естественного водоема свойства любого субстрата претерпевают очень сильные изменения, так как на поверхностях, как указывалось выше, адсорбируются органические вещества, при этом различия между свойствами поверхностей различных субстратов сглаживаются (Neihof, Loeb, 1974). Так, известно, что процесс формирования СПМ протекает сходно на таких различных субстратах как стальные и стеклянные пластинки (Gerchakov et al., 1977).

Большинство исследователей, изучавших процесс формирования СПМ, отмечает развитие микроколоний бактерий (Согре, 1974; Крисс, Маркианович, 1954; Горбенко, 1977; Крисс, 1958; Gerchakov et al., 1977). По данным Ю. А. Горбенко (1977), в Черном море бактерии образовывали микроколонии уже на 5—7 сутки, размеры некоторых микроколоний достигали 50 мкм и более. А. Е. Крисс (1958) наблюдал образование микроколоний в районе Северного полюса уже при 24-часовой экспозиции стекл. Мы не наблюдали развития настоящих микроколоний, отмечались лишь отдельные скопления клеток бактерий, которые находились на значительных расстояниях друг от друга. Видимо, такие скопления, как и микроколонии, могут возникать в результате размножения первоначально осевших клеток. Но, в отличие от микроколоний, в которых после деления клетки располагаются рядом, здесь, вероятно, имеет место перемещение дочерних клеток. Возможность таких перемещений была показана для бактерий, развившихся на поверхности стекл, погруженных в воду горячего источника (Vott, Brock, 1970). Перемещение могло осуществляться за счет боковых жгутиков, которые часто образуются у морских бактерий при их прикреплении к твердым поверхностям (Voeg et al., 1975). Формирование таких скоплений может быть вызвано дефицитом органического вещества в сообществе. Когда стекла обрастания инкубировали на питательной среде, на них образовывались настоящие компактные микроколонии.

Таким образом, в результате проведенных исследований мы можем говорить о принципиальном сходстве процесса формиро-

вания СПМ в Белом море с процессами формирования СПМ, описанными для других морей, отмечая некоторое замедление этого процесса, связанное с более низкими температурами воды в Белом море. Особенно четко это замедление заметно при сопоставлении сроков образования слоя диатомовых водорослей: 7 дней в Карибском море (Горбенко, 1968), 14 дней в Черном море (Горбенко, 1977), 17—20 дней в Белом море.

С практической и теоретической точек зрения важен вопрос о влиянии марикультуры на развитие СПМ. Известно, что в районе мидиевых хозяйств наблюдается увеличение количества РОВ, численности бактерио- и фитопланктона (Гальцова и др., 1985), что несомненно должно оказывать влияние на развитие СПМ. Но для выяснения особенностей формирования СПМ в условиях марикультуры необходимы более детальные исследования (в особенности количественные), так как влияние марикультуры, по-видимому, не будет затрагивать качественную сторону процесса, которая оказывается сходной даже в удаленных друг от друга регионах с совершенно различными условиями среды.

ЛИТЕРАТУРА

- Багиров Р. М.* Основные особенности формирования микрообрастания Каспийского моря // I съезд сов. океанологов (Тез. докл.) М.: Наука.— 1977.— Вып. 2.— С. 117.
- Брайко В. Д., Долгопольская М. А.* Основные черты формирования ценоза обрастания // Гидробиол. журн.— 1974.— Т. 10, № 1.— С. 11—19.
- Гальцова В. В., Галкина В. Н., Кулаковский Э. Е., Кукин Б. Л., Лайус Ю. А., Лукина Т. Г.* Исследование биоценоза мидий на искусственных субстратах в условиях марикультуры на Белом море // Экология обрастания в Белом море. Л.: ЗИН АН СССР.— 1985.— С. 76—89.
- Горбенко Ю. А.* Формирование первичной слизистой пленки на предметах, погруженных в море в районе литорали Мексиканского залива // Исследования центрально-американских морей. Киев.: Наукова думка.— 1968.— Вып. 2.— С. 112—125.
- Горбенко Ю. А.* Сообщество перифитонных микроорганизмов как биологическая система // Океанология.— 1969.— Т. 2.— С. 318—327.
- Горбенко Ю. А.* Экология морских микроорганизмов перифитона.— Киев.: Наукова думка.— 1977.— 250 с.
- Горбенко Ю. А., Кучерова З. С.* Взаимоотношения диатомовых водорослей и палочковидных бактерий в первичной пленке обрастания в море // Тр. Севастоп. биол. ст.— 1964.— Вып. 15.— С. 485—492.
- Жариков В. В.* Участие простейших в обрастании стекол в Черном море // Вестник ЛГУ.— 1980.— № 1.— С. 21—32.
- Зевина Г. Б.* Обрастания в морях СССР.— М.: МГУ.— 1972.— 214 с.
- Карзинкин Г. С.* К изучению бактериального перифитона // Тр. лимнолог. ст., Косино.— 1934.— Вып. 17.— С. 21—49.
- Крисс А. Е.* Микробное население океана в районе Северного полюса // Тр. Ин-та микробиол.— 1958.— Вып. 5.— С. 186—199.
- Крисс А. Е., Маркианович Е. М.* Наблюдения за скоростью размножения микроорганизмов в морских водоемах / Микробиология.— 1954.— Т. 23. Вып. 5.— С. 551—560.
- Кучерова З. С., Горбенко Ю. А.* Влияние бактериальной пленки на оседание диатомовых водорослей // Тр. Севастоп. биол. ст.— 1963.— Т. 16.— С. 443—446.

- Методы общей бактериологии.*— М.: Мир.— 1984.— Т. 1. 150 с.
- Ошурков В. В.* Динамика и структура некоторых сообществ обрастания в Кандакшском заливе Белого моря // Повышен. продуктивн. и рациональн. использ. биол. ресурсов Белого моря. Л.: ЗИН АН СССР.— 1982.— С. 67—69.
- Ошурков В. В.* Динамика и структура некоторых сообществ обрастания и бентоса Белого моря // Экология обрастания в Белом море. Л.: ЗИН АН СССР.— 1985.— С. 44—60.
- Парталы Е. М.* Инфузория *Folliculina producta* в обрастании Азовского моря // Зоол. журн.— 1978.— Т. 57, № 7.— С. 1618—1622.
- Разумовская Э. Г., Чижик Г. Я., Громов Б. В.* Лабораторные занятия по почвенной микробиологии.— Л.: ЛГУ.— 1960.— 184 с.
- Редфильд А. К., Диви Э. С.* Биология обрастания // Морское обрастание и борьба с ним. М.: Воениздат.— 1957.— С. 59—212.
- Серавин Л. Н., Миничев Ю. С., Раилкин А. И.* Изучение обрастания и биоповреждений морских антропогенных объектов (некоторые итоги и перспективы) // Экология обрастания в Белом море. Л.: ЗИН АН СССР.— 1985.— С. 5—29.
- Сиренко Б. И., Кукин Б. Л., Ошурков В. В., Катаева Т. К., Бабков А. И., Голиков А. Н., Хлебович В. В., Кулаковский Э. Е.* Сукцессии биоценозов обрастания на искусственном субстрате в Белом море // Закономерности распределения и экологии прибрежных биоценозов. Л.: Наука.— 1978.— С. 10—13.
- Boer de W. E., Goltjen C., Sheffers W. A.* Effects of some physical factors on flagellation and swarming of *Vibrio Alginoliticus* // Neth. J. Sea Res.— 1975.— Vol. 9, N 2.— P. 197—213.
- Bott T. L., Brock T. D.* Growth and metabolism of periphytic bacteria: methodology // Limnol. Oceanogr.— 1970.— Vol. 15.— P. 333—342.
- Colwell R. R.* The industrial potential of marine biotechnology // Oceanus — 1984.— Vol. 27, N 1.— P. 3—12.
- Corpe W. A.* Attachment of marine bacteria to solid surfaces // Adhesion in biological systems. (Ed. R. S. Manly).— Ac. Press, NY, L.— 1970.— P. 74—89.
- Corpe W. A.* Periphytic marine bacteria and the formation of microbial films on solid surfaces // Effects of the ocean environment on microbial activities. (Ed. R. R. Colwell, R. Y. Morita).— Baltimore, Univ. Park. Press.— 1974.— P. 397—417.
- Crisp D. J.* Surfaces chemistry, a factor in the settlement of marine invertebrate larvae // Bot. Gothoburg.— 1965.— Vol. 3. N 1. P. 51—64.
- Fletcher M., Marshall K. C.* Are solid surfaces of ecological significance to aquatic bacteria? // Adv. Microb. Ecol.— Vol. 6.— 1982.— P. 199—236.
- Gerchakov S. M., Marszalek D. S., Roth F. J., Udey L. R.* Succession of periphytic microorganisms on metal and glass surfaces in natural seawater // Proc. 4th Int. Congr. Mar. Corrosion and Fouling. (Ed. Romanovsky).— Juan—les—Pins, ntibes, France.— 1977.
- Marshall K. C.* Microorganisms and interfaces // Bioscience.— 1980.— Vol. 30. N 4.— P. 246—249.
- Marshall K. C., Stout R., Mitchell R.* Mechanisms of the initial events in the sorption of marine bacteria to surfaces // J. Gen. Microbiol.— 1971.— N 68.— P. 337—348.
- Marshall K. C., Stout R., Mitchell R.* Selective sorption of bacteria from seawater // Can. J. Microbiol.— 1971b.— Vol. 17.— P. 1413—1416.
- Neihof R., Loeb C.* Dissolved organic matter and the electric charge of immersed surfaces // J. Mar. Res.— 1974.— Vol. 32. N 1.— P. 5—12.
- Scheer B. T.* The development of marine fouling communities // Biol. Bull.— 1945.— Vol. 89.— P. 103—122.
- Skerman T. M.* The nature and development of primary films on surfaces submerged in the sea // New Zeland J. io Sci. and Techn.— 1956.— Vol. 38. N 1.— R. 44—57.
- Wood F.* Investigation on underwater fouling. 1. The role of bacteria in the early stages of fouling // Australian J. Mar. Freshw. Res.— 1950.— Vol. 1. N 1.— P. 85—92.

ZoBell C. E. Marine microbiology // Waltham, Mass., USA.— 1946.— 240 p.

ZoBell C. E., Allen E. C. Attachment of marine bacteria to submerged slides // Proc. Soc. Exper. Biol. Med.— 1933.— Vol. 30.— P. 1409—1411.

S u m m a r y

The main stages of periphytic microorganisms community (PMC) forming in the White Sea are described. The investigations were made with the «overgrowing glass» method in the aquatory of the experimental mussel aquaculture farm. The principal similarity of process of PMC forming in the White Sea and those in the other seas is shown. The main stages of the community succession are described. The perspectives of PMC investigations in connection with the aquaculture problems are discussed.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК МИДИЙ
(MYTILUS EDULIS L) В ГУБЕ ЧУПА
КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ
МИДИЕВОЙ МАРИКУЛЬТУРЫ НА БЕЛОМ МОРЕ**

Э. Е. Кулаковский, Б. Л. Кунин, Ю. С. Миничев, Н. В. Максимович

The distribution of mussel (*Mytilus edulis* L.) larvae in the Chupa inlet of the Kandalaksha Bay in connection with the development of mussel aquaculture in the White Sea. E. E. Kulakovski, B. L. Kunin, Yu. S. Minichev, N. V. Maximovich

Немаловажным фактором при создании промышленной марикультуры ценного промыслового моллюска — мидии — является наличие ее личинок в планктоне в соответствующее время года.

Условия существования мидий в Белом море обуславливают и специфику биотехнологии при ее культивировании (Кулаковский, 1980; Кулаковский, Кунин, 1983). Уже сделаны первые шаги по претворению результатов научного эксперимента в промышленную практику. Так, в 1983 г. заложено опытно-промышленное мидиевое хозяйство площадью 1 га водной поверхности (Житный и др., 1984). В дальнейшем предусматривается расширение акваторий, занятых под марикультуру мидий.

Ежегодные наблюдения за личинками мидий в планктоне исследуемых акваторий позволили сделать вывод о том, что количество «посадочного» материала на искусственные субстраты практически не является лимитирующим фактором при создании промышленных хозяйств (Кулаковский, Кунин, 1983). При этом подчеркивалась необходимость ежегодных наблюдений, особенно в перспективных для марикультуры местах, что необходимо для своевременной постановки хозяйств.

В сезон 1986 г., в связи с организацией мидиевых хозяйств в различных участках акватории Чупинской губы, было проведено исследование по распределению личинок мидий практически по всей акватории губы и ряду смежных районов. Наибольшее внимание уделялось в этом отношении районам, где уже существуют мидиевые хозяйства, т. е. акватории вблизи мыса Картеш и акватории Сонострова. Расстояние между этими акваториями примерно 40 км.

Материал и методика

Существующая в настоящее время биотехнология культивирования мидий на Белом море предусматривает использование верхнего 3-метрового слоя воды, куда выставляются искусственные субстраты, на которые и оседают личинки мидий, поэтому в настоящей работе основное внимание нами уделялось личинкам размерами 200—350 мкм, находящимися именно в 3-метровом поверхностном слое. Вместе с тем был проведен анализ распределения

личинок в 10-метровом слое воды. Для оценки личинок в 3-метровом слое их сбор осуществлялся планктонной сетью, сделанной целиком из «газа» № 38. Диаметр входного отверстия сети — 50 см. Длина протягивания сети в поверхностном слое воды составляла 25 м. Строго горизонтальное перемещение в заданном слое воды обеспечивалось специальными поплавками, прикрепленными к сети. Для целей настоящего анализа сеть протягивалась на горизонте 1,5 м от поверхности. Объем каждой пробы в конечном счете (после промывок) всегда составлял 250 мл. После тщательного перемешивания из этого объема отбиралась проба объемом 6 мл. Здесь существенно отметить одну практическую деталь — отбор рабочей пробы должен производиться штемпель-пипеткой сразу же и как можно быстрее после тщательного перемешивания основной пробы. Содержимое штемпель-пипетки помещалось в камеру Богорова и производился подсчет всех личинок мидий. Далее количество личинок в 1 м^3 воды определялось по формуле

$$N = \frac{V \text{ основной пробы (мл)} \cdot N \text{ личинок в рабочей пробе}}{V \text{ рабочей пробы (мл)} \cdot 4,9}$$

Для нашего конкретного случая, учитывая вышеуказанные параметры сети, длины горизонтального протяга, объемы проб, для определения содержания личинок в 1 м^3 достаточно количество личинок в одной штемпель-пипетке умножить на величину 8,5.

На каждую конкретную «точку» определения приходилось 3 протягивания сети, в каждой основной пробе просматривалось 3 штемпель-пипетки.

Таким образом, для каждой конкретной «точки» получалась общая средняя из всех измерений величина, что при достаточном навыке взятия и обработке проб довольно реально отражает картину количественного распределения личинок мидий в планктоне.

Расчет количества личинок мидий в 10-метровом слое осуществляется аналогичным образом. Здесь следует отметить, что в первом случае указывается количество личинок в 1 м^3 поверхностного 3-метрового слоя воды. Во втором случае планктонная сеть протягивалась вертикально (горизонт 10—0) и расчет количества личинок относится к 1 м^3 , представляющему среднюю величину этого слоя.

В табл. 1 и 2 представлены данные о количественном распределении личинок в районе мыса Картеш, где уже 3 года существует опытно-промышленное мидиевое хозяйство, и в районе Сонострова, где такие хозяйства существуют только 2 года.

Наряду со стационарными наблюдениями в вышеуказанных районах, 21 июля и 19 августа были осуществлены личиночные съемки по всей акватории губы Чупа с выходом в открытую часть Кандалакшского залива. Расположение станций показано на картосхеме.

Т а б л и ц а 1

**Количество личинок мидий в 1 м³
возле хозяйства у мыса Картеш**

Дата	Количество, экз/м ³	Температура воды, °С
19.VI	17	11,0
23.VI	—	12,1
25.VI	—	12,3
7.VII	195	10,8
8.VII	927	12,0
14.VII	6598	13,8
18.VII	2000	14,6
28.VII	1845	17,0
1.VIII	12270	18,4
2.VIII	1122	17,4
6.VIII	1403	17,3
12.VIII	416	12,4
15.VIII	323	11,4
20.VIII	59	10,7
22.VIII	510	10,9
25.VIII	340	10,3
3.IX	663	9,8
11.IX	170	9,6
15.IX	1122	8,8

П р и м е ч а н и е . Колебания величины солености воды в поверхностном 3-метровом слое, где и проводилось определение личинок мидий, были незначительны и находились в пределах 21,4‰ и 25,3‰.

Т а б л и ц а 2

Количество личинок мидий в 1 м³ в акватории Сонострова в 3-метровом слое воды

Дата	Кут		Море	
	количество, экз.	температура воды, °С	количество, экз.	температура воды, °С
21.VI	76	11,0	—	11,0
26.VI	68	14,8	42	13,0
3.VII	51	10,9	34	11,8
10.VII	365	11,6	195	11,8
17.VII	916	13,8	8083	13,8
26.VII	4047	16,6	799	16,3
3.VIII	1360	16,8	1454	16,8
11.VIII	2185	14,3	926	14,2
18.VIII	204	12,0	255	11,8
8.IX	1581	9,6	399	9,6

П р и м е ч а н и е . Кут — северная часть акватории, прибрежная; море — центральная часть акватории.

Количество личинок в 1 м³ поверхностного 3-метрового слоя воды на станциях съёмки в июле

21.VII	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N, экз	833	5153	1037	1233	4583	6352	527	2823	3376
t, °C	12,3	14,0	16,6	13,9	15,5	14,6	14,5	13,5	13,1
S, ‰	23,1	20,0	18,7	20,2	21,1	22,6	23,4	25,1	25,3

Количество личинок в 1 м³ поверхностного 3-метрового слоя воды на станциях съёмки в августе

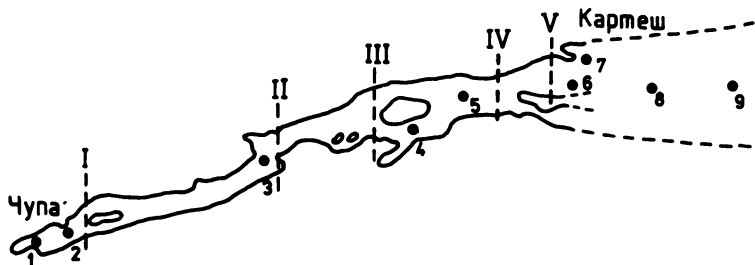
19.VIII	1	2	3	4	5	6
N, экз.	7045	1576	909	1207	553	213
t, °C	10,8	10,8	10,8	10,8	11,0	11,0
S, ‰	24,0	23,9	22,8	24,9	24,4	25,1

Примечание. Цифрами 1—9 обозначены станции; на рис. показано их местоположение в губе Чупа.

В табл. 3 представлены данные по количеству личинок в 1 м³ поверхностного 3-метрового слоя воды по станциям этих съёмок. В табл. 4 представлены аналогичные данные на 19 августа.

Примерно в эти же сроки проведен анализ распределения личинок мидий в слое воды 0—10 м (вертикальный облов сетью из «газа» № 60). На картосхеме разрезы от левого берега губы к правому показаны вертикальными пунктирными линиями. В соответствующих таблицах 5 и 6 номера станций начинаются от левого берега. Расстояние между станциями — около 100 м. В некоторых случаях расстояния увеличивались, но они выполнялись таким образом, чтобы представить данные равномерно на всем разрезе между берегами.

Анализируя полученные данные можно заметить, что максимальные количества личинок мидий в планктоне приходится на



Картосхема губы Чупа:

Темным кружком обозначены станции, на которых определялось количество личинок мидий в верхнем 3-метровом слое воды (1—9), I—V — разрезы, на которых происходило определение количества личинок мидий в слое воды 0—10 м

Таблица 5

Распределение личинок мидий в 1 м³ при вертикальном облове 20 июля

Номера станций	Разрезы				
	I	II	III	IV	V
1	6300	9400	28700	11300	3800
2	3750	5800	11100	8700	4200
3	3500	5150	7600	13200	7100
4	3600	3900	9550	6200	7000
5	4150	3400	6800	6600	6500
6	3500	1600	10300	5700	4850
7	2400	1750	8350	6600	5900
8	1800	1900	6000	4150	4300
9	1800	1900	8650	5300	5350
10	1800	1400	5300	3400	4750

Таблица 6

Распределение личинок мидий в 1 м³ при вертикальном облове 16 августа

Номера станций	Разрезы				
	I	II	III	IV	V
1	400	750	100	300	150
2	750	600	250	350	250
3	400	350	400	250	150
4	450	450	200	300	200
5	550	250	150	200	200

Примечание Размеры показаны на рисунке.

время интенсивного прогрева поверхностных вод. В среднем это время, по многолетним наблюдениям, приходится на период с 10 июля по 10 августа.

Наличие в губе Чупа многочисленных, мозаично расположенных естественных поселений мидий как в литорали, так и в сублиторали, обеспечивает высокую численность их личинок в планктоне. Количество личинок подвержено значительным колебаниям как во времени, так и в пространстве.

Размножение мидий в естественных поселениях происходит при показаниях температуры воды в месте их обитания в 10—13° С. Поскольку прогрев воды происходит постепенно в пределах акватории, то размножение и, соответственно, появление личинок мидий в планктоне имеет дискретный характер. В общем случае можно отметить, что максимальное количество личинок мидий в планктоне приходится на время, когда происходит стабильный прогрев более глубоких слоев воды, что означает начало размножения у особой сублиторальных популяций. Широко известно, что в зависимости от времени суток и от природных явлений (ветер, дождь,

перепады температуры, освещенности и др.) количество личинок мидий в планктоне поверхностного слоя воды подвержено значительным изменениям. Об этом свидетельствуют и данные, полученные на суточной станции вблизи мыса Картеш (Кулаковский, Кунин, 1982). Ближе к осени на количественную характеристику личинок мидий определенное влияние могут оказать особи, вторично оказавшиеся в планктоне. Несмотря на значительные годовые колебания численности личинок мидий в планктоне акватории губы Чупа, их всегда (по крайней мере, в течение последних 10 лет) вполне достаточно для организации мидиевых хозяйств промышленного типа. Встречаемость большого количества личинок в центральной части Кандалакшского залива может свидетельствовать о возможности интенсивного обмена генофонда мидий всего Белого моря (в разной, естественно, степени), учитывая его относительно небольшую площадь. Об этом свидетельствуют и данные, имеющиеся по другим морям (Милейковский, 1985). Таким образом, имеется определенная вероятность, что на искусственные субстраты организуемых мидиевых хозяйств оседают личинки самых разных естественных мидиевых группировок.

Оценивая данные по количественному распределению личинок мидий, с точки зрения марикультуры, нельзя не отметить, что этот факт сам по себе (т. е. большое количество личинок в планктоне) еще не означает решение вопроса нормального оседания и последующего развития мидий на искусственных субстратах. Большое значение имеют данные о конкретных сроках выставления искусственных субстратов, о природе и характере формирования микрофитоценозов на них, о качественной характеристике личинок, о механизмах, регулирующих процессы оседания.

ЛИТЕРАТУРА

- Житний Б. Г., Кулаковский Э. Е., Несветов В. А. Проблемы промышленной марикультуры мидий в Белом море. // Рыбное хозяйство. 1984. № 8. С. 37—39.
- Кулаковский Э. Е. Проблемы и достижения культивирования беломорских мидий. // Научно-техн. проблемы развития марикультуры. Владивосток.: ЦПКТБ Дальрыба. 1980. С. 41—43.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Предварительные результаты по выращиванию мидий на искусственных субстратах в условиях Белого моря. // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры фауны Белого моря. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1982. С. 36—55.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море. // Л.: Наука. 1983. С. 3—35.
- Милейковский С. А. Личинки морских донных беспозвоночных и их роль в биологии моря. // М.: Наука. 1985. С. 3—119.

Summary

Quantitative samples of mussel larvae near the mussel culture farms in the Chupa Inlet were taken from June to September in 1986. investigations of mussel larvae distribution in the whole inlet were also carried out. The highest quantity of mussel larvae in plankton is observed when the deep water becomes relatively warm (beginning of reproduction of sublittoral mussels). Quantity of mussel larvae in the Chupa Inlet is sufficient for organizing of mussel aquaculture.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ МИДИЙ НА ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОМ МИДИЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ В ГУБЕ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ ЗА ТРИ СЕЗОНА РОСТА

Э. Е. Кулаковский, Б. Л. Кунин, А. А. Сухотин

The analysis of mussel development in the experimental mussel aquaculture in the Chupa inlet of the White Sea during three growth seasons.
E. E. Kulakovski, B. L. Kunin, A. A. Sukhotin

В настоящее время в Советском Союзе большое внимание уделяется интенсификации работ в области морской аквакультуры. Определенные успехи в этом отношении достигнуты при культивировании мидий в азово-черноморском и дальневосточном бассейнах, моря которых по своему температурному режиму наиболее благоприятны для роста моллюсков в условиях марикультуры. Собственно, вся мировая практика культивирования мидий связана с теплыми (в той или иной степени) морями.

Результаты многолетних исследований по биологии мидий (*Mytilus edulis* L.), проводимые на Беломорской биологической станции ЗИН АН СССР, послужили основанием для постановки эксперимента по выяснению возможностей марикультуры этого моллюска в Белом море. Неоднократно проведенные эксперименты показали, что, в принципе, и в суровых условиях замерзающего арктического моря возможно выращивание мидий, при соблюдении некоторых приемов культивирования (Кулаковский, Кунин, 1983).

Эти экспериментальные работы были взяты за основу при организации на Белом море опытно-промышленных хозяйств, первое из которых, площадью 1 га водного пространства, было заложено в 1983 г. силами производственного объединения «Карелрыбпром» и ЗИН АН СССР (Житный и др., 1984).

Целью настоящей работы является оценка развития мидий на опытно-промышленном хозяйстве за 3 сезона роста. Подробные данные по особенностям постановки самого хозяйства и анализу развития мидий в первый сезон роста изложены в соответствующей работе (Кулаковский и др., 1985). Взятие проб в сезон 1984 г. происходило таким же образом, как и в 1983 г. На второй год существования хозяйства по ряду причин сложились неблагоприятные условия по водообмену, что отразилось и на росте мидий, особенно в центральной части хозяйства. Для улучшения условий водообмена треть хозяйства была переведена в расположенную рядом бухту, а остальная часть была разрежена. Данные по изменениям характера водообмена в районе хозяйства приведены в специальной работе настоящего сборника (Бабков, Кулаковский). Исходя из сложившейся ситуации, в 1985 г. была изменена схема взятия проб с оставшейся части хозяйства: количество станций

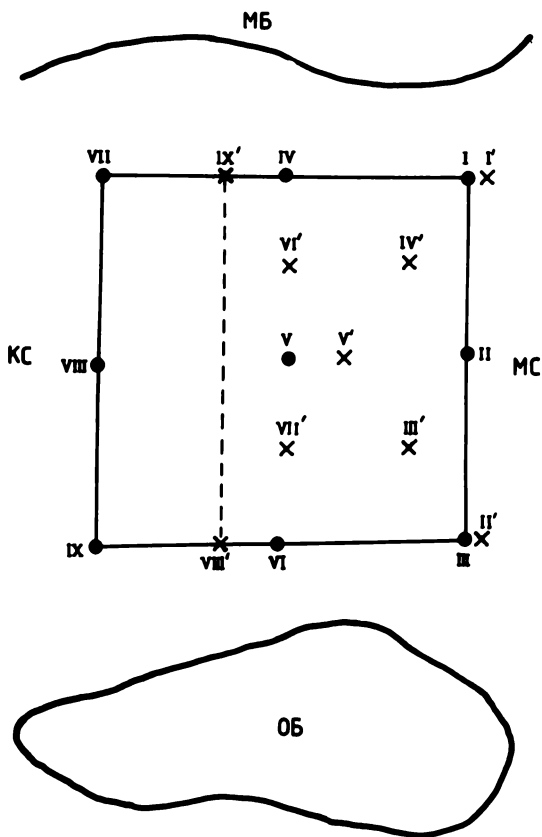


Рис. 1. Схема расположения опытно-промышленного мидиевого хозяйства. Осенью 1985 г. около 1/3 хозяйства было перемещено в соседнюю бухту (пунктирная линия) МС — морская сторона хозяйства, КС — кутовая сторона хозяйства, ОБ — островной берег, МБ — материковый берег. I—IX — станции взятия проб в хозяйстве в 1984 г., I'—IX' — станции взятия проб в хозяйстве в 1985 г. Нумерация проб — по порядку номеров станций

осталось таким же, как и в предыдущие годы, но их расположение стало более адекватным задаче анализа состояния мидий на всем хозяйстве. Схемы взятия проб на опытно-промышленном мидиевом хозяйстве в 1983—1984 и в 1985 гг. приведены на рис. 1. С каждой пробы были получены данные по плотности, размерам и биомассе мидий. Для приведения значений биомассы и плотности к 1 м^2 достаточно величины, относящиеся к 1 п. м., умножить на 5. Среднюю массу моллюсков каждого возрастного класса определяли по полученным нами уравнениям зависимости массы от длины для конкретного месяца:

$$W = 1,03 \cdot 10^{-4} \pm \frac{7,7 \cdot 10^{-6}}{7,5 \cdot 10^{-6}} L^{2,96 \pm 0,022} \quad (\text{октябрь}),$$

$$W = 1,08 \cdot 10^{-4} \pm \frac{1,7 \cdot 10^{-5}}{1,5 \cdot 10^{-5}} L^{2,92 \pm 0,041} \quad (\text{ноябрь}),$$

где W — масса мидии, г; L — длина мидии, мм (параметры уравнений приведены с доверительными интервалами, $p=0,95$).

Данные, полученные для каждой пробы, позволили рассчитать усредненные величины плотности и биомассы мидий для всего хозяйства в целом, определить продукцию и P/B -коэффициенты за год. Продукцию мидий определяли по формуле

$$P = \frac{1}{2} (N_i + N_{i+1}) (W_{i+1} - W_i),$$

а продукцию элиминированных особей по формуле

$$P_e = \frac{1}{2} (W_{i+1} - W_i) (N_i - N_{i+1}),$$

где P — продукция мидий за год, г/м; P_e — продукция элиминированных особей за год, г/м; N_i и N_{i+1} — начальная и конечная численность мидий отдельных возрастных групп (Винберг, 1968; Иванова, Умнов, 1979).

Во всех случаях средние величины приведены с их стандартными ошибками ($n=27$).

В табл. 1 представлены усредненные данные по развитию поселения мидий на опытно-промышленном хозяйстве за 3 сезона роста. Несмотря на наличие в каждый сезон роста мидий различных генераций (вновь оседающие, попадающие на искусственные субстраты различными путями из природных популяций) особи основной (т. е. 1983 г.) генерации занимают доминирующее положение как по плотности, так и по биомассе. Из табл. 1 видно, что в каждый последующий сезон вновь осевшей на субстрат молодежи (т. е. возраста 0+) становится гораздо меньше.

Следует отметить, что в конце второго сезона роста мидии основной генерации представляли на данном хозяйстве две хорошо выраженные размерные группировки, которые прослеживаются и в третьем сезоне роста.

В табл. 2 представлены данные по развитию мидий основной генерации. Можно видеть, что к концу второго сезона роста на искусственных субстратах две вышеупомянутые группировки моллюсков значительно различаются по размерам. Так, к этому времени мелкие мидии основной генерации преобладали по плотности, однако в третьем сезоне роста картина резко изменилась, и уже крупные особи заняли доминирующее положение. Что касается биомассы и продукции, то постоянно наблюдается преобладание крупных особей. Элиминация моллюсков, особенно в первый сезон роста, очень велика. Например, к концу второго сезона роста особей основной генерации осталось на субстратах 4%, а в конце третьего сезона только 2% от количества моллюсков, имевшихся в то же время в первом сезоне. Элиминация идет в основном за счет мидий мелкой группировки.

Большое значение при осуществлении промышленного культивирования имеют данные по особенностям роста мидий на всем

Некоторые показатели в развитии поселения мидий в условиях опытно-промышленного хозяйства

Дата	Возраст, год	Средняя длина, мм	Средняя масса, мг	Средняя плотность		Средняя биомасса	
				экз/м	%	г/м	%
Ноябрь 1983 Октябрь 1984	0+	1,3±0,02	0,23	185230±27784	100	320±77	100
	0+	1,5±0,02	0,34	1380±353	15	1±0,5	0,05
	1+	8,3±0,08	55,0	6800±748	85	2170±217	99,95
	Σ	—	—	8175	100	2171	100
Ноябрь 1985	0+	2,2±0,08	1,1	95±19	2	0,2±0,11	—
	1+	6,6±0,13	29,0	815±87	18	55±11	2
	2+	17,4±0,06	457,0	3490±227	79	3320±486	90
	3+	40,4±0,09	5400,0	45±12	1	300±114	8
	Σ	—	—	4445	100	3672	100

Данные по развитию основной генерации мидий

Дата, возраст, год	Средняя длина, мм	Средняя масса, мг	Средняя плотность		Средняя биомасса		Производство за год		Доля продукции элиминированных особей за год, %	P/B
			экз/м	%	г/м	%	г/м	%		
1983 0+	1,3±0,02	0,23	185230±27784	100	320±77	100	—	—	—	—
1984 1+	3,1±0,04	3,0	4150±444	61	85±15	4	255	4	95	1,4
	18,0±0,14	541,0	2650±387	39	2080±333	96	6265	96	74	5,9
1985 2+	8,1±0,06	49,0	1330±130	38	100±18	3	115	9	51	1,2
	23,1±0,10	1052,0	2160±133	62	3220±481	97	1150	91	11	0,4

Сравнение средних размеров (длина, мм) мидий основной генерации в зависимости от рассматриваемых факторов опытно-промышленном хозяйстве, 1984 г. (возраст мидий 1+)

		Море	Середина	Кутовая часть
Фактор А	М. Г.	$\bar{X}_{m_1} = 3,8 \pm 0,06$ (n = 3776)	$\bar{X}_{m_2} = 3,3 \pm 0,08$ (n = 1548)	$\bar{X}_{m_3} = 2,5 \pm 0,05$ (n = 3865)
	Б. Г.	$\bar{X}_{\sigma_1} = 18,5 \pm 0,11$ (n = 2292)	$\bar{X}_{\sigma_2} = 17,5 \pm 0,35$ (n = 1193)	$\bar{X}_{\sigma_3} = 22,6 \pm 0,23$ (n = 1366)
		$\bar{X}_{m_1} > \bar{X}_{m_2} > \bar{X}_{m_3}$		$\bar{X}_{\sigma_2} \leq \bar{X}_{\sigma_1} < \bar{X}_{\sigma_3}$
		0,5 м	1,5 м	3,0 м
Фактор В	М. Г.	$\bar{X}_{m_1} = 3,6 \pm 0,06$ (n = 2338)	$\bar{X}_{m_2} = 3,1 \pm 0,06$ (n = 4439)	$\bar{X}_{m_3} = 3,1 \pm 0,07$ (n = 2111)
	Б. Г.	$\bar{X}_{\sigma_1} = 16,6 \pm 0,18$ (n = 1851)	$\bar{X}_{\sigma_2} = 20,8 \pm 0,20$ (n = 1637)	$\bar{X}_{\sigma_3} = 20,6 \pm 0,30$ (n = 1523)
		$\bar{X}_{m_1} > \bar{X}_{m_2} = \bar{X}_{m_3}$		$\bar{X}_{\sigma_1} < \bar{X}_{\sigma_2} = \bar{X}_{\sigma_3}$
		Материковый берег	Середина	Островной берег
Фактор С	М. Г.	$\bar{X}_{m_1} = 3,1 \pm 0,06$ (n = 3334)	$\bar{X}_{m_1} = 3,2 \pm 0,06$ (n = 3275)	$\bar{X}_{m_1} = 3,5 \pm 0,07$ (n = 2580)
	Б. Г.	$X_{\sigma_1} = 19,0 \pm 0,13$ (n = 2068)	$X_{\sigma_2} = 19,0 \pm 0,19$ (n = 1750)	$X_{\sigma_3} = 22,4 \pm 0,35$ (n = 1033)
		$X_{m_1} = X_{m_2} = X_{m_3}$		$X_{\sigma_1} = X_{\sigma_2} < X_{\sigma_3}$

Примечание. Фактор А — расположение на хозяйстве от открытой части пролива к кутовой, фактор В — расположение по глубине в пределах субстрата, фактор С — расположение на хозяйстве от материкового берега к островному, М. Г. — мидии „медленнорастущей группы“, Б. Г. — мидии „быстрорастущей группы“

хозяйстве. С этой целью нами в каждый сезон роста сравнивались показатели развития поселения мидий (средняя длина, плотность и биомасса) в зависимости от трех факторов: глубины обитания и месторасположения в пределах хозяйства (от берега до берега, и от открытой части пролива к кутовой, см. рис. 1).

Данные анализа за 1984 г. представлены в табл. 3, а за 1985 г. — в табл. 4. Поскольку в 1984 и 1985 гг. в отличие от 1983 г. значения плотности и биомассы достоверно не различались в зависимости от рассматриваемых факторов, то в соответствующих таблицах они не приводятся. Следует отметить, что данные по 1985 г. относятся к оставшейся после перестановки части хозяйства.

Сравнивая показатели развития мидий за 3 сезона роста на опытно-промышленном мидиевом хозяйстве, можно видеть, что неблагоприятная ситуация по водообмену, особенно проявившаяся на третьем сезоне в центральной части хозяйства, отразилась и на жизнедеятельности моллюсков. Так, в 1985 г. в центральной части хозяйства биомасса мидий составляла всего 1—2 кг/м, в то время как на краевых участках она была 10—11 кг/м. Значения ве-

Сравнение средних размеров (длина, мм) мидий основной генерации в зависимости от рассматриваемых факторов на опытно-промышленном хозяйстве, 1985 г. (возраст мидий 2+)

		Море	Середина		Кутловая часть
Фактор А	М. Г.	$\bar{X}_{M_1} = 8,8 \pm 0,12$ (n=600)	$\bar{X}_{M_2} = 8,2 \pm 0,13$ (n=818)	$\bar{X}_{M_3} = 6,9 \pm 0,17$ (n=187)	$\bar{X}_{M_4} = 7,5 \pm 0,10$ (n=975)
	Б. Г.	$\bar{X}_{6_1} = 29,7 \pm 0,28$ (n=1206)	$\bar{X}_{6_2} = 21,9 \pm 0,19$ (n=1322)	$\bar{X}_{6_3} = 20,4 \pm 0,2G7$ (n=533)	$\bar{X}_{6_4} = 19,2 \pm 0,19$ (n=1053)
		$\bar{X}_{M_1} = \bar{X}_{M_2} = \bar{X}_{M_3} > \bar{X}_{M_4}$		$\bar{X}_{6_1} > \bar{X}_{6_2} > \bar{X}_{6_3} > \bar{X}_{6_4}$	
		0,5 м	1,5 м	3,0 м	
Фактор В	М. Г.	$\bar{X}_{M_1} = 7,9 \pm 0,09$ (n=961)	$\bar{X}_{M_2} = 7,9 \pm 0,10$ (n=1125)	$\bar{X}_{M_3} = 8,4 \pm 0,10$ (n=1188)	
	Б. Г.	$\bar{X}_{6_1} = 21,9 \pm 0,16$ (n=1733)	$\bar{X}_{6_2} = 23,8 \pm 0,18$ (n=1651)	$\bar{X}_{6_3} = 23,6 \pm 0,18$ (n=1750)	
		$\bar{X}_{M_1} = \bar{X}_{M_2} < \bar{X}_{M_3}$		$\bar{X}_{6_1} < \bar{X}_{6_2} = \bar{X}_{6_3}$	
		Материковый берег	Середина	Островной берег	
Фактор С	М. Г.	$\bar{X}_{M_1} = 9,1 \pm 0,10$ (n=853)	$\bar{X}_{M_2} = 7,7 \pm 0,09$ (n=934)	$\bar{X}_{M_3} = 6,9 \pm 0,17$ (n=187)	$\bar{X}_{M_4} = 8,1 \pm 0,13$ (n=859)
	Б. Г.	$\bar{X}_{6_1} = 25,4 \pm 0,24$ (n=1323)	$\bar{X}_{6_2} = 19,1 \pm 0,17$ (n=1388)	$\bar{X}_{6_3} = 20,4 \pm 0,27$ (n=533)	$\bar{X}_{6_4} = 22,1 \pm 0,20$ (n=1115)
		$\bar{X}_{M_1} > \bar{X}_{M_2} = \bar{X}_{M_3} > \bar{X}_{M_4}$		$\bar{X}_{6_3} > \bar{X}_{6_1} > \bar{X}_{6_2} > \bar{X}_{6_4}$	

Примечание. Фактор А — расположено на хозяйстве от открытой части пролива к кутовой, фактор В — расположение по глубине в пределах субстрата, фактор С — расположение на хозяйстве от материкового берега к островному, М. Г. — мидии «медленнорастущей группы», Б. Г. — мидии «быстрорастущей группы».

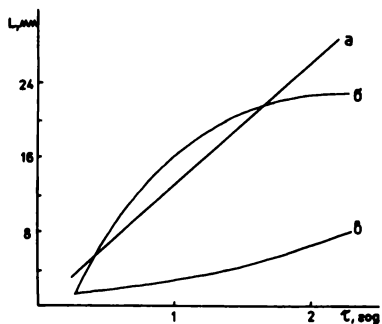


Рис. 2. Линейный рост мидий в условиях эксперимента и в опытно-промышленном хозяйстве

По оси абсцисс — возраст мидий, годы; по оси ординат — длина мидий, мм; а — мидии в условиях эксперимента; б — мидии «быстрорастущей группы» хозяйства; в — мидии «медленнорастущей группы» хозяйства

личин P/\bar{B} -коэффициента по сезонам роста также могут служить показателем состояния поселения мидий на хозяйстве. Например, в конце второго сезона среднее за год значение P/\bar{B} -коэффициента у крупных мидий основной генерации составляло 5,9. Для природных поселений мидий в Белом море значения этого коэффициента находятся в пределах 0,6—0,9 (Максимович, 1978). Высокое значение P/\bar{B} -коэффициента в нашем случае относится к особям 1+ возраста, находившимся в относительно благоприятных условиях. В конце же третьего сезона роста при значительно ухудшившихся условиях значение этого коэффициента составляло уже 0,4. Из рис. 2, где приведены средние данные по темпам роста мидий основной генерации за 3 сезона роста, видно, что по этому показателю моллюски в третий сезон отстают по темпам роста от мидий, исследованных в эксперименте. Следует подчеркнуть, что невзирая на неблагоприятные условия, сложившиеся на хозяйстве в третьем сезоне, рост крупных особей основной генерации тем не менее превышает по темпам таковой мидий из природных популяций с благоприятными условиями развития (Савилов, 1953; Сухотин, Кулаковский, 1985).

Одной из главных задач биотехнологии марикультуры мидий является создание таких условий выращивания, чтобы высокие показатели развития поселения моллюсков были бы одинаково благоприятны на всем хозяйстве. В этой связи хорошим индикатором условий для роста мидий являются (при наличии достаточной кормовой базы) условия водообмена. Постановка очередных крупных мидиевых хозяйств должна осуществляться с учетом сохранения основных гидрологических характеристик в конкретном районе постановок при 4-летнем цикле выращивания. Контроль гидрологического режима должен осуществляться ежегодно и, в случае необходимости, нужно проводить «разрядку» хозяйства для улучшения водообмена. Изменения в характере водообмена вызывают своего рода «цепную реакцию» экологических характеристик среды, что сказывается и на развитии мидиевого биоценоза и также может служить дополнительным тестом о состоянии мидиевого хозяйства. Так, в нашем случае, с ухудшением условий для развития мидий в центральной части хозяйства, наблюдалось массовое

поселение на субстратах двустворчатого моллюска *Hiatella arctica*, асцидий *Styella rustica* и *Molgula sp.*, а также диатомовых водорослей *Amphipleura rutilans* и *Melosira moniliformes*. Последние быстро обрастают весь субстрат, что крайне неблагоприятно отражается на развитии мидий.

Увеличение водообмена на 25% (после перестановки хозяйства) оказало благотворное влияние на развитие мидий: в начале следующего сезона в 1986 г. резко снизилась интенсивность обрастания субстратов диатомовыми водорослями; стало относительно меньше асцидий и *Hiatella arctica*.

Дальнейшие наблюдения за развитием мидий на опытно-промышленном хозяйстве будут способствовать выбору наиболее правильных, с точки зрения марикультуры, вариантов биотехнологии в промышленном масштабе.

ЛИТЕРАТУРА

- Винберг Г. Г. Методы определения продукции водных животных. // Минск: Вышэйш. школа. 1968.— 246 с.
- Житний Б. Г., Кулаковский Э. Е., Несветов В. А. Проблемы промышленной марикультуры мидий в Белом море. // Рыбное хозяйство. 1984. № 8. С. 37—39.
- Иванова М. Б., Ужнов А. А. Способы определения продукции популяций водных животных. // Общие основы изучения водных экосистем. Л. Наука. 1979.— с. 3—35.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море. // Л.: Наука. 1983. 35 с.
- Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Сухотин А. А. Анализ развития мидий на опытно-промышленном мидиевом хозяйстве в губе Чула Белого моря. Первый сезон роста. // Экологические исследования перспективных объектов марикультуры в Белом море. Л.: изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 29—39.
- Максимович Н. В. Особенности распространения, рост и продукционные свойства некоторых Mutilidae Белого моря. // Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов. Л.: Наука. 1978. С. 105—107
- Савилов А. И. Рост и его изменчивость у беспозвоночных Белого моря *Mytilus edulis*, *Mya arenaria* и *Balanus balanoides* // Тр. ИО АН СССР. 1953. Т. 7. С. 198—256.
- Сухотин А. А., Кулаковский Э. Е. Анализ роста беломорской мидии в условиях марикультуры. // Тез. докл. конф. «Проблемы изуч. рац. использования и охраны природных ресурсов Белого моря». Архангельск. 1985. С. 186—187.

S u m m a r y

Mussels were sampled at the experimental mussel farm located in the Chupa Inlet, Kandalaksha Bay of the White Sea in autumn 1983, 1984, 1985. Density, biomass, modal size, annual production and P/B coefficients for mussels of different age classes were estimated. The comparison of modal length of mussels from different parts of the mussel farm was performed. Problems of water exchange and establishment of biocenosis on the artificial substrata are discussed.

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ,
РОСТА И ПРОДУКЦИИ
MYTILUS EDULIS L. В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ
НА ПРИМЕРЕ ПОСЕЛЕНИЙ У СОНОСТРОВА
(БЕЛОЕ МОРЕ)**

А. Н. Голиков, Н. В. Максимович, Б. И. Сиренко

On distribution, growth and production of *Mytilus edulis* L. with reference
to settlement off the Sonostrov island (the White Sea). A. N. Golikov,
N. W. Maximovich, B. I. Sirenko

В настоящее время *Mytilus edulis* можно считать модельным видом исследований в связи с тем, что он стал одним из наиболее популярных объектов промысла и искусственного разведения. За последнее десятилетие появилось множество исследований популяционных характеристик *Mytilus edulis*, выводы которых, даже если они получены в одной акватории, далеко не всегда согласуются между собой. Так, например, в Белом море максимальная продолжительность жизни мидий в разных поселениях оценивается одними авторами (Сивилов, 1953 и др.) в 20—26 лет, а другими (Максимович, 1978; Чемоданов, Максимович, 1983 и др.) в 7—8 лет. Относительно мало работ по сравнительному изучению распределения, темпа роста и продукции мидий в биотопически различных условиях. Рассмотрению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

Материал собран водолазным количественным методом в районе Соностровского архипелага Кандалакшского залива Белого моря в июле—августе 1985 г. Всего изучено более 30 поселений *M. edulis*, расположенных в биотопически неодинаковых участках. Распределение основных поселений мидий в исследованном районе приведено на рис. 1.

На каждом участке брали по 3 пробы площадью 0.1 м², а характерные черты распределения мидий в поселениях определяли визуально с учетом неоднородности биотопа на площадях до 100 м². При оценке количественного распределения мидий принимали во внимание все участки, где были встречены поселения моллюсков, таким образом, чтобы усредненные плотности отдельных поселений оказывались близкими к реальным на площадь биотопа.

Все пробы (около 100 проб, 7000 экз) были подвергнуты подробному анализу с определением размерно-частотной и репродуктивной структуры. Для определения возраста были проанализированы около 1000 особей. Возраст моллюсков определяли по внешней морфологии их раковины и по результатам анализа размерно-частотной структуры поселения. Известно, что оценка возраста первым способом часто оказывается субъективной. В данной работе за метки на раковине, отражающие сезонную периодичность роста, принимали линии с полной цикличностью, представляющие



Рис. 1. Схема расположения поселений мидий в исследованных акваториях:
 1 — кут, глубина 1.5—2.0 м; 2 — кут, литораль доминирование мидий; 3 — другие участки литорали, где мидии не доминируют; 4 — пролив глубина 9—14 м; 5 — открытый участок, глубина 2—3 м, заросли кораллины

собой ступенчатую зону раздела соседних ростовых колец. Результаты анализа раковин сопоставляли с проявлениями генеративной дискретности в размерной структуре поселения. Полученные данные аппроксимировали линейной модификацией уравнения Л. Берталанфи, предложенной Л. Уолфордом (Walford, 1946):

$$L_{\tau} = L_{\infty}(1 - e^{-k\tau}), \quad (1)$$

где L_{∞} — теоретически максимальный линейный параметр, L_{τ} — размер в возрасте τ , k — константа роста. При этом принимали во внимание, что до начала созревания гонад рост имеет экспоненциальный характер, а после наступления половозрелости переходит к параболическому (Голиков, 1976). Однако общую картину роста в целях получения сравнительных данных удобно отразить по приведенному выше уравнению. Траты поселений мидий на обмен (R) определяли по соотношению

$$R = a \cdot W^b \cdot N, \quad (2)$$

где W — средний вес особей в поселениях, N — плотность поселения, a и b — коэффициенты, вычисленные как средние на основании многочисленных литературных данных. В конкретном виде при пересчете трат на обмен на год при постоянном Q_{10} около 2, 3, уравнение приобретает вид

$$R = 2 \cdot W^{0.7} \cdot N. \quad (2')$$

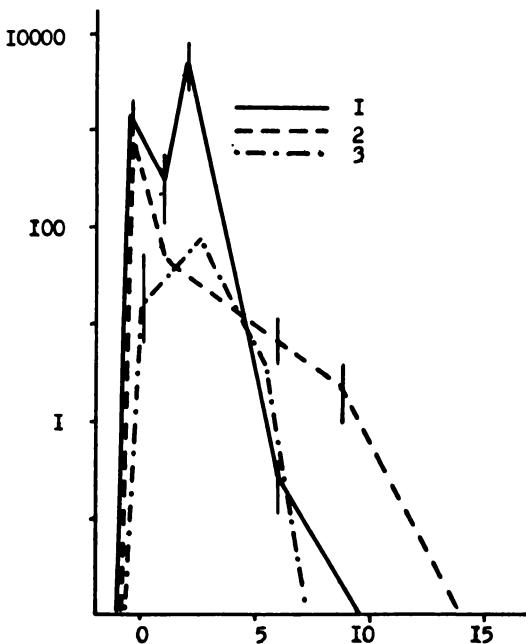


Рис. 2. Зависимость биомассы поселений мидий от глубины:

По оси абсцисс — глубина, м; по оси ординат — биомасса, г/м². 1 — кут, 2 — пролив, 3 — открытый участок

Калорийность сырого веса с раковиной принимали в среднем равной 0.45 ккал/гр.

Соотношения между размером и весом выравнивали по формуле $W=0.00009 L^{3.04}$ (Максимович, 1978) (3). Продукция поселений оценивалась интегрально за год (Голиков, 1970, 1976).

Оказалось, что в исследованном районе, типичном для Кандалакшского залива Белого моря, мидии образуют поселения от верхнего горизонта литорали до глубины 14 м (рис. 2). При этом в биологически различных участках мидии достигают неодинаковых плотностей поселений и биомассы и отличаются по продукционным характеристикам. Наибольшие плотности и биомассы отмечены в поселениях мидий, расположенных в защищенных участках. Здесь, даже в условиях осушной зоны, мидии образуют плотные скопления с биомассой до 2.5 кг. В районах с аккумулятивными формами рельефа, где преобладают смешанные и мягкие грунты, на глубинах от 0 до 1 м, биомасса мидий снижается. Это происходит, по-видимому, в результате повышенной подвижности субстрата при значительной изменчивости физико-химических факторов и возможности проникновения сюда хищников (морских звезд). В открытом участке, где грунт представлен скалистой плитой и валунами, биомасса мидий в этом диапазоне глубин имеет тенденцию к возрастанию.

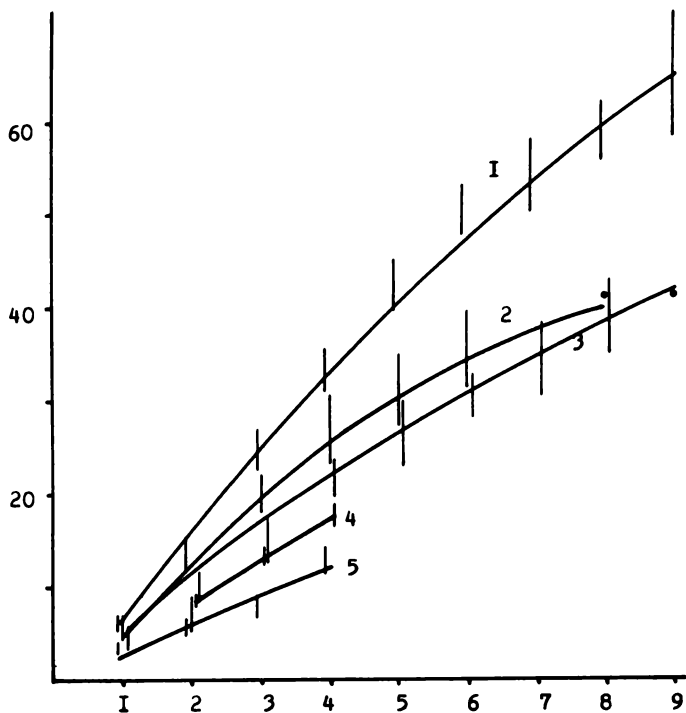


Рис. 3. Рост мидий в биомически различных участках:

По оси абсцисс — возраст, годы; по оси ординат — высота раковины, мм. 1 — глубина 1.5—1.7 м, кут; 2 — нижний горизонт литорали у материка и в проливе; 3 — средний горизонт литорали, пролив; 4 — глубина 9—10 м, пролив; 5 — 2.0—3.0 м, открытый участок у северного побережья Сонострова. Вертикальные линии ограничивают доверительные интервалы модальных размеров особей в генерациях

Интересно отметить, что на фоне общего снижения биомассы в диапазоне глубин от 0 до 1 м плотность поселений мидий резко возрастала за счет молодежи и в конце августа достигала почти 120000 ± 80000 экз/м². Максимальные биомассы до 15 кг/м² мидий отмечены в кутовом участке на глубинах 1.5—1.7 м. Глубже происходит быстрое снижение биомассы до полного исчезновения мидий на глубине около 9 м.

В проливе наблюдается снижение биомассы и плотности поселений моллюсков от литорали до глубины 14 м (глубже мидии не обнаружены).

В открытом участке максимальные биомассы (до 120 мг/м²) обнаружены среди зарослей кораллины на глубине 2.5 м, а глубже 7 м мидий не найдено (рис. 3). В исследованной акватории средние биомассы поселений мидий изменяются от 6760 ± 2500 г/м² в куту до 500 ± 170 г/м² у материка напротив Сонострова, 475 ± 340 г/м² в проливе у Сонострова и 48 ± 30 г/м² в открытом участке.

При анализе поселений мидий в различных участках оказалось, что их структура и характер распределения различны в защищен-

Ростовые и структурные характеристики поселений *M. edulis*

Показатели	Участки				
	1	2	3	4	5
k	$0,08 \pm \begin{smallmatrix} 0,012 \\ 0,012 \end{smallmatrix}$	$0,16 \pm \begin{smallmatrix} 0,050 \\ 0,057 \end{smallmatrix}$	$0,08 \pm \begin{smallmatrix} 0,017 \\ 0,012 \end{smallmatrix}$	—	$0,23 \pm \begin{smallmatrix} 0,002 \\ 0,002 \end{smallmatrix}$
L_{∞}	$82 \pm \begin{smallmatrix} 16 \\ 12 \end{smallmatrix}$	$58,7 \pm \begin{smallmatrix} 35 \\ 19 \end{smallmatrix}$	$128,5 \pm \begin{smallmatrix} 43 \\ 28 \end{smallmatrix}$	—	$31,4 \pm \begin{smallmatrix} 2,4 \\ 2,0 \end{smallmatrix}$
τ_{max}	8+	9+	10+	4+	4+
L	37,5	44	75	18,6	20,7
$\bar{\tau}$	1+ — 3+	1+ — 2+	2+ — 3+	1+	1+ — 2+
L_{min}	9—14	9—14	16—25	8	14
% п.п.	38	54	40	12	14

Примечание. L_{∞} , k — параметры уравнения Берталанфи; τ_{max} — наибольший отмеченный возраст мидий в поселениях, годы; L — наибольший отмеченный размер мидий в поселениях, мм; $\bar{\tau}$ — возраст моллюсков, преобладающих в поселениях, годы; L_{min} — минимальные размеры половозрелых мидий, мм; % п. п. — доля половозрелых мидий в поселениях, %. Остальные обозначения как на рис. 3.

ном кутовом участке, в проливе между материком и Соностровом, отличающемся относительно высокой динамикой вод, и у открытого побережья Сонострова с мористой стороны. В защищенном участке и проливе средние массы особей мидий сопоставимы: 0.68 ± 0.292 и 0.7 ± 0.3 г соответственно, в то время как в открытом участке, где поселения мидий расположены на скалистом грунте среди кораллины, средняя масса особей мидий составляла всего 0.05 ± 0.016 г. Это свидетельствует о том, что условия существования поселений мидий в этих участках существенно различны. В связи с этим и вследствие биомической неоднородности исследованной акватории нами отдельно рассмотрены поселения мидий в защищенном кутовом участке у материка, в проливе со значительными скоростями течений и в открытой мористой части, где влияние динамики вод на поселения мидий определяется в основном волновым перемешиванием.

Анализ структуры поселений и морфологических характеристик роста составляющих их особей показал, что темп роста и максимальные размеры мидий в разных поселениях неодинаковы (см. табл., рис. 3). Наиболее высокий темп роста и крупные размеры наблюдаются в кутовой части обследованной акватории, где мидии доминируют не только на глубинах от 0.5 м до 1.7 м, но и на литорали. Существенно ниже эти показатели у мидий, обитающих на литорали у материка, на участках, удаленных от кута, и в проливах. Можно отметить, что в нижнем горизонте литорали темп роста несколько выше, чем в среднем горизонте литорали, однако эти различия не существенны. В проливе на глубинах 9—14 м, обычно не свойственных для мидий, темп роста оказался сниженным, а особи в возрасте старше 4 лет здесь вообще не обнаружены. Это, по-видимому, объясняется пониженными здесь летними температурами и другими неблагоприятными для мидий условиями существования.

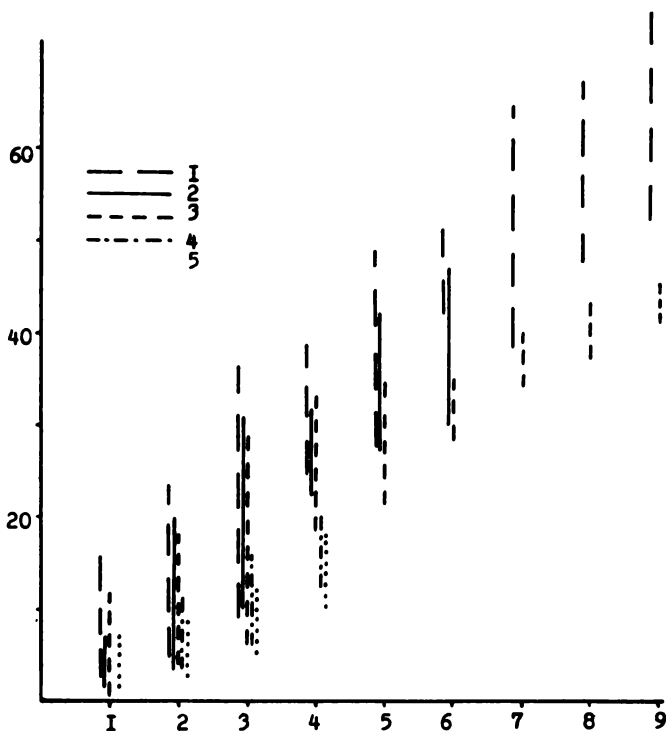


Рис. 4. Зависимость размаха варьирования высоты раковины особей мидий в поколениях от их возраста в разных условиях:

По оси абсцисс — возраст, годы; по оси ординат — высота раковины особей в каждой генерации. Остальные обозначения как на рис. 3

Особый интерес представляет поселение мидий среди кораллины на глубине 2.0—3.0 м у открытого побережья Сонострова с его северной стороны. Здесь темп роста мидий минимален, а продолжительность жизни обнаруженных особей также не превышает 4 лет.

Представляет интерес рассмотреть те особенности в структуре исследованных поселений, которые связаны с неодинаковым темпом роста составляющих их особей (рис. 4). Оказалось, что размах изменчивости размеров раковин в пределах поколений максимален у отличающихся в среднем наибольшей скоростью роста особей поселения в куту. На литорали эта изменчивость заметно меньше и минимальна у особей поселений, обнаруженных на глубинах 9—14 м в проливе и на глубине 2—3 м среди кораллины в открытой части.

Наибольшая изменчивость скорости роста особей сублиторального поселения в куту связана с тем, что здесь при максимальных биомассах пополнение молодью происходит более длительное время, а также с тем, что мидии, обитающие в верхней сублиторали,

имеют минимальные ограничения в реализации своих ростовых потенций. В среднем горизонте литорали возможности пополнения молодью значительно меньше, и имеются очевидные ограничения в реализации ростовых потенций. Поселение мидий на глубине 9—14 м, по-видимому, является выселением, откуда следуют их слабое пополнение молодью, имеющей низкий темп роста. Что касается поселения среди кораллины с мористой стороны Сонострова, то причины небольшой изменчивости в среднем низкой скорости роста особей в пределах генераций требуют особого обсуждения.

Интересно рассмотреть продукционные характеристики исследуемых поселений мидий. Максимальная продукция наблюдается, как и следовало ожидать, в кутовой части и достигает 5200 ± 900 ккал/м² в год на глубине 1.5—1.7 м и 750 ± 300 ккал/м² в год напротив Сонострова. У материка, где мидии не являются руководящей формой, их продукция в среднем составляет 180 ± 60 ккал/м² в год. В проливе средняя продукция мидий не превышает 170 ± 120 ккал/м² в год, а на глубине 9—14 м — 1.0 ± 0.3 ккал/м² в год. В открытом участке у северного побережья Сонострова на глубине 2—3 м продукция мидий достигает всего около 40 ± 10 ккал/м² в год. Отношение продукции к биомассе оказывается наибольшим в поселениях на глубине от 0.5 до 3.0 м и составляет в среднем 0.90—1.0, тогда как на литорали это соотношение не превышает 0.84, а в поселениях на глубине 9—10 м и севернее Сонострова — 0.7—0.74.

Для характеристики исследованных поселений представляет интерес рассмотреть соотношение между расходуемой и накопленной энергией. Это отношение (R/B) минимально в кутовой части, где темп роста моллюсков особенно высок, и составляет в среднем 2.6 ± 0.3 , в проливе оно повышается до 4.7 ± 1.0 , а в открытом участке на глубине 2.5 м среди кораллины возрастает до 5.5 ± 0.6 . Отношение продукции к энергетическим расходам на дыхание максимально в кутовом, наиболее богатом поселении, где составляет 0.36 ± 0.14 , вследствие пониженной интенсивности метаболизма оно относительно высоко в проливе (0.23 ± 0.02) и минимально у материка (0.15 ± 0.02) и особенно в открытом участке севернее Сонострова (0.13 ± 0.015).

Не менее важно проследить направление изменчивости между разными поселениями величины отношения общей продукции к ее поддерживающей части, ответственной за реконструкцию биомассы. Это соотношение максимально в наиболее процветающем поселении в кутовой части у материка и достигает в среднем 1.8, снижается до 1.3—1.1 у материка напротив Сонострова и в проливе, и падает до 1.0 и ниже ($0.94—0.99$) в открытом участке в поселении кораллины на глубине 2.5 м. Последнее обстоятельство так же, как высокое отношение дыхания к биомассе и низкая величина соотношения продукционных возможностей к тратам на обмен, свидетельствует о неустойчивом состоянии поселения среди кора-

лины и высоких энергетических тратах на поддержание его существования. Возможно, что при даже незначительном ухудшении для мидий условий существования, это поселение может исчезнуть.

В рассмотренном материале необычным для Белого моря оказывается доминирование мидий на литорали в районе сублиторальной банки моллюсков у материка, а также крайне низкий темп роста и небольшая продолжительность жизни мидий в открытом участке на глубине 2—3 м в зарослях кораллины. Первую особенность можно объяснить, с одной стороны, постоянной миграцией взрослых особей в осушную зону и пополнение ее молодью из мощной сублиторальной банки, а с другой — особенностями гидрологического режима. Кутовой участок связан проливом с опресненной лагуной, сток из которой обуславливает локальную высокую динамику вод в районе поселения мидий и соответственно — высокую скорость поступления результатов первичной продукции и детрита. Последнее также обусловлено наличием в этом районе гидрологического фронта между опресненными и морскими водами, способствующего осаждению органических веществ. Кроме того, доминированию мидий на литорали данного участка, возможно, содействует малая подвижность льдов. В результате складывается такая ситуация, когда фукусы, обычно доминирующие на смешанно-абразионных формах рельефа, существенно уступают по биомассе мидиям.

Интересно отметить, что мидии в Кандалакшском заливе (в частности, в обследованном участке у Сонострова) находятся в угнетенном состоянии на глубинах уже свыше 2—2.5 м. Действительно, анализ соотношения между биомассой мидий и общей биомассой биоценоза (или только животных биоценоза) показывает (рис. 5), что мидии играют существенную роль в экосистемах лишь до глубины 2—2.5 м, а на глубине 3 м их доля в биоценозах Сонострова падает до 3—4% и менее. В то же время в кутовой части Онежского залива они могут доминировать в биоценозе на больших пространствах на глубинах 8—15 м (Голиков и др., 1985). Это обстоятельство может быть связано с высокой гидродинамической Онежского залива и отсутствием в нем арктической водной массы. В Кандалакшском заливе поселение мидий в открытом участке на глубине 2—3 м в зарослях кораллины необычно. Поселение здесь представлено «карликовыми» особями с максимальным возрастом 4 года при средней высоте раковины 12 мм (максимальная высота особей 18 мм), особи обладают в среднем более округлой раковиной (рис. 6). Отношение высоты раковины к ее ширине у одноразмерных особей высотой 10—15 мм в данном поселении в 1.2 раза ниже, чем у мидий, обитающих в других условиях.

Несомненно, что генетический фонд всех рассматриваемых поселений оказывается общим, и различия морфологических характеристик особей и темпа их роста не могут рассматриваться как результат генетической изменчивости. Действительно, рассматри-

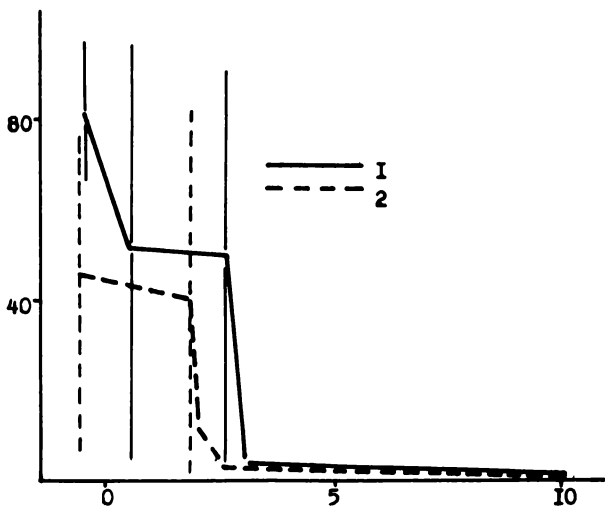


Рис. 5. Отношение биомассы мидий к общей биомассе биоценозов (2) и к биомассе только входящих в них животных (1) на разных глубинах:

По оси ординат — доля биомассы мидий от общей биомассы, %; по оси абсцисс — глубина, м. Вертикальные линии отражают размах изменчивости показателя измеренного в разных участках

ваемые участки незначительно удалены друг от друга, и существующие течения должны обеспечивать всесторонний перенос личинок в течение одного поколения мидий. Соответственно причины отмеченных различий следует искать (в той или иной мере) в специфических условиях обитания. Поселение мидий в бухтах довольно типичны для Белого моря как на литорали, так и в верхней сублиторали. В то же время поселение у открытого побережья Сонострова

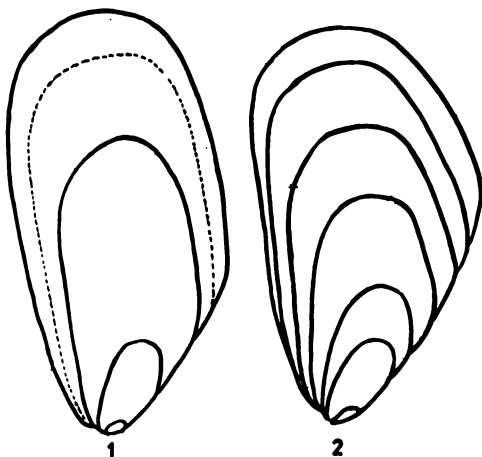


Рис. 6. Форма раковины особей *M. edulis* (размер моллюсков 10—15 мм) в сублиторальном поселении в куту (1) и в открытом участке среди кораллины (2)

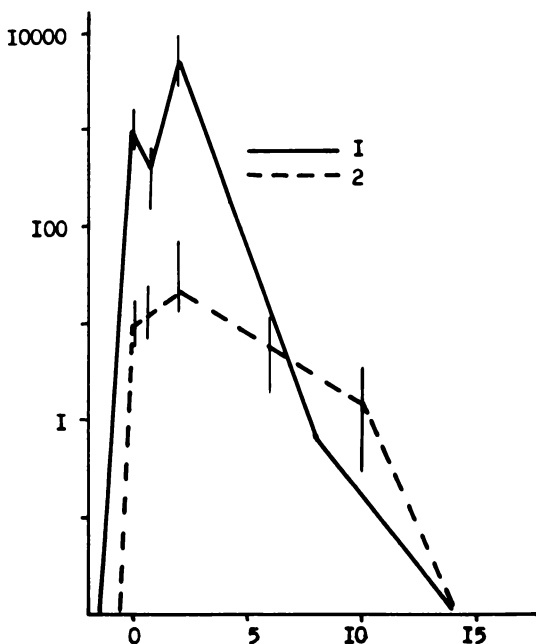


Рис. 7. Зависимость биомассы мидий (1) и звезд (2) от глубины обитания:

По оси ординат — биомасса, г/м²; по оси абсцисс — глубина, м. Остальные обозначения как на рис. 2.

с северной его стороны оказывается не характерным. Развитие поселений мидий в открытых участках может лимитироваться такими абиотическими факторами, как пониженная температура и повышенное волновое воздействие.

Большое значение в ограничении распространения мидий в открытых участках, по-видимому, играют биотические факторы. В открытых участках происходит снижение количества доступной для мидий пищи вследствие некоторого снижения первичной продукции и резкого обеднения вод детритом. Другим важным биотическим фактором, могущим влиять на структуру поселения мидий, может оказаться пресс хищников и, в первую очередь, морских звезд (Никольский, 1966; Винберг, 1967; Беэр, 1971, 1979).

Легко видеть, что биомасса звезд повышается вслед за повышением биомассы мидий, и в то же время звезды могут образовывать скопления на краю поселения мидий (рис. 7). Наибольшее обилие звезд наблюдается в районе сублиторальной банки в кутовой части у материка, где биомасса звезд достигает 200 г/м², а в открытом участке она не превышает 8 г/м².

Характерно, что при этом отношение биомассы мидий к биомассе звезд составляет в первом случае 80, а во втором — 15. Таким образом, пресс звезд на поселение мидий в открытом участке зна-

чительно выше, чем в куту. Возможно, что крупных, быстро растущих особей мидий среди кораллины выедают звезды. Однако не менее вероятно, что существенное влияние на морфологические характеристики и темп роста мидий в открытом участке могут оказывать биотопические особенности условий существования мидий среди кораллины. Заросли кораллины, с одной стороны, способствуют закреплению мидий на прибойных участках, а, с другой, ограничивая пространство для роста мидий, могут влиять на их морфофункциональные характеристики. Известно, что изменение формы раковины у мидий наблюдается также у особей, обитающих на фукусах (Савилов, 1953; Паленичко, 1947). Чем бы ни объяснялся низкий темп роста и малая продолжительность жизни «кораллиновых» мидий, из полученных данных следует, что в данном биотопе выживают особи, отличающиеся низким темпом роста.

Однако обнаруженное поселение в открытом участке среди кораллины, как можно судить по высокому отношению трат на обмен к биомассе (R/B) и низким отношению продукции к тратам на обмен (P/B) и продукционному потенциалу (P/P_s), может оказаться эфемерным, и интересно в процессе мониторинга проследить его судьбу.

ЛИТЕРАТУРА

- Безр Т. Л. О распределении *Asterias rubens* на литорали и в верхней сублиторали в Кандалакшском заливе Белого моря // Экология морских организмов. М.: Изд. МГУ. 1971. С. 6—8.
- Безр Т. Л. Запасы мидий и степень их уничтожения морскими звездами в районе Беломорской биостанции МГУ (Кандалакшский залив Белого моря) // Промысловые двусторчатые моллюски мидии и их роль в экосистемах. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1979. С. 18—20.
- Винберг Т. Л. Биология питания *Asterias rubens* L. на литорали Белого моря // Зоол. журн. 1967. Т. 46. Вып. 6. С. 923—931.
- Голиков А. Н. Метод определения продукционных свойств популяций по размерной структуре и численности // Доклады АН СССР. 1970. Т. 193. № 3. С. 730—735.
- Голиков А. Н. Продукционный процесс на разных структурных уровнях организации популяции // Океанология, 1976. Т. 16. Вып. 6. С. 1096—1108.
- Голиков А. Н., Бабков А. И., Голиков А. А., Новиков О. К., Шереметьевский А. М. Экосистемы Онежского залива и сопредельных участков Бассейна Белого моря // Экосистемы Онежского залива Белого моря. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1985. С. 20—87.
- Максимович Н. В. Особенности распространения, рост и продукционные свойства популяций некоторых *Mytilidae* Белого моря // Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1978. С. 105—107.
- Чемоданов А. В., Максимович Н. В. Внутренняя структура раковин *Mytilus edulis* L. в губе Чупа как отражение сезонной периодичности их роста // Моллюски, систематика, экология и закономерности распределения. Л.: Изд. Зоол. ин-та АН СССР. 1983. С. 178—180.
- Никольский Т. В. О структуре популяций и характере смертности мидий *Mytilus edulis* литорали Белого моря // Зоол. журн., 1966. Т. 45. № 12. С. 1878—1880.
- Паленичко З. Г. Особенности биологии беломорской мидии // Зоол. журн., 1947. Т. 27. Вып. 5. С. 411—420.

Савилов А. И. Рост и его изменчивость у беспозвоночных Белого моря *Mytilus edulis*, *Mya arenaria* и *Balanus balanoides*. Ч. 1. *Mytilus edulis* в Белом море // Тр. ИОАН, 1953. Т. 7. С. 198—258.

Walford L. A. A new graphic method of describing growth of animals // Biol. Bull. 1946. Vol. 90, N 2. P. 141—147.

S u m m a r y

Individuals of *Mytilus edulis* settlements have very different growth rates and production possibilities in bionomically different parts of the White Sea. The mussels have most favourable conditions for existence in sublittoral banks at a depth of 1—2 m in areas with slight wave action, characterized by convergence of freshened and sea waters. In the straits with increased dynamics of waters, mussels can exist up to a depth of 14 m (where they have low growth and production possibilities). In the open parts a settlement of mussels was found among *Corallina* with extremely low growth rate in individuals with a changed shape of shell. Variation of growth rate within generations is quickly reduced from the favourable areas of the upper sublittoral with slight wave action towards settlements in the strait, particularly in the open parts among *Corallina*. Underlying the differences in population structure of mussel settlements in bionomically different areas are their biotopical characteristics and biotic environment including the pressure of sea stars *Asterias rubens*.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Бабков А. И.</i> Краткая гидрологическая характеристика района Сонострова Белого моря	4
<i>Бояринов П. М., Петров М. П.</i> Динамика вод соностровских проливов Белого моря в зимний период	9
<i>Бабков А. И., Кулаковский Э. Е.</i> К вопросу о роли водообмена при организации и эксплуатации мидиевых хозяйств на Белом море	22
<i>Несветова Г. И.</i> Предварительные данные о гидрохимическом режиме вод в районе мидиевых хозяйств Сонострова Белого моря	27
<i>Кучаева Л. Н., Ананьева Н. Б., Маслов Ю. И., Михайлов А. А., Дроевский О. Е.</i> Исследование биохимического состава морской взвеси в районах экспериментальных мидиевых хозяйств на Белом море	33
<i>Галкина В. Н., Буряков В. Ю., Рура А. Д.</i> Количественное распределение фито- и бактериопланктона в районе Сонострова в Белом море	40
<i>Прыгункова Р. В., Бабков А. И., Кутчева И. П.</i> Сравнительная характеристика распределения зоопланктона и гидрологических условий по акватории Сонострова и в губе Чупа Кандалакшского залива (Белое море)	50
<i>Бондарчук Л. Л., Кулаковский Э. Е.</i> Некоторые данные по развитию бентосных диатомовых водорослей на мидиевых хозяйствах в Белом море	65
<i>Лайус Ю. А., Кулаковский Э. Е.</i> Сообщество перифитонных организмов в условиях марикультуры мидий на Белом море: основные этапы его формирования	74
<i>Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Миничев Ю. С., Максимович Н. В.</i> Распределение личинок мидий (<i>Mytilus edulis</i> L.) в губе Чупа Кандалакшского залива в связи с развитием мидиевой марикультуры на Белом море	83
<i>Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Сухотин А. А.</i> Анализ развития мидий на опытно-промышленном мидиевом хозяйстве в губе Чупа Белого моря за три сезона роста	89
<i>Голиков А. Н., Максимович Н. В., Сиренко Б. И.</i> Особенности распределения, роста и продукции <i>Mytilus edulis</i> L. в различных биотопах на примере поселения у Сонострова (Белое море)	97

CONTENTS

<i>Babkov A. I.</i> Hydrological characteristics of the White Sea off the Sonostrov Island	4
<i>Boyarinov P. M., Petrov M. P.</i> Water dynamics in straits off the Sonostrov Island of the White Sea in winter	9
<i>Babkov A. I., Kulakowski E. E.</i> On the problem of water exchange role in organising and exploiting mussel aquaculture in the White Sea	22
<i>Nesvetova G. I.</i> Preliminary data on the hydrochemical water regime of the mussel aquaculture off the Sonostrov in the White Sea	27
<i>Kuchayeva L. N., Ananyeva T. I., Maslov Y. I., Michailov A. A., Droyevsky O. F.</i> Investigation of biochemical composition of marine particulate matter in regions of experimental <i>Mytilus edulis</i> plantations in the White Sea	33
<i>Galkina V. N., Buriakov V. J., Rura A. D.</i> The quantitative distribution of phyto- and bacterioplankton in the White Sea off the Sonostrov	40
<i>Prygunkova R. V., Babkov A. I., Kutcheva I. P.</i> Comparative characteristic of the zooplankton distribution and hydrological conditions off the Sonostrov and in the Chupa Inlet of the Kandalaksha Bay (the White Sea)	50
<i>Bondarchuk L. L., Kulakowski E. E.</i> Some data concerning the development of benthic diatoms on the mussel aquaculture in the White Sea	65
<i>Layus Yu. A., Kulakowski E. E.</i> The periphytic microorganisms community under mussel aquaculture conditions: the main stages of its formation	74
<i>Kulakowski E. E., Kunin B. L., Minichev Yu. S., Maximovich N. V.</i> The distribution of mussel (<i>Mytilus edulis</i> L.) larvae in the Chupa Inlet of the Kandalaksha Bay in connection with the development of mussel aquaculture in the White Sea	83
<i>Kulakowski E. E., Kunin B. L., Sukhotin A. A.</i> The analysis of mussel development in the experimental mussel aquaculture in the Chupa Bay Inlet of the White Sea during three growth seasons	89
<i>Golikov A. N., Maximovich N. V., Sirenko B. I.</i> On distribution, growth and production of <i>Mytilus edulis</i> L. with reference to settlement off the Sonostrov Island (the White Sea)	97

**ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА
В СВЯЗИ С МАРИКУЛЬТУРОЙ МИДИЙ НА БЕЛОМ МОРЕ**

Исследования фауны морей

39(47)

Сборник научных работ

Утверждено к печати
редакционно-издательским советом
Зоологического института АН СССР

План 1988 г.

Редактор Т. А. Асанович
Художник С. Е. Станкевич
Технический редактор Г. С. Гененрайх

Подписано в печать 06.07.88. М-38206. Формат 60×90¹/₁₆. Печать офсетная.
Гарнитура литер. Бумага тип. Печ. л. 7,5+0,25 вкл. Уч.-изд. л. 8,0. Тираж 600 экз.
Заказ № 1611. Цена 1 р. 30 к.

Зоологический институт АН СССР, 199034, Ленинград, Университетская наб., 1.
ПО-3 Ленуприздата. 191104, Ленинград, Литейный пр., 55.

УДК 551.48.268.46

Краткая гидрологическая характеристика района Сонострова Белого моря. Б а б к о в А. И.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 4—8. [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Рассмотрены морфометрия, гидродинамика и сезонная изменчивость в температурном и соленостном режимах в проливах у Сонострова, перспективных для организации марикультуры мидий.

Ил. 3, библ. 3, табл. 2.

УДК 551.465.11 (268.46)''324''

Динамика вод Соностровских проливов Белого моря в зимний период. Б о я р и н о в П. М., П е т р о в М. П.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 9—21. [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

На основе анализа данных инструментальных измерений дается описание динамики приливно-отливных течений соностровских проливов в подледный период. Приводятся оценочные характеристики водообмена акватории с открытым морем.

Ил. 11, библ. 2.

УДК 551.465.71 (268.46):638.42

К вопросу о роли водообмена при организации и эксплуатации мидиевых хозяйств на Белом море. Б а б к о в А. И., К у л а к о в с к и й Э. Е.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 22—26 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Весной 1979, 1985 и 1986 гг. были измерены скорости приливно-отливных течений в районе опытно-промышленного мидиевого хозяйства в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Рассчитаны основные характеристики водообмена. Показана связь водообмена с плотностью установки искусственных субстратов на хозяйство. Обсуждается влияние водообмена на развитие поселений мидий на искусственных субстратах.

Ил. 3, библ. 4, табл. 1.

УДК 550.461 (268.46):639.42

Предварительные данные о гидрохимическом режиме вод в районе мидиевых хозяйств Сонострова Белого моря. Н е с в е т о в а Г. И.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 27—32 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Приведены данные, полученные в результате трех океанологических съемок (в апреле, июле, октябре 1985 г.), включавших определение температуры, солености, растворенного кислорода, фосфатов, кремнекислоты, нитратного и нитритного азота и сероводорода. Приводятся оценочные характеристики потенциальной трофности региона и степени влияния приливно-отливных процессов на гидрохимический режим вод.

Ил. 4, библ. 6, табл. 1.

Исследование биохимического состава морской взвеси в районах экспериментальных мидиевых хозяйств на Белом море. Кучаева Л. Н., Ананьева Т. И., Маслов Ю. И., Михайлов А. А., Дроевский О. Е.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 33—39 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Анализировались содержание белков, углеводов и жирорастворимых веществ, а также аминокислотный состав белков в пробах морской взвеси, взятых на входе и выходе из мидиевых хозяйств в Чупинской губе и около Сонострова (Белое море). Предполагается, что определение содержания белков является наиболее подходящим способом оценки качества взвеси как пищи для мидий.

Библ. 10, табл. 4.

Количественное распределение фито- и бактериопланктона в районе Сонострова в Белом море. Галкина В. Н., Буряков В. Ю., Р ура А. Д.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 40—49 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

В результате годичного наблюдения установлены количественные закономерности развития фито- и бактериопланктона в акватории промышленного культивирования мидий. Показано, что за счет фитопланктона в этой акватории образуется до 850 ккал. м². год органического вещества, за счет бактерий — от 350 до 600 ккал.м².год. Полученные данные могут быть использованы в расчетах оптимальной биомассы мидий в марикультуре акватории у Сонострова.

Ил. 2, библ. 17, табл. 7.

Сравнительная характеристика распределения зоопланктона и гидрологических условий по акватории Сонострова и в губе Чупа Кандалакшского залива (Белое море). Прыгункова Р. В., Бабков А. И., Кутчева И. П.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 50—64 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Наблюдения в 1985 г. обнаружили большие различия гидрологических условий и структуры зоопланктона в губе Чупа и районе Сонострова в летний период, что отражается на величине общей биомассы зоопланктона. В губе Чупа, где в планктонном сообществе доминируют неритические виды, биомасса зоопланктона выше. Осенью пространственные изменения структуры зоопланктона и гидрологических условий незначительные. Общая биомасса зоопланктона в изучавшихся районах оказалась в октябре 1985 г. приблизительно одинаковой (около 100 мг/м³).

Ил. 2, библ. 14, табл. 7.

УДК 581.526.323.3:582.26(268.46):639.42

Некоторые данные по развитию бентосных диатомовых водорослей на мидиевых хозяйствах в Белом море. Бондарчук Л. Л., Кулаковский Э. Е.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 65—73 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Проведены исследования микрообрастания искусственных субстратов, их носителей и самих мидий, культивируемых на Белом море, а также микрофитобентоса в прилежащем к хозяйству регионе. Показано как положительное, так и отрицательное влияние микрообрастания на развитие мидий на искусственных субстратах. Обсуждаются вопросы прогнозирования микрообрастания на установках марикультуры в конкретной акватории и время выставления субстратов для оседания моллюды мидий.

Библ. 23.

УДК 577.472(268.46)+486:576.8

Сообщество перифитонных микроорганизмов в условиях марикультуры мидий на Белом море: основные этапы его формирования. Лайус Ю. А., Кулаковский Э. Е.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 74—82 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

В работе рассматриваются основные закономерности формирования сообщества перифитонных микроорганизмов (СПМ) в Белом море. Исследования проводились в районе опытно-промышленного мидиевого хозяйства методом «стеклообрастания». Показано принципиальное сходство процесса формирования СПМ в Белом море с аналогичными процессами, известными для других морей. Описаны основные этапы сукцессии сообщества. Обсуждаются перспективы исследования СПМ в связи с проблемами марикультуры.

Ил. 1, библ. 39.

УДК 594.124:591.341.2(268.46)

Распределение личинок мидий (*Mytilus edulis* L.) в губе Чупа Кандалакшского залива в связи с развитием мидиевой марикультуры на Белом море. Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Миничев Ю. С., Максимович Н. В.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 83—88 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

В период с июня по сентябрь 1986 г. брали пробы для определения количества личинок мидий в районах мидиевых хозяйств в губе Чупа (Белое море). Проведено также исследование распределения личинок по всей акватории губы. Максимальное количество личинок мидий в планктоне приходится на время, когда происходит стабильный прогрев более глубоких вод (начало размножения у сублиторальных популяций). Численность личинок мидий в губе Чупа достаточна для организации промышленных мидиевых хозяйств. Ил. 1, библ. 5, табл. 6.

УДК 594.124.(268.46):639.42

Анализ развития мидий на опытно-промышленном хозяйстве в губе Чупа Белого моря за три сезона роста. Кулаковский Э. Е., Кунин Б. Л., Сухотин А. А.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 89—96 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Осенью 1983, 1984, 1985 гг. брали пробы мидий на опытно-промышленном мидиевом хозяйстве, расположенном в губе Чупа Кандалакшского залива Белого моря. Рассчитаны плотность, биомасса, средний размер, продукция и *P/V*-коэффициент мидий разных возрастных классов. Производится сравнение средней длины мидий в разных участках хозяйства. Обсуждаются вопросы изменения водообмена и становления биоценоза на искусственных субстратах.

Ил. 2, библ. 8, табл. 4.

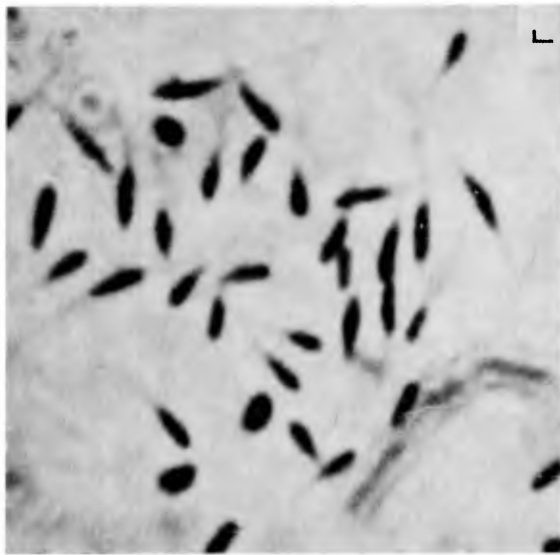
Особенности распределения, роста и продукции *Mytilus edulis* L. в различных биотопах на примере поселений у Сонострова (Белое море). Голиков А. Н., Максимович Н. В., Сиренко Б. И.— В кн.: Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., изд. Зоол. ин-та АН СССР, 1988, с. 97—108 [Исслед. фауны морей, т. 39(47)]

Изучены количественное распределение, рост и продукция поселений *Mytilus edulis* в биономически различных участках юго-восточной части Кандалакшского залива в районе Сонострова. Оказалось, что мидии образуют наибольшие биомассы и имеют наиболее высокий темп роста особей и его изменчивость в поколениях в защищенном участке на глубине 1—2 м. Наименьшие продукционные показатели мидии имеют в проливе на глубинах до 14 м и у открытых берегов Сонострова на глубине 2—3 м среди кораллины, где образовалось своеобразное поселение мидий с резко сниженным темпом роста и пониженным биоэнергетическим потенциалом при сниженной изменчивости ростовых потенциалов у особей в пределах поколений. Обсуждаются причины различий в продукционных возможностях мидий в биономически различных участках.

Ил. 7, библ. 12, табл. 1.



Некоторые микроорганизмы, входящие в состав СПМ на разных стадиях его формирования:
А — скользящая бактерия X 1800; Б — жгутиковое простейшее X 1900; В — стебельковые бактерии X 1900

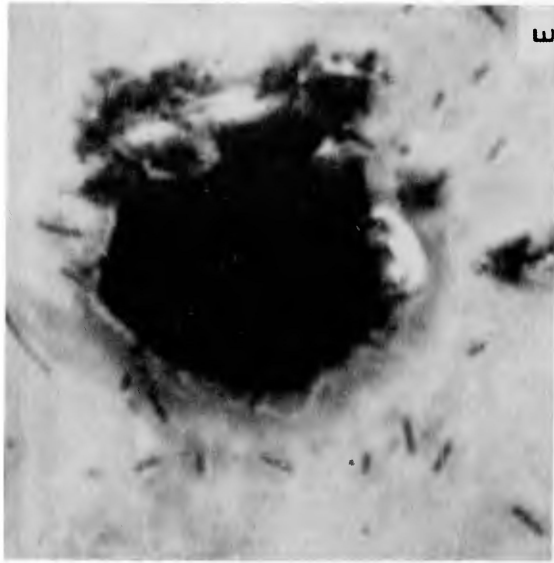


Г

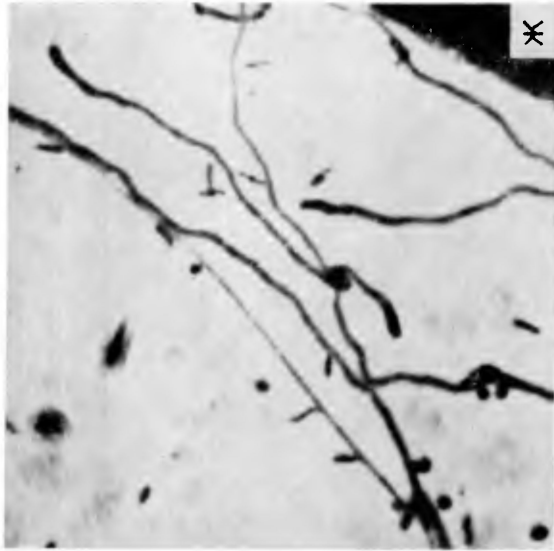


Д

Некоторые микроорганизмы, входящие в состав СПМ на разных стадиях его формирования:
Г — стебельковые бактерии X 4800; Д — спирохета X 4800



Е

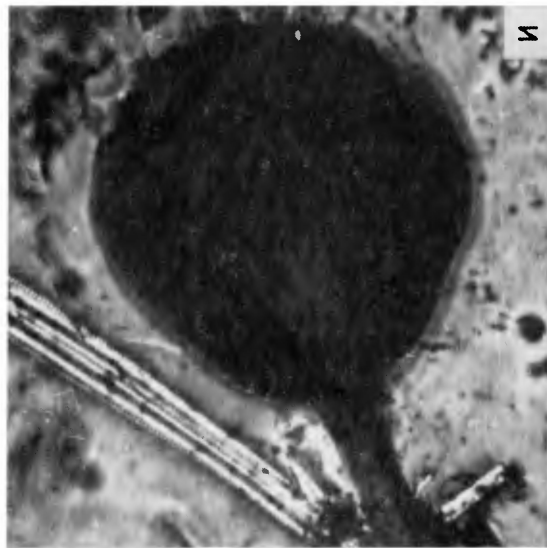


Ж

Некоторые микроорганизмы, входящие в состав СПМ на разных стадиях его формирования:
Е — скопление палочковидных бактерий около органической частицы X 2200; Ж — актиноидет X 2300



3



И

Некоторые микроорганизмы, входящие в состав СПМ на разных стадиях его формирования:
3 — скопление панцирей диатомовых водорослей X 1000; И — сидячая инфузория X 1170