

ISSN 0206-0477. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МАРИКУЛЬТУРЕ МИДИЙ
БЕЛОГО МОРЯ
СПб., 1993 (ТРУДЫ ЗООЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН, Т. 253)

RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
PROCEEDINGS OF THE ZOOLOGICAL INSTITUTE,
ST. PETERSBURG, 1993, VOL. 253

УДК 594.124

А. И. Бабков, Э. Е. Кулаковский, А. А. Сухотин

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА РАЗВИТИЕ ПОСЕЛЕНИЯ
КУЛЬТИВИРУЕМЫХ МИДИЙ В БЕЛОМ МОРЕ**

На основании исследований по развитию мидий в условиях марикультуры на опытно-промышленном хозяйстве и анализу водообмена в данной акватории показана роль водообмена при многолетнем функционировании мидиевого хозяйства в Белом море. Приводятся конкретные данные некоторых гидрологических показателей и, вместе с тем, данные по плотности и биомассе мидий на искусственных субстратах хозяйства. Обсуждаются вопросы оптимизации биотехнологии культивирования мидий в Белом море.

Исследования в области марикультуры охватывают широкий спектр всестороннего анализа как объекта культивирования, так и условий окружающей среды и их взаимодействие. Большое значение в этом отношении имеют данные по влиянию водообмена на биологию культивируемого объекта (Кулаковский, 1987). Ранее мы отмечали необходимость проведения всего комплекса исследований, связанных с марикультурой, на хозяйствах, приближающихся по масштабу к промышленным (Кулаковский, Сухотин, 1988). Дело в том, что основным возможным недостатком при организации крупных промышленных хозяйств может быть перенесение данных, полученных в эксперименте, в биотехнологию уже промышленного масштаба. Как правило, эксперименты осуществляются на значительной площади акватории при ее крайне незначительной нагрузке. Полученные в результате эксперимента данные составляют основу для организации уже крупных хозяйств, когда в той же самой акватории нагрузка возрастает на порядки. Практически при промышленной марикультуре невозможно сохранить те условия окружающей среды, которые имелись в эксперименте, поэтому перенесение данных, непосредственно полученных в эксперименте, в обоснование для промышленного объема культивирования в большинстве случаев может привести к негативным результатам. Исходя из опыта работ на Белом море, мы считаем,

что только совокупность данных по культивированию мидий в экспериментальных и опытно-промышленных условиях может служить отправной точкой при создании биотехнологии промышленного культивирования.

В настоящей работе проведен анализ развития поселения мидий на опытно-промышленном хозяйстве за цикл выращивания в связи с водообменом. Подробные данные по самому опытно-промышленному хозяйству, включая особенности его постановки и анализ развития поселения мидий на искусственных субстратах, приводятся в соответствующих работах (Кулаковский, 1987; Бабков, Кулаковский, 1988).

Опытно-промышленное хозяйство было создано в 1983 г. в той же самой акватории, где осуществлялись и экспериментальные работы по возможности культивирования мидий в Белом море. Измерения водообмена в этом месте выполнялись в 1979 г., а также с 1985 по 1989 гг., т. е. уже во время функционирования опытно-промышленного хозяйства. Работы по определению водообмена в указанные годы проводились практически на одних и тех же точках данной акватории и в один и тот же сезон.

Результаты исследований по изменению водообмена представлены в таблице. Как видно, показатели водообмена в акватории до постановки опытно-промышленного хозяйства примерно в 2 раза превышают таковые, которые имеют место в годы существования хозяйства. Таким образом, сразу же можно отметить, что конкретная нагрузка на акваторию при конкретно сложившейся ситуации (характер постановки самого хозяйства — Житный и др., 1984), резко уменьшила водообмен. Довольно значительные колебания в показателях водообмена имели место и в процессе эксплуатации хозяйства. Так, наиболее низкие показатели отмечены в 1985 и 1987 годах. Остановимся на причинах такой флуктуации. Прежде всего, выставленные в 1983 г. на акватории хозяйства 16 тыс. искусственных субстратов вместе с их носителями создали ощутимое препятствие току воды, что не замедлило отразиться на темпах роста моллюсков (Бабков, Кулаковский, 1988). Для устранения этого негативного явления осенью 1985 г. примерно треть хозяйства была перемещена в соседнюю бухту, а оставшаяся часть рассредоточена на освободившейся акватории. Эта операция способствовала повышению водообмена в следующем 1986 г., однако в 1987 г. наблюдалось новое понижение водообмена. Это можно объяснить следующими основными причинами: прежде всего смещением несущих конструкций как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. По мере увеличения биомассы моллюсков на искусственных субстратах несущие конструкции (в данном случае деревянные ящики, заполненные пенопластом) заглубились в среднем примерно на 80 см, а отдельные линии носителей сблизилась между собой. Каждый отдельный искусственный субстрат, обросший мидиями, к этому времени представлял собой трехметровый цилиндр диаметром 15—20 см. В ре-

Показатели водообмена в исследуемой акватории

Год	Количество воды, проходящей через створ измерений за полусуточный период, м ³	Количество воды, ² проходящей через 1 м ² поперечного сечения створа измерений за полусуточный период, м ³	Площадь поперечного сечения створа измерений, м ²
1979	1100X10 ³	1833	600
1985	453X10 ³	888	510
1986	572X10 ³	1121	510
1987	397X10 ³	735	540
1988	688X10 ³	1229	560
1989	599X10 ³	1070	560

в результате сближения отдельных компонентов носителей многие искусственные субстраты как бы «срослись» между собой, чему очень способствовали попавшие на акваторию хозяйства выбросы фукусов, которые, попадая на искусственные субстраты, соединяли их между собой. На эти водоросли перемещалась часть мидий с субстратов, и в конце концов получалась сплошная стена, создающая существенное препятствие току воды, особенно в верхнем 3-метровом слое. Совокупность всех этих причин привела к тому, что в данной акватории на площади в 1 га (особенно в центральной части) образовалось чрезмерное скопление субстратов. Конфигурация и рельеф дна района постановки хозяйства (и это подтверждается натурными измерениями величин водообмена) свидетельствуют о том, что глубинные слои воды (ниже 10 м) при своем поступательном движении, встречая естественное препятствие в виде порога, отклоняются в сторону. На само хозяйство поступают поверхностные слои воды, которые, встречая препятствие в виде монолита субстратов, в свою очередь как бы «обтекают» все хозяйство с двух сторон. Таким образом, на самом хозяйстве и особенно в его центре показатели водообмена понижены. Обработка материалов измерений 1988 г., когда практически все мидии с хозяйства были уже собраны, показала сложную картину скоростей и направлений течения на стадии прилива, свидетельствующую о разнонаправленности различных струй на этой приливной фазе. Суммарный расход (общее количество воды, проходящей поступательно и возвратно), рассчитанный по средним скоростям течения весной 1988 г., составил около 688 000 м³ за полусуточный период. Таким образом, эта величина оказалась существенно больше измеренных в предыдущие 3 года, но много меньше, чем в 1979 г. Это можно отчасти объяснить тем, что после сбора урожая мидий на дне акватории осталась часть затонувших носителей (ящики, металлические бочки, трубы, троса и др.), которые, судя по визуальным водолазным наблюдениям, могут существенно влиять на показатели водообмена. В данном случае можно констатировать, что величина исходного (1979 г.) водообмена после прекращения функционирования опытно-промышленного хозяйства не восстановилась в два последующих года.

Ниже приводятся некоторые данные по развитию мидий основной (1983 г.) генерации на искусственных субстратах хозяйства. Данные представлены средними величинами. Поскольку в процессе развития поселения мидий на искусственных субстратах выявляются две четко различающихся по размеру группировки моллюсков основной (1983 г.) генерации, которые условно названы «быстро-» и «медленнорастущие» мидии, в дальнейшем изложении мы будем иметь в виду только особей быстрорастущей группировки, составляющих более 90% от общей биомассы (Кулаковский, Сухотин, 1988). На рис. 1 представлена кривая линейного роста моллюсков. Как видно, в 1985 г. произошло значительное

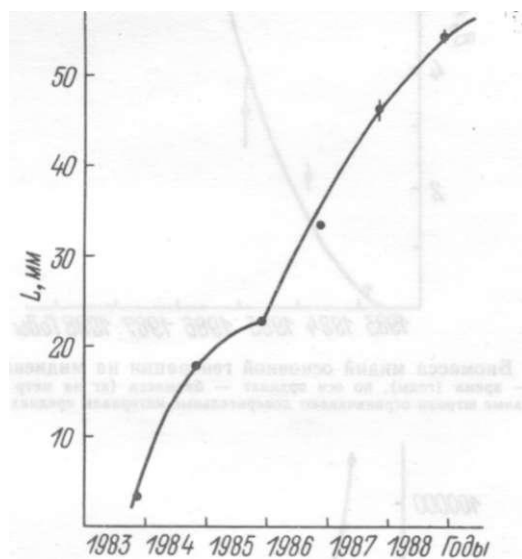


Рис. 1. Линейный рост быстрорастущих мидий основной генерации на мидиевом хозяйстве
По оси абсцисс — время (годы), по оси ординат — длина мидий (мм). Вертикальные штрихи ограничивают доверительные интервалы средних при $P < 0.05$

замедление темпов роста, что соотносится с наименьшим в этот год водообменом. Повышение темпов роста в следующем году может быть объяснено некоторым увеличением водообмена на акватории хозяйства и, как следствие этого, увеличением количества пищи для оставшихся после перевода части хозяйства мидий. На рис. 2 и 3 представлены изменения биомассы и плотности моллюсков. Биомасса резко увеличивается в течение третьего года, что можно также связать с увеличением в это время водотока. После третьего года развития поселения моллюсков, когда биомасса достигала величины около 10 кг на погонный метр субстратов, началось осыпание с них друз мидий. В результате этого явления осыпания (не исключаются и некоторые другие

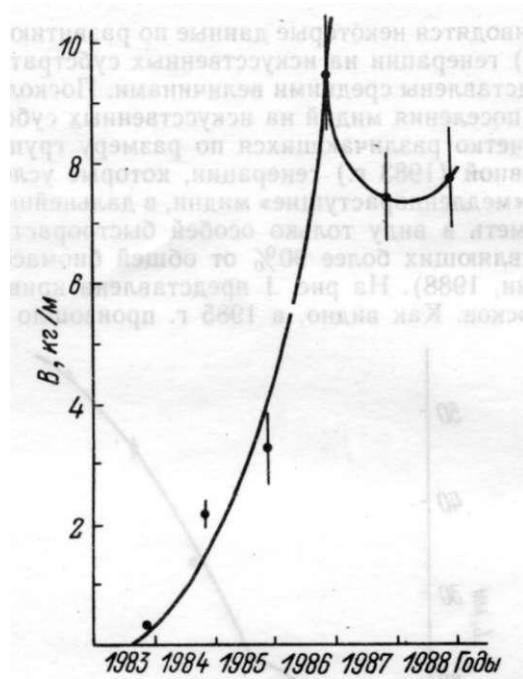


Рис. 2. Биомасса мидий основной генерации на мидиевом хозяйстве
 По оси абсцисс — время (годы), по оси ординат — биомасса (кг на метр погонный субстрата).
 Вертикальные штрихи ограничивают доверительные интервалы средних при $P < 0.05$

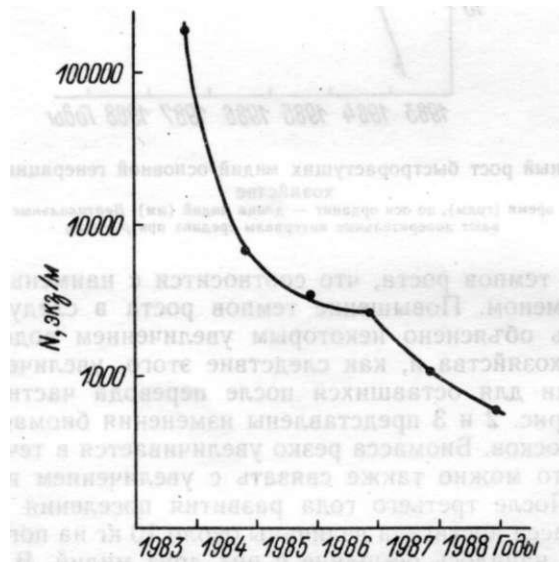


Рис. 3. Плотность основной генерации мидий на мидиевом хозяйстве
 По оси абсцисс — время (годы), по оси ординат — плотность. Вертикальные штрихи ограничивают
 доверительные интервалы средних при $P < 0.05$

причины) к концу 4-го года общая величина биомассы мидий понизилась почти на 20% от значения предыдущего года, а плотность — почти в 3 раза. Здесь следует еще раз специально подчеркнуть, что все данные настоящей работы относятся к конкретной ситуации, сложившейся на конкретном опытно-промышленном хозяйстве.

Представленные данные свидетельствуют о ведущей роли водообмена при культивировании мидий в условиях подвесной марикультуры. Этот факт хорошо известен и достаточно широко освещен в литературе (Жирмунский, 1986; Кулаковский, 1987; Verwey, 1952). Однако данных по изменению водообмена на акватории самих мидиевых хозяйств в процессе их функционирования явно недостаточно. В то же время такие данные крайне важны при организации и эксплуатации промышленных мидиевых хозяйств, особенно если цикл выращивания моллюсков занимает несколько лет, как это имеет место для Белого моря.

Различия в величине водообмена анализируемой акватории при функционировании опытно-промышленного мидиевого хозяйства могут происходить в силу ряда причин. На наш взгляд, основной причиной в данном случае является степень нагрузки акватории всеми элементами хозяйства (носители, субстраты, якоря и др.) и характер их размещения. Кроме этой причины, различия могут обуславливаться также толщиной льда и структурой его нижней поверхности, межгодовой изменчивостью водообмена, вызванной климатическими особенностями каждого конкретного года. В конкретно сложившейся ситуации на рассматриваемом опытно-промышленном хозяйстве можно следующим образом интерпретировать годовые динамики биомассы всех имеющих на хозяйстве мидий и водообмена (рис. 4). К 1987 г. наблюдались максимальные значения биомассы вследствие интенсивного роста моллюсков. По мере увеличения этих показателей увеличивалось и препятствие току воды, поскольку происходило увеличение толщины обрастания искусственных субстратов.

В заключение, используя полученные данные (которые применялись нами для оптимизации условий роста мидий на опытно-промышленном хозяйстве), мы еще раз подчеркнем те основные моменты, на которые следует в первую очередь обращать внимание при организации промышленных мидиевых хозяйств на Белом море. Оценив с биологических позиций пригодность той или иной акватории для культивирования мидий (Кулаковский, Кунин, 1983), следует тщательно изучить характер водообмена данной акватории, особенности ее ледового режима. Используя данные по развитию моллюсков (рост, обмен, скорость потребления пищи, экскрецию и др.) (Кулаковский, Сухотин, 1986; Сухотин, 1989), данные о соответствующей для мидий кормовой базе в районе культивирования и ее сезонную динамику (Галкина и др., 1988; Кучаева и др., 1988) и учитывая ряд гидрологических условий (Бабков и др., 1985), можно с довольно высокой надежностью

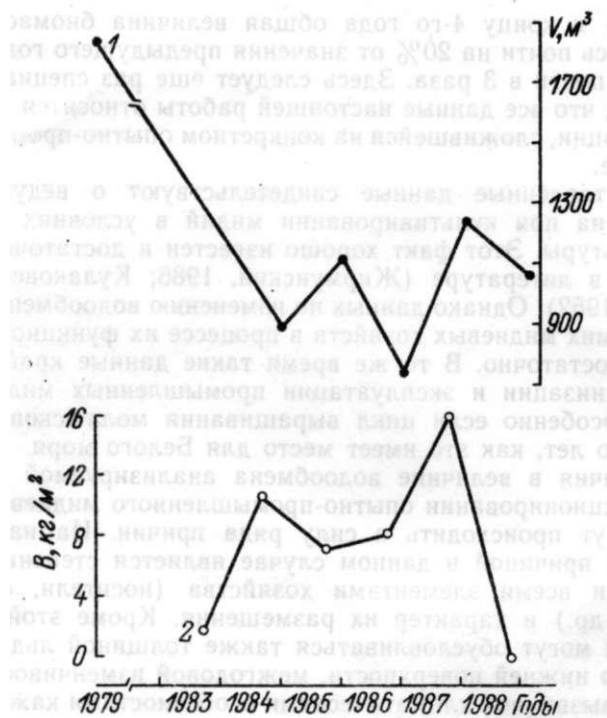


Рис. 4. Изменения водообмена (1) и общей биомассы (2) мидий на мидиевом хозяйстве по годам

По оси абсцисс — время (годы), по оси ординат слева — биомасса, справа — объем воды, проходящий через $1 m^2$ поперечного сечения створа измерений за полусуточный период. Черные кружки — показатель водообмена, светлые кружки — биомасса мидий под $1 m^2$ водной поверхности

определить величину нагрузки на данную акваторию и, что очень важно, характер размещения на ней элементов мидиевого хозяйства. Осуществляя ежегодный биологический контроль за состоянием развития мидий (прежде всего темпы роста), принимая во внимание в качестве индикатора состояние мидиевого сообщества на искусственных субстратах (Кулаковский, 1988), можно в случае необходимости оперативно влиять на устранение возможных негативных явлений с целью получения оптимального урожая.

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., 1985. С. 4—8.
- Бабков А. И., Кулаковский Э. Е. К вопросу о роли водообмена при организации и эксплуатации мидиевых хозяйств на Белом море // Гидробиологические

- особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море.— Л., 1988.— С. 22—26.
- Галкина В. Н., Буряков В. Ю., Рура А. Д.* Количественное распределение фито- и бактериопланктона в районе Сонострова в Белом море // Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море.— Л., 1988. С. 40—49.
- Жирмунский А. В.* Проблемы биологии и разведения съедобной мидии // Биология моря. 1986. № 4. С. 3—6.
- Житний Б. Г., Кулаковский Э. Е., Несветов В. А.* Проблемы промышленной марикультуры мидий на Белом море // Рыбн. хоз-во, 1984. № 8. С. 37—39.
- Кулаковский Э. Е.* Исследования по марикультуре мидий Белого моря // Гидробиологические и ихтиологические исследования на Белом море.— Л., 1987. С. 64—76.
- Кулаковский Э. Е., Куниин Б. Л.* Теоретические основы культивирования мидий в Белом море.— Л., 1983. 36 с.
- Кулаковский Э. Е., Сухотин А. А.* Рост мидии обыкновенной в Белом море в естественных условиях и в условиях марикультуры // Экология, 1986. № 2. С. 35—42.
- Кулаковский Э. Е., Сухотин А. А.* Развитие поселений мидий на Белом море // Рыбн. хоз-во, 1988. № 9. С. 46—47.
- Кучаева Л. М., Апаньева Н. Б., Маслов Ю. И., Михайлов А. А., Дроевский О. Е.* Исследование биохимического состава морской взвеси в районах экспериментальных мидиевых хозяйств на Белом море // Гидробиологические особенности юго-восточной части Кандалакшского залива в связи с марикультурой мидий на Белом море. Л., 1988. С. 33—40.
- Сухотин А. А.* Размерно-весовые характеристики и соотношение частей тела беломорских мидий *Mytilus edulis* L. при подвесном культивировании и в естественном поселении // Экологические и физиологические исследования беломорских гидробионтов. Л., 1988. С. 45—55.
- Verwey J.* On the ecology and distribution of cockle and mussel in the dutch Wadden Sea, their role in sedimentation and the source of their food supply // Arch. Neerland. Zool., 1952. Vol. 10. N 2. P. 171—239.

S u m m a r y

A. I. Babkov, E. E. Kulakowski, A. A. Sukhotin

THE INFLUENCE OF HYDROLOGICAL REGIME ON CULTURED MUSSEL POPULATION'S DEVELOPMENT IN THE WHITE SEA

Changes of hydrological regime in the experimental-industrial mussel culture farm for several years are examined. The correlation of water exchange value with the development of mussel population on artificial substrata is shown. The questions of biotechnology of mussel culture in the White Sea in relation to principle role of hydrological regime are discussed.