

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 grown seasons.
E. E. Kulakouski, 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 (Житний 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

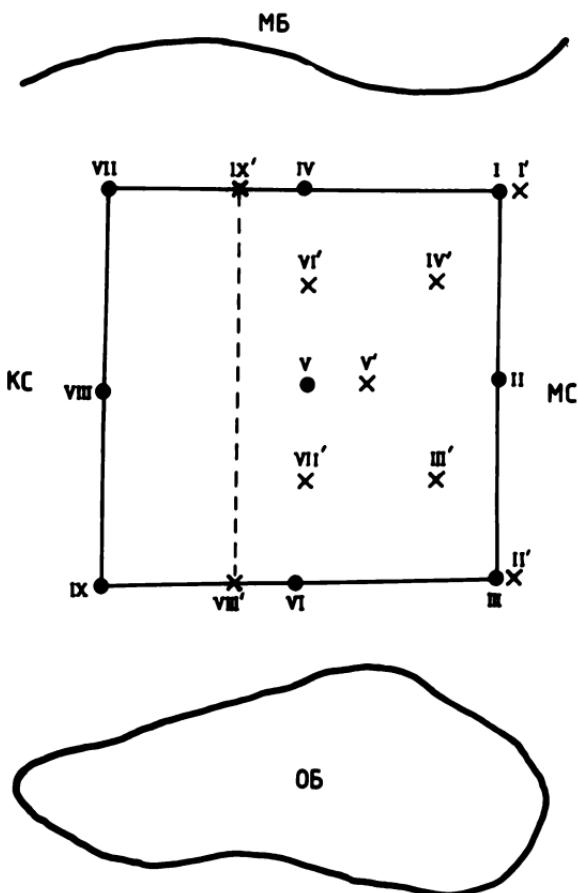


Рис. 1. Схема расположения опытно-промышленного мидиевого хозяйства. Осенью 1985 г. около 1/3 хозяйства было перемещено в соседнюю бухту (пунктирная линия). МС — морская сторона хозяйства, КС — кутовая сторона хозяйства, ОБ — остриной берег, МБ — материковый берег. I—IX — станции взятия проб в 1984 г., 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 м² 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:

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

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

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 молоди (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

Таблица 1

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	%	г/м	%
Ноябрь 1983	0+	1,3±0,02	0,23	185230±27784	100	320±77	100	320±77	100
Октябрь 1984	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	2171	100
	Σ	—	—	8175	100	2171	—	—	—
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	3320±486	90
	3+	40,4±0,09	5400,0	45±12	1	300±114	8	300±114	8
	Σ	—	—	4445	100	3672	100	3672	100

Таблица 2

Данные по развитию основной генерации мидий

Дата, возраст, год	Средняя длина, мм	Средняя масса, мг	Средняя плотность			Продукция за год			Доля продукции заминированных 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

Таблица 3

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.	$\bar{X}_{6_1} = 18,5 \pm 0,11$ $(n=2292)$	$\bar{X}_{6_2} = 17,5 \pm 0,35$ $(n=1193)$	$\bar{X}_{6_3} = 22,6 \pm 0,23$ $(n=1366)$
Фактор В		$\bar{X}_{M_1} > \bar{X}_{M_2} > \bar{X}_{M_3}$		$\bar{X}_{6_2} \leq \bar{X}_{6_1} < \bar{X}_{6_3}$
		0,5 м	1,5 м	3,0 м
Фактор С	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.	$\bar{X}_{6_1} = 16,6 \pm 0,18$ $(n=1851)$	$\bar{X}_{6_2} = 20,8 \pm 0,20$ $(n=1637)$	$\bar{X}_{6_3} = 20,6 \pm 0,30$ $(n=1523)$
		$\bar{X}_{M_1} > \bar{X}_{M_2} = \bar{X}_{M_3}$		$\bar{X}_{6_1} < \bar{X}_{6_2} = \bar{X}_{6_3}$
		Материковый берег	Середина	Островной берег
Фактор С	М. Г.	$\bar{X}_{M_1} = 3,1 \pm 0,06$ $(n=3334)$	$\bar{X}_{M_1} = 3,2 \pm 0,06$ $(n=3275)$	$\bar{X}_{M_1} = 3,5 \pm 0,07$ $(n=2580)$
	Б. Г.	$X_{6_1} = 19,0 \pm 0,13$ $(n=2068)$	$X_{6_2} = 19,0 \pm 0,19$ $(n=1750)$	$X_{6_3} = 22,4 \pm 0,35$ $(n=1033)$
		$X_{M_1} = X_{M_2} = X_{M_3}$		$X_{6_1} = X_{6_2} < X_{6_3}$

П р и м е ч а н и е . 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-

Таблица 4

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

		Море		Середина		Кутовая часть	
Фактор А	М. Г.	$\bar{X}_{\text{m}_1} = 8.8 \pm 0.12$ (n=600)	$\bar{X}_{\text{m}_2} = 8.2 \pm 0.13$ (n=818)	$\bar{X}_{\text{m}_3} = 6.9 \pm 0.17$ (n=187)	$\bar{X}_{\text{m}_4} = 7.5 \pm 0.10$ (n=975)	$\bar{X}_{\text{b}_5} = 8.3 \pm 0.12$ (n=843)	
	Б. Г.	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 29.7 \pm 0.28$ (n=1206)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 21.9 \pm 0.19$ (n=1322)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 20.4 \pm 0.2G7$ (n=533)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 19.2 \pm 0.19$ (n=1053)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 22.9 \pm 0.19$ (n=1145)	
$\bar{X}_{\text{m}_1} = \bar{X}_{\text{m}_2} = \bar{X}_{\text{m}_3} = \bar{X}_{\text{m}_4}$							
Фактор В	М. Г.	0,5 м		1,5 м		3,0 м	
	Б. Г.	$\bar{X}_{\text{m}_1} = 7.9 \pm 0.09$ (n=961)	$\bar{X}_{\text{m}_2} = 7.9 \pm 0.10$ (n=1125)	$\bar{X}_{\text{m}_3} = 23.8 \pm 0.18$ (n=1651)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 8.4 \pm 0.10$ (n=1188)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 23.6 \pm 0.18$ (n=1750)	
$\bar{X}_{\text{m}_1} = \bar{X}_{\text{m}_2} < \bar{X}_{\text{m}_3}$							
		Материковый берег		Середина		Островной берег	
Фактор С	М. Г.	$\bar{X}_{\text{m}_1} = 9.1 \pm 0.10$ (n=853)	$\bar{X}_{\text{m}_2} = 7.7 \pm 0.09$ (n=934)	$\bar{X}_{\text{m}_3} = 6.9 \pm 0.17$ (n=187)	$\bar{X}_{\text{m}_4} = 8.1 \pm 0.13$ (n=859)	$\bar{X}_{\text{b}_5} = 8.0 \pm 0.14$ (n=590)	
	Б. Г.	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 25.4 \pm 0.24$ (n=1323)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 19.1 \pm 0.17$ (n=1388)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 20.4 \pm 0.27$ (n=533)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 22.1 \pm 0.20$ (n=1115)	$\bar{X}_{\text{b}_6} = 27.1 \pm 0.24$ (n=1028)	
$\bar{X}_{\text{m}_1} > \bar{X}_{\text{m}_2} = \bar{X}_{\text{m}_3} > \bar{X}_{\text{b}_6} > \bar{X}_{\text{m}_4}$							

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

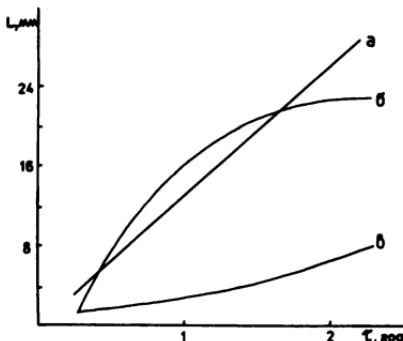


Рис. 2. Линейный рост мидий в условиях эксперимента и в опытно-промышленном хозяйстве

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

личин P/B -коэффициента по сезонам роста также могут служить показателем состояния поселения мидий на хозяйстве. Например, в конце второго сезона среднее за год значение P/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/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 неблагополучные 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 *Amphibleura 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., Умнов А. А. Способы определения 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 Чупа 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 производственные свойства некоторых *Mytilidae* 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 form was performed. Problems of water exchange and establishment of biocenosis on the artificial substrata are discussed.