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 591.486:639.42

Э. Е. Кулаковский, А. А. Сухотин, В. В. Халаман

Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

ФОРМИРОВАНИЕ ПОСЕЛЕНИЙ БЕЛОМОРСКИХ МИДИЙ В УСЛОВИЯХ МАРИКУЛЬТУРЫ В РАЗНЫХ РАЙОНАХ ГУБЫ ЧУПА (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ)

На протяжении 3 лет проведено сравнение сообществ обрастания искусственных субстратов на двух хозяйствах по выращиванию мидий, расположенных в разных участках губы Чупа (Белое море). Изученные поселения имеют ряд общих закономерностей, таких как размерно-возрастной состав, темпы элиминации и увеличения биомассы вида-доминанта — *Mytilus edulis* L., а также видовой состав ассоциированной с ним фауны. Наблюдающиеся различия в показателях обилия сопутствующих видов связаны с различиями в темпах роста мидий в изученных поселениях.

В настоящее время на Белом море происходит этап становления промышленной марикультуры ценного промыслового моллюска — мидии (*Mytilus edulis* L.). Для Белого моря, исходя из его особенностей и особенности биологии мидий, наиболее целесообразной формой мидиевой марикультуры является создание ряда небольших хозяйств, расположенных в разных местах относительно большой акватории (например, Чупинская губа) (Скарлато, Кулаковский, 1990). Естественно, что каждое новое, перспективное для марикультуры мидий место отличается рядом своих специфических особенностей, что отражается и на темпах роста моллюсков и параметрах их поселений. В свою очередь этот основной «марикультурный» показатель развития мидий определяет и время сбора урожая с хозяйств и, в конечном счете, их экономическую эффективность. Наряду с теми или иными различиями в развитии сообщества мидий на искусственных субстратах хозяйств, расположенных в разных местах акватории, имеются и общие закономерности, определяющие принципиальный процесс формирования мидиевого сообщества в условиях подвесного культивирования. Целью настоящей работы является сравнение развития мидиевого сообщества в двух разных местах промышленного культивирования мидий в губе Чупа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сравниваемые хозяйства по выращиванию мидий находятся на расстоянии около 10 км одно от другого. Первое (I) — в бухте Кривозерской (мыс Картеш) поставлено в июле 1983 г., второе (II) — в июле 1988 г. в Обориной салме. Хозяйства включают в себя плоты-носители, к которым крепятся 3-метровые искусственные субстраты — отрезки капроновой дели с ячеей 1 см (I хозяйство) и канат диаметром 16 мм (II хозяйство). Площадь акватории, занимаемой I и II хозяйствами, была 1 и 2.2 га соответственно. В настоящей работе сравнение мидиевых поселений осуществлялось с учетом времени от момента постановки хозяйства, т. е. на одинаковой стадии своего развития. Для анализа развития мидиевого поселения используются данные 2 лет: 1985 и 1986 гг. для хозяйства I и 1990, 1991 гг. для хозяйства II. Развитие основных субдоминантов сообщества обрастания сравнивается за 3 первых сезона существования этих хозяйств.

Взятие проб на хозяйствах I и II осуществлялось на 9 и 5 заранее выбранных станциях, представляющих всю площадь хозяйств. На каждой станции доставали 1 субстрат, из которого отбирали 3 пробы с глубины 0.5, 1.5 и 2.5 м от поверхности воды. Проба представляла собой 10 см отрезка субстрата. Всех мидий в пробе измеряли штангенциркулем или с помощью окуляр-микрометра бинокулярной лупы с точностью до 0.1 мм и определяли возраст каждой особи по кольцам зимней остановки роста на раковине. Для каждой пробы получали значения численности, биомассы, а также средний размер мидий. Мидии возраста 0+, в 1990 г. не учитывались, поскольку к моменту взятия проб процесс оседания еще не закончился. Средний вес моллюсков определяли, используя усредненное уравнение зависимости веса от длины (Кулаковский, Сухотин, 1986):

$$W\ (\text{г}) = 0.000103\ \times L\ (\text{мм})^{2.964}$$

Устанавливали видовую принадлежность всех остальных макроорганизмов, обнаруженных в пробах, их численность и сырой вес в каждой пробе. Седентарных полихет взвешивали без домиков. Сходство сравниваемых сообществ обрастания по качественным данным без учета мидий определяли с помощью индекса Съеренсена по формуле:

$$I_s = 2a/(b + c),$$

где I_s — индекс Съеренсена, a — количество общих видов, b и c — количество видов в каждом из сравниваемых сообществ; и Чекановского—Съеренсена по количествам данным без учета мидий по формуле:

$$I_{cs} = 2\ \min\ (b_{i1},\ b_{i2})/(b_{i1} + b_{i2}),$$

где I_{cs} — индекс Чекановского—Съеренсена, b_{i1}, b_{i2} — биомассы i-го вида в 1 и 2 сообществах соответственно. Видовое разнообразие сообществ оценивали с помощью информационного индекса Шеннона—Уивера:

$$H = -\sum_{i=1}^{s}[(b_i/B) \times \log_2(b_i/B)],$$

где H — показатель видового разнообразия в битах на единицу массы (мг), b_i — масса i-го вида, B — общая масса всех видов, s — число видов. Ошибку индекса видового разнообразия определяли по формуле

$$m_H = (1/B) \times [(1/B) \times (B \times \log_2^2 B - \sum_{i=1}^{s} b_i \times \log_2^2 b_i) - (H)^2],$$

где m_H — оценка ошибки H. Остальные обозначения такие же, как и для предыдущей формулы.

Видовое разнообразие есть функция двух величин — числа видов, входящих в данное сообщество, и выравненности их по обилию. Величину этого показателя определяли по формуле

$$V_H = (H - H_{\min})/(H_{\max} - H_{\min}),$$

где V_H — показатель выравненности, H — наблюдаемое разнообразие, $H_{\max}$ — максимально возможное разнообразие при данной массе организмов, $H_{\min}$ — минимально возможное разнообразие при тех же условиях (Песенко, 1982).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На искусственных субстратах обоих хозяйств в исследуемый период времени находятся мидии различных возрастных классов, среди которых особи основной генерации доминируют по численности и биомассе. Помимо мидий, осевших позже, присутствуют также особи, попавшие на субстраты из естественных поселений. Размер и возраст таких «переселенцев» значительно варьируют.

Процентное соотношение численности и биомассы мидий различных возрастных классов на обоих хозяйствах представлены на рис. 1—4.

Сравнивая поселение мидий на промышленном хозяйстве в Обориной салме с опытно-промышленным хозяйством у мыса Картеш, можно отметить, что первое характеризуется более высоким темпом роста моллюсков (табл. 1). Так, средняя длина мидий возраста 2+ в конце августа 1990 г. в Обориной салме составляла около 37 мм. Подобного размера мидии основной генерации с хозяйства у мыса Картеш достигли лишь к осени четвертого года культивирования. Мидии с хозяйства в Обориной салме по темпам роста превосходят даже моллюсков, выращенных

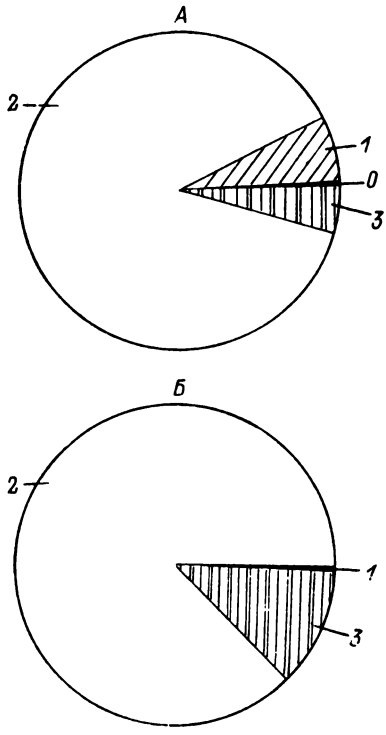

Рис. 1. Численность (*А*) и биомасса (*Б*) мидий разных возрастных классов на хозяйстве у мыса Картеш в 1985 г.
Указанные числа соответствуют возрасту генерации

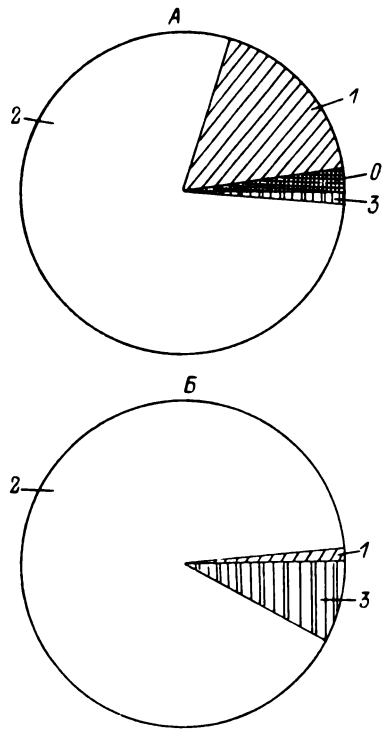

Рис. 2. Численность (*А*) и биомасса (*Б*) мидий разных возрастных классов на хозяйстве в Обориной Салме в 1990 г.
Указанные числа соответствуют возрасту генерации

в условиях эксперимента в акватории у мыса Картеш (Кулаковский, Сухотин, 1986). Последние достигали размера 37 мм лишь после третьего года культивирования. Отметим, что в эксперименте условия для роста моллюсков были наиболее благоприятными ввиду крайне незначительной нагрузки акватории субстратами.

На хозяйстве в Обориной салме моллюски всех возрастных классов имеют более высокие темпы роста по сравнению с особями такого же возраста у мыса Картеш. Так, средние размеры годовиков и «переселенцев» в Обориной салме на 3 и 7 мм больше, чем у таковых особей на хозяйстве у мыса Картеш. Следует отметить, что хотя по процентному соотношению особей разных возрастных классов оба хозяйства сходны, то по абсолютным величинам плотности имеются существенные различия. В целом мидий на субстратах хозяйства Обориной салмы в несколько раз меньше, чем было у мыса Картеш. Так, на втором году существования хозяйств особей основной генерации меньше в 4 раза, а годовиков в 10 раз. Это обусловлено, по-видимому, тем, что в

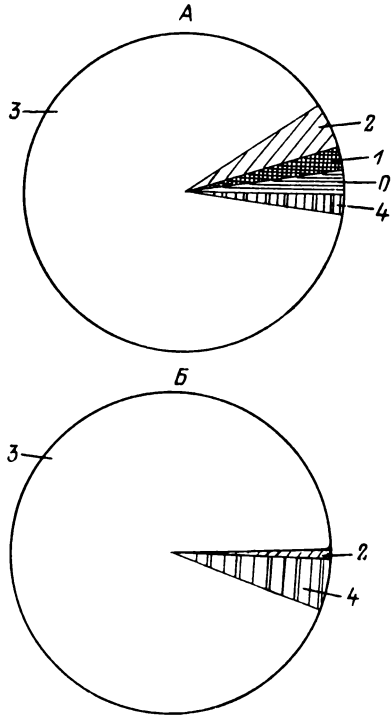

Рис. 3. Численность (*А*) и биомасса (*Б*) мидий разных возрастных классов на хозяйстве у мыса Картеш в 1986 г.
Указанные числа соответствуют возрасту генерации

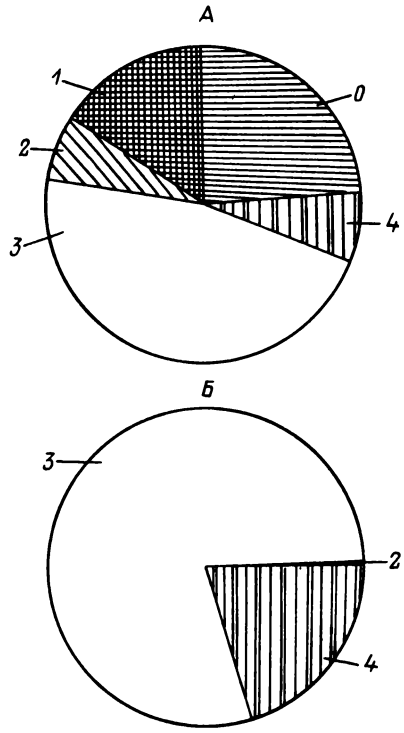

Рис. 4. Численность (*А*) и биомасса (*Б*) мидий разных возрастных классов на хозяйстве в Обориной Салме в 1991 г.
Указанные числа соответствуют возрасту генерации

1988 г. на выставленные в Обориной салме искусственные субстраты осело меньшее количество молоди, чем имело место на хозяйстве у мыса Картеш в 1983 г. вследствие конкретных условий акватории Обориной салмы на фоне естественных ежегодных флуктуаций личиночного пула в планктоне. Скорее всего, относительно низкая стартовая плотность моллюсков на субстратах и обусловила их высокую скорость роста в дальнейшем.

Биомасса мидий в Обориной салме в конце второго года культивирования была на 0.6 кг/м больше, чем таковая на хозяйстве у мыса Картеш за тот же срок. Следует отметить, что вклад моллюсков разных генераций в общую величину биомассы был сходным в обоих исследуемых местах.

Сравнивая оба анализируемых хозяйства, можно отметить, что в Обориной салме мидии характеризуются более высоким темпом роста. На искусственных субстратах этого хозяйства наблюдается относительно низкая численность мидий при высокой их биомассе. Развитие мидиевого сообщества здесь как бы «опе-

Таблица 1

Характеристика поселений мидий на разных хозяйствах

Время, место	Возраст, лет	Средняя длина, мм	Средняя плотность		Средняя биомасса	
			экз/м	%	г/м	%
Оборина салма, август 1990	1+	9.5±1.03	81±20	7.9	10±3	0.2
	2+	37.0±1.39	890±94	86.4	3710±334	87.1
	3+	47.0±1.35	58±7	5.7	540±69	12.7
Оборина салма, сентябрь 1991	0+	0.6±0.05	242±138	24.9	—	—
	1+	2.3±0.45	146±98	15.1	9±1	0.2
	2+	7.5±1.24	67±48	6.9	—	—
	3+	43.6±1.44	440±38	45.4	3416±234	78.5
	4+	51.0±1.26	75±5	7.7	927±108	21.3
Хозяйство у мыса Картеш, ноябрь 1985	0+	2.2±0.08	95±19	2.0	—	—
	1+	6.6±0.13	815±87	18.0	56±11	2.0
	2+	17.4±0.06	3490±227	79.0	3320±486	90.0
	3+	40.4±0.09	45±12	1.0	300±114	8.0
Хозяйство у мыса Картеш, октябрь 1986	0+	1.6±0.06	95±37	3.0	—	—
	1+	3.5±0.37	85±24	3.0	0.7±0.2	—
	2+	12.9±0.57	115±33	4.0	50±16	0.5
	3+	29.0±0.11	2610±176	88.0	9470±962	93.5
	4+	46.0±0.99	60±9	2.0	595±105	6.0

режает» таковое у мыса Картеш на год, и это подтверждается результатами анализа мидий осенью 1991 г., когда летом этого же года произошла значительная элиминация крупных (около 50 мм) моллюсков в результате осыпания их с субстратов. Подобная же ситуация наблюдалась и на хозяйстве у мыса Картеш в течение 4-го года культивирования, когда биомасса моллюсков на субстратах превысила 10 кг/м (Сухотин, 1990). Сходная картина (т. е. элиминация крупных особей) наблюдается и на других акваториях при культивировании мидий подвесным способом (Loo, Rosenberg, 1983). Следствием такого массового осыпания крупных моллюсков оказывается появление в анализируемом поселении большого количества вновь оседающей молоди (0+), как это было и на хозяйстве у мыса Картеш в 1987 г. и в Обориной салме в 1991 г.

Обрастание искусственных субстратов марихозяйств по выращиванию мидий представляет собой сообщество, доминантом в котором является сам объект культивирования. Мидия в таких случаях не только значительно превалирует над всеми остальными макроорганизмами, но и является эдификатором среды, обуславливая существование субдоминантных форм, определяя их качественный и количественный состав (Tsuchia, Nishichira, 1986; Ardizzone et al., 1989; Халаман, 1989 и др.), поэтому сообщества *Mytilus edulis* можно рассматривать как консорции. Такой подход не нов. Он уже успешно применялся для рассмотрения аналогичных ситуаций в пресных водах, где доминантом являлся другой двустворчатый моллюск — *Dreisena polymorpha* (Харченко, Протасов, 1981). Друзы мидий являются убежищем для многих ва-

гильных форм, створки моллюсков — субстратом для некоторых эпибионтов, а осажденный мидиями детрит служит пищей многим детритофагам, обитающим здесь.

Логично было бы ожидать, что сообщества обрастания на сравниваемых хозяйствах будут иметь неодинаковые структуры, поскольку разнятся характеристики мидиевых поселений этих хозяйств. Простое сравнение списков видов (табл. 2) приводит к выводу, что обрастание в Обориной салме богаче, чем у м. Картеш, причем как по абсолютному числу видов, так и по их количеству, приходящемуся на одну пробу (табл. 3). Сходство видового состава этих хозяйств с одним и тем же сроком экспозиции субстратов составляет от 60 до 69%, т. е. и в Обориной салме, и у мыса Картеш в мидиевом обрастании встречаются практически одни и те же виды. Тем не менее, как видно из дендрограммы на рис. 5, *А*, сходство между сообществами разного возраста, но с одного и того же хозяйства выше, чем между сообществами разных хозяйств. Это говорит о том, что изменения, происходящие на искусственных субстратах, во времени менее существенны, чем особенности каждого отдельного хозяйства. Различия между ними могут быть вызваны следующими причинами:

— особенностями конкретной акватории, прилегающих естественных биоценозов;

— гидрологическими и биологическими нюансами того года, в котором было установлено то или иное хозяйство;

— неодинаковым характером развития мидиевых поселений.

Надо заметить, что наблюдаемые различия в видовом составе обусловлены в основном наличием или отсутствием редких или случайных видов, поэтому несовпадения их списков могут быть представлены как естественные флуктуации одного и того же сообщества. Гораздо более значимыми оказываются различия количественных показателей, биомасс видов. Это ясно следует из сравнения дендрограмм сходства, построенных по качественным и количественным данным (см. рис. 5).

Процентное соотношение биомасс и численностей основных представителей данного сообщества (без мидий) показано на рис. 6—9. Из них видно, что структуры сравниваемых сообществ, хотя и имеют общие черты, но не идентичны друг другу. Например, и в том и в другом случае основными субдоминантами мидиевого обрастания, возраст которого более одного года, являются *Hiatella arctica* и *Nereis pelagica*, однако степень доминирования этих видов на хозяйстве у мыса Картеш гораздо больше, чем в Обориной салме. В Обориной салме значительную долю в сообществе по сравнению с другим хозяйством имеют полихеты семейства Terebellidae, *Harmathoe imbricata* и даже водоросли.

Из дендрограммы на рис. 5, *Б* видно, что особняком стоят годовалые обрастания обоих хозяйств. Их объединяет между собой не формальное сходство, а, скорее, значительное отличие от сообществ обрастания более старшего возраста. Многие авторы ука-

Таблица 2

Список видов, встреченных в обрастаниях искусственных субстратов опытно-промышленного (мыс Картеш) и Промышленного (Оборина салма) хозяйств по выращиванию мидий

ВИД	Мыс Картеш			Оборина салма		
	1984	1985	1986	1989	1990	1991
MOLLUSCA						
BIVALVIA						
Heteranomia aculeata (Müller)				+		+
Heteranomia squamula (L.)		+	+			+
Hiatella arctica (L.)	+	+	+	+	+	+
Mytilus edulis L.	+	+	+	+	+	+
GASTROPODA						
Epheria vincta (Montagu)		+	+	+	+	+
Diaphana minuta (Brown in Smith)				+		
Littorina obtusata (L.)		+				
NUDIBRANCHIA						
Dendronotus frondosus (Ascanius)			+			
Coryphella sp.	+	+	+	+		+
POLYCHAETA						
ERRANTIA						
Eulalia viridis (L.)	+	+	+	+	+	+
Eumida sanguinea (Oerst.)	+			+		
Capitella capitata (Fabr.)			+	+	+	+
Harmathoe imbricata L.	+	+	+	+	+	+
Lepidonotus squamatus (L.)	+	+	+	+		+
Nereis pelagica L.	+	+	+	+	+	+
Nereis virens Sars.	+					
Nereimyra punctata (O. F. Müll.)	+	+	+	+	+	+
Phyllodoce maculata (L.)	+					
Scoloplos armiger (O. F. Müll.)					+	
Sphaerosyllis erinaceus Claparede						+
SEDENTARIA						
Amphitrite cirrata O. F. Müll.				+	+	+
Neoamphitrite figulus (Dalyell)	+	+	+	+	+	+
Polycirrus medusa Grube					+	+
ASCIDIA						
Molgula sp.	+	+		+	+	+
Styela rustica L.		+	+		+	+
CRUSTACEA						
CIRRIPEDIA						
Balanus crenatus Brugutere	+	+	+		+	+
AMHPIPODA						
Corophium bonelli (Milne—Edwards)	+	+	+	+	+	+
Gammarus oceanicus Segerstrale	+			+		
Ischyrocerus anguipes Kroyer	+					

Продолжение табл. 2

Вид	Мыс Картеш			Оборина салма		
	1984	1985	1986	1989	1990	1991
HYDROZOA						
Dynamena pumila (L.)		+				
Obelia longissima (Pallas)	+	+	+	+	+	+
Sarsia tubulosa (M. Sars)					+	+
SCYPHOZOA						
Aurelia aurita (L.) (сцифистомы)	+	+	+			+
BRYOZOA						
Electra pilosa						+
TURBELLARIA						
Notoplana atomata (O. F. Müll.)	+			+		+
INSECTA						
Tendipedidae gen. sp.				+		+
PORIFERA						
Halichondria panicea (Pallas)			+			+
ALGAE						
Ceramium rubrum				+		
Cladophora fracta				+	+	+
Enteromorpha sp.				+	+	
Laminaria saccharina					+	+
Polysiphonia urceolata				+	+	+
Polysiphonia nigrescens				+		
Pylaiella litoralis					+	

Примечание. + — означает, что вид встречен в данном обрастании.

зывают на то, что молодые неустоявшиеся сообщества, в том числе и обрастания, обладают высокой вариабельностью видового состава и могут быть весьма непохожи на себя в дальнейшем (Scheer, 1945; Mook, 1981; Ошурков, 1985; Todd, Turner, 1989; Tsuchia, Nishihira, 1986). Подтверждением этому могут служить и наши данные. Наиболее характерной особенностью годовалых обрастаний искусственных субстратов мидиевых марихозяйств является наличие в их составе видов полихет, которые в зрелом мидиевом обрастании либо не встречаются вовсе, либо не имеют таких высоких показателей обилия как в молодом (табл. 4) (Халаман, в печати).

Низкий уровень сходства, на котором объединяются сообщества двух- и трехлетнего возраста (рис. 5, *Б*) разных хозяйств обусловлен прежде всего небольшой биомассой *Nereis pelagica* и *Hiatella arctica* на искусственных субстратах в Обориной салме по сравнению с таковыми у мыса Картеш (см. табл. 5, 6). Низкие показатели обилия *H. arctica* в Обориной салме можно объяснить

Таблица 3

Некоторые интегральные характеристики сообществ обрастания разного возраста на искусственных субстратах опытно-промышленного (мыс Картеш) и промышленного (Оборина салма) хозяйств по выращиванию мидий

Характеристика	Мыс Картеш			Оборина салма		
	1984	1985	1986	1989	1990	1991
Суммарная биомасса обрастания, г/м	—	3336±507	6283±376	1929±205	4275±351	4935±227
Суммарная биомасса обрастания без мидий, г/м	13.0± 0.82	37.5± 2.61	48.6± 4.02	6.88± 1.48	17.09± 3.51	32.07± 9.88
Обще количество видов	20	19	19	27	23	29
Число видов в пробе	7.6±0.14	5.9±0.24	5.8±0.25	8.9±0.58	8.4±0.61	8.5±0.93
H (без мидий), бит	3.04± 0.03	1.29± 0.02	1.41± 0.02	2.34± 0.068	2.41± 0.047	2.88± 0.038
V (без мидий), %	80	32	36	49	54	59

Таблица 4

Показатели обилия основных субдоминантных форм в обрастаниях искусственных субстратов одного года экспозиции опытно-промышленного (мыс Картеш) и промышленного (Оборина салма) хозяйств по выращиванию мидий

ВИД	Мыс Картеш, 1984		Оборина салма, 1989	
	B, г/м	*N*, экз./м	*B*, г/м	*N*, экз./м
H. arctica	1.9±0.45	234±41	3.3±1.24	56±15
N. pelagica	1.1±0.17	61±7	0.94±0.295	27±6
N. virens	3.0±0.43	12±2	—	—
H. imbricata	0.49±0.093	5±1	1.5±0.37	25±5
N. punctata	2.5±0.18	279±17	0.07±0.021	34±10
E. viridis	0.002±0.0016	0.4±0.4	0.002±0.002	0.7±0.66
C. capitata	—	—	0.13±0.051	123±147
Terebellidae				
N. figulus	1.00±0.09	60±5	0.20±0.092	9±4
A. cirrata	—	—	0.001±0.0013	0.7±0.66
P. medusa	—	—	—	—
Molgula sp.	0.16±0.062	12±6	0.007±0.0041	5±3
S. rustica	—	—	—	—
C. bonelli	0.012±0.0023	11±2	0.02±0.009	32±13
G. oceanicus	0.7±0.12	22±3	0.009±0.0094	0.7±0.66
O. longissima	1.6±0.35	—	0.43±0.179	—
Algae	—	—	0.17±0.087	—

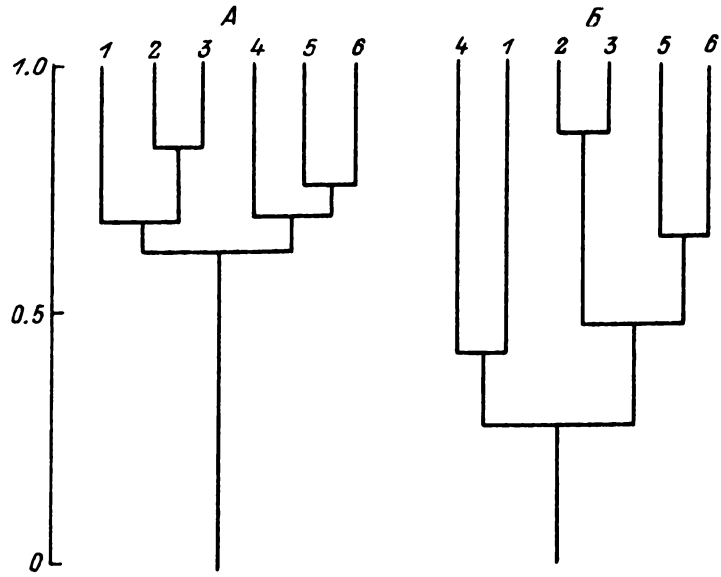

Рис. 5. Дендрограмма сходства сообщества обрастания искусственных субстратов хозяйств по выращиванию мидий у мыса Картеш (I) и в Обориной Салме (II): *А* — по качественным данным (индекс Съеренсена), *Б* — по количественным данным (индекс Чекановского). *1* — хозяйство I, 1984 г.; *2* — хозяйство I, 1985 г.; *3* — хозяйство I, 1986 г.; *4* — хозяйство II, 1989 г.; *5* — хозяйство II, 1990 г.; *6* — хозяйство II, 1991 г.

интенсивным развитием ее главного конкурента — мидии. Не менее интересен факт низкой биомассы и плотности поселения на этом хозяйстве (особенно во второй год его существования) *Nereis pelagica*, одного из наиболее обычных и массовых представителей сообществ обрастания вообще и мидиевых в частности (Перцов, 1974; Горин, 1975; Ошурков, 1985; Гальцова и др., 1985). В то же время нельзя не отметить повышенную до 2.5 раз по сравнению с хозяйством у мыса Картеш плотность поселения другой эррантной полихеты — *Harmathoe imbricata*, хотя биомассы ее на том и другом хозяйстве статистически не различаются (табл. 4—6). Возможно, такая ситуация объясняется биотическими отношениями между этими видами. По данным Стрельцова (1966) *Harmathoe imbricata*, особенно молодь этого вида, интенсивно питается мелкими полихетами, в том числе и молодью *Nereis pelagica*.

Интересным является наличие в двухлетнем обрастании искусственных субстратов в Обориной салме видов, которые на хозяйстве у мыса Картеш были обнаружены только на шестой год существования последнего (Халаман, в печати). Прежде всего это полихеты семейства Terebellidae (*Amphitrite cirrata* и *Polycirrus medusa*), а также *Capitella capitata*. Все эти виды требуют достаточного количества детрита, накопление которого на искусственных субстратах осуществляется благодаря жизнедеятельности мидий. Интенсивное развитие мидиевого поселения в Обориной

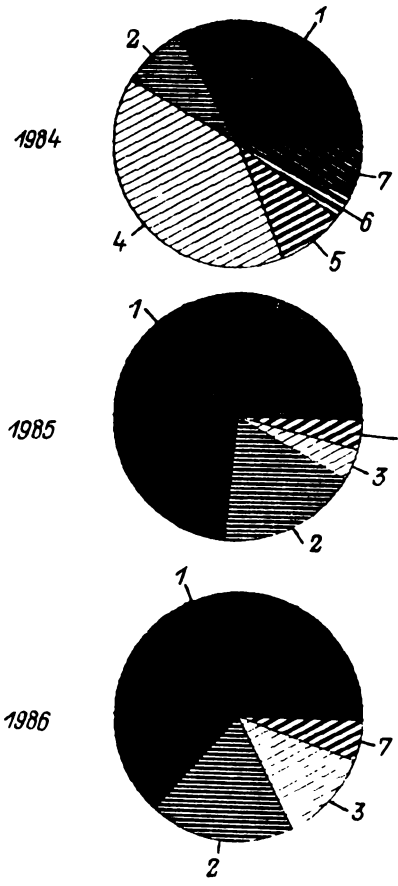

Рис. 6. Соотношение плотностей поселения основных субдоминантов сообщества обрастания искусственных субстратов на хозяйстве у мыса Картеш:
1 — Hiatella arctica, 2 — Nereis pelagica, 3 — Harmathoe imbricata, 4 — Nereimyra punctata, 5 — Neoamphitrite figulus, 6 — Gammarus oceanicus, 7 — все остальные

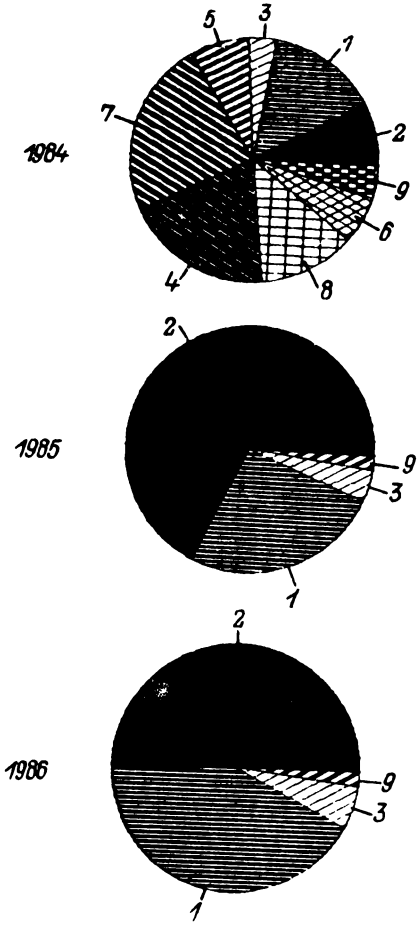

Рис. 7. Соотношение биомасс поселения основных субдоминантов сообщества обрастания искусственных субстратов на хозяйстве у мыса Картеш:
1 — Hiatella arctica, 2 — Nereis pelagica, 3 — Harmathoe imbricata, 4 — Nereimyra punctata, 5 — Neoamphitrite figulus, 6 — Gammarus oceanicus, 7 — Nereis virens, 8 — Obelia longissima, 9 — все остальные

салме способствовало этому процессу. И если сам факт обнаружения указанных видов можно еще объяснить случайным характером заселения субстратов, то величины биомасс и плотностей поселения Terebellidae в Обориной салме, намного превышающие таковые на другом хозяйстве, говорят о существующей разнице в условиях обитания этих полихет в сравниваемых сообществах (см. табл. 5, 6).

Необходимо отметить, что если на хозяйстве у мыса Картеш

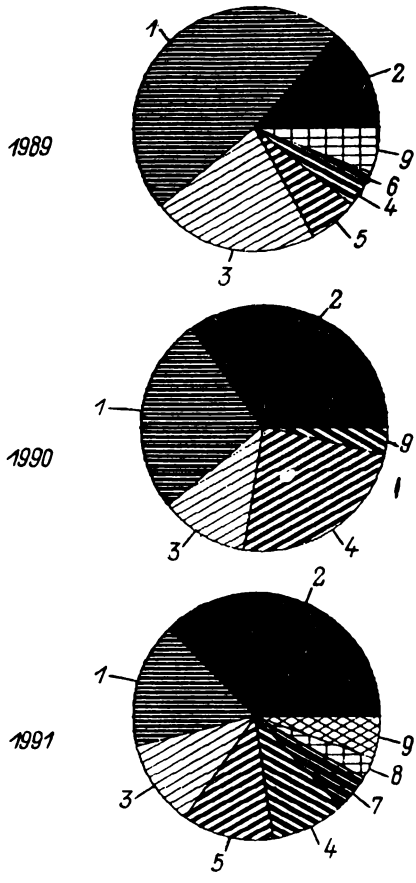

Рис. 8. Соотношение биомасс поселения основных субдоминантов сообществ обрастания искусственных субстратов на хозяйстве в Ориной Салме:
1 — Hiatella arctica, 2 — Nereis pelagica, 3 Harmathoe imbricata, 4 Terebellidae, *5 Obelia longissima, 6 — Capitella capitata, 7 —* Algae, *8 — Molguta* sp. *9 —* все остальные

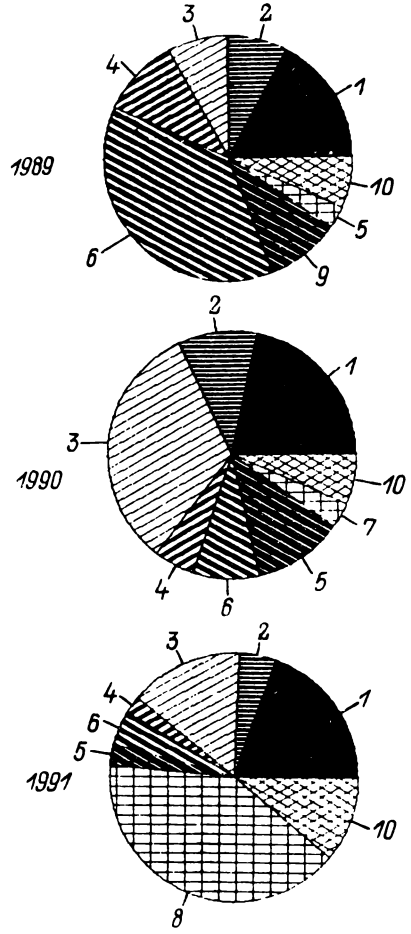

Рис. 9. Соотношение плотностей поселения основных субдоминантов сообщества обрастания искусственных субстратов на хозяйстве в Ориной Салме:
1 — Hiatella arctica, 2 — Nereis pelagica, 3 — Harmathoe imbricata, 4 — Nereimyra punctata, 5 — Terebellidae, *6 — Capitella capitata, 7 — Eulalia viridis, 8 — Molgula* sp. *9 — Corophium bonelli, 10* — все остальные.

все субстраты представляли собой ленты капроновой дели, то в Ориной салме большую их часть составляли либо капроновые канаты разного диаметра, либо отрезки крупноячеистой дели, связанной в жгуты. И тот и другой субстрат кажутся менее подходящими для инфаунных видов, в том числе и для представителей семейства Terebellidae. Однако реальное положение дел оказалось обратным (см. табл. 4—6), несмотря даже на то, что макси-

Таблица 5

Показатели обилия основных субдоминантных форм в обрастаниях искусственных субстратов двухлетней экспозиции опытно-промышленного (мыс Картеш) и промышленного (Оборина салма) хозяйств по выращиванию мидий

Вид	Мыс Картеш, 1985		Оборина салма, 1990	
	B, г/м	*N*, экз./м	*B*, г/м	*N*, экз./м
H. arctica	9.7±1.83	536±95	4.5±1,11	55±14
N. pelagica	25.5±2.66	132±15	6.0±1.91	25±5
N. virens	—	—	—	—
H. imbricata	1.61±0.90	30±5	1.95±0.06	81±14
N. punctata	0.04±0.014	6±2	0.14±0.043	13±4
E. viridis	0.08±0.048	3±1	0.11±0.045	9±2
C. capitata	—	—	0.03±0.013	22±11
Terebellidae				
N. figulus	0.2±0.18	3±1	2.4±0.99	7±2
A. cirrata	—	—	1.7±0.91	13±7
P. medusa	—	—	0.07±0.036	8±4
Molgula sp.	0.08±0.076	1±1	0.0007±0.0006	0.7±0.67
S. rustica	0.04±0.028	6±3	0.009±0.005	5±3
C. bonelli	0.001±0.001	0.7±0.51	0.004±0.002	4±3
G. oceanicus	—	—	—	—
O. longissima	0.04±0.019	—	0.1±0.11	—
Algae	—	—	0.10±0.062	—

мальной и плотность поселения, и биомасса Terebellidae в Обориной салме были все же на субстратах, аналогичных использованным у мыса Картеш. Это свидетельствует о том, что решающим фактором, определяющим обилие этих видов, в данном случае является не характер субстрата, а, скорее всего, развитие собственно мидиевого поселения как основного источника пищи и убежищ. Авторы, естественно, не исключают возможности и других причин. Высказанная представляется наиболее вероятной.

Из фильтраторов, кроме *Hiatella arctica*, на искусственных субстратах хозяйства, расположенного в Обориной салме, нами, как и на другом хозяйстве, были встречены асцидии *Molgula* sp. и *Styela rustica*. Обилие первого вида в том и другом случае было очень незначительным, а *S. rustica* у мыса Картеш имела более высокие биомассы. Причина наблюдаемого явления, на наш взгляд, заключается в более интенсивном развитии на субстратах промышленного хозяйства в Обориной салме их основного трофического и топического конкурента — *Mytilus edulis*.

На основании результатов четырехлетних наблюдений за формированием обрастания на искусственных субстратах опытно-промышленного хозяйства по выращиванию мидий у мыса Картеш

Таблица 6

Показатели обилия основных субдоминантных форм в обрастаниях искусственных субстратов трехлетней экспозиции опытно-промышленного (мыс Картеш) и промышленного (Оборина салма) хозяйств по выращиванию мидий

Вид	Мыс Картеш, 1986		Оборина салма, 1991	
	B, г/м	*N*, экз./м	*B*, г/м	*N*, экз./м
H. arctica	20.2±3.31	402±45	5..2±2.59	85±34
N. pelagica	24.7±1.81	121±10	12.1±3.59	21±4
N. virens	—	—	—	—
H. imbricata	2.7±0.47	76±11	3.7±1.11	63±18
N. punctata	0.01±0.006	1±0.7	0.04±0.021	9±4
E. viridis	0.03±0.019	2±1	0.09±0.041	5±2
C. capitata	0.0004±0.0004	0.04±0.37	0.04±0.023	19±11
Terebellidae				
N. figulus	0.17±0.12	0.07±0.51	1.7±1.10	4±2
A. cirrata	—	—	1.4±1.18	7±5
P. medusa	—	—	0.02±0.013	1±1
Molgula sp.	—	—	0.97±0.946	173±168
S. rustica	0.14±0.055	11±3	0.09±0.085	3±2
C. bonelli	0.001±0.0006	1±0.9	0.004±0.0027	6±4
G. oceanicus	—	—	—	—
O. longissima	0.14±0.098	—	3.8±3.28	—
Algae	—	—	1.5±1.13	—

были выделены три стадии в развитии собственно мидиевого сообщества обрастания (Халаман, 1989; Халаман, Кулаковский, 1990): 1) заселение, 2) максимальная монополизация мидией субстрата, 3) старение мидиевого сообщества.

Если оценивать сравниваемые сообщества обрастания на хозяйствах в Обориной салме и у мыса Картеш с этой точки зрения, то последнее после двух лет своего существования находится на стадии максимальной монополизации мидией субстрата. Характеризуется она чрезвычайно низким видовым разнообразием; наиболее массово в таком сообществе представлены лишь немногие виды: *Hiatella arctica*, *Nereis pelagica* и *Harmathoe imbricata* (см. табл. 6). При этом выравненность видов по обилию мала, чего нельзя сказать об аналогичном сообществе из Обориной салмы. Здесь понижения видового разнообразия не произошло ни после двух, ни после трех лет существования сообщества. После двух лет экспозиции субстратов оно было даже выше, чем в сообществе обрастания у мыса Картеш на пятый год его существования (см. табл. 3), поэтому, обрастание в Обориной салме, скорее, можно характеризовать уже как стареющее мидиевое сообщество. Предыдущей стадии либо не было вовсе, либо она была очень кратковременной. В данном сообществе двухлетнего

возраста, с одной стороны, наблюдаются черты, характерные для третьей стадии развития мидиевого обрастания (например, массовое присутствие Terebellidae), а с другой — сохраняются признаки первой стадии, в частности, низкие биомассы наиболее обычных субдоминантов этого обрастания; *Hiatella arctica* и *Nereis pelagica*. На наш взгляд, причиной «сближения» этих стадий является более интенсивный рост мидий на хозяйстве в Обориной салме по сравнению с таковым у мыса Картеш, а следовательно, и более быстрое изменение условий существования ассоциированной с мидией фауны.

Таким образом, настоящее исследование свидетельствует о существенной разнице в развитии сообществ обрастания на мидиевых хозяйствах, установленных в различных местах одной и той же акватории. С точки зрения марикультуры мидий следует важный для Белого моря вывод — цикл выращивания моллюсков в этом водоеме до промысловых (50 мм) размеров может быть менее 4 лет. Так, на хозяйстве в Обориной салме при данном сочетании биотических и абиотических факторов (оседание молоди, кормовая база, гидрологический режим), он составляет 3 года. В то же время мы считаем, что несмотря на те или иные различия, имеющиеся на хозяйствах, расположенных в разных местах, для всех них существует ряд общих закономерностей: это характер размерно-возрастной структуры поселения, темпы элиминации и увеличения биомассы. Естественно, что при отсутствии каких-либо приспособлений, препятствующих соскальзыванию с субстратов друз крупных моллюсков, наблюдается определенный критический период, когда резко понижается численность и биомасса особей основной генерации, и в то же время существенно повышается оседание молоди. Для эффективного функционирования промышленной мидиевой марикультуры чрезвычайно важно своевременное прогнозирование наступления этого периода и осуществление сбора урожая до него. На примере вышеприведенных хозяйств и учитывая сезонные изменения относительного содержания мягких тканей в моллюсках (Сухотин, 1989), можно полагать, что оптимальным временем сбора урожая для получения максимальной продукции (при существующих стандартных размерах промысловых особей) является июнь. Более точно это время на тех или иных хозяйствах в тот или иной сезон можно определить по состоянию зрелости половых продуктов мидий и их готовности к нересту. Целесообразно осуществить сбор урожая до нереста моллюсков, либо предусмотреть возможность сбора падающих их друз.

ЛИТЕРАТУРА

Гальцова В. В., Галкина В. Н., Кулаковский Э. Е., Кунин 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., 1985. С. 76—88.

Горин А. Н. Сезонная динамика оседания организмов-обрастателей в северо-западной части Японского моря // Обрастания в Японском и Охотском морях.— Владивосток, 1975. С. 45—70.

Кулаковский Э. Е., Сухотин А. А. Рост мидии обыкновенной в Белом море в естественных условиях и в условиях марикультуры // Экология, 1986, № 2. С. 35—43.

Луканин В. В. Экология мидии (Mytilus edulis L.) Белого моря: Автореф. докт. дис.— М., 1989. 44 с.

Луканин В. В., Наумов А. Д., Федяков В. В. Динамика размерной структуры поселений беломорских мидий (Mytilus edulis L.) // Экологические исследования донных организмов Белого моря.— Л., 1986. С. 50—63.

Максимович Н. В., Погребов В. Б. Анализ количественных гидробиологических материалов: Учебное пособие.— Л., 1986. 97 с.

Ошурков В. В. Динамика и структура некоторых сообществ обрастания и бентоса Белого моря // Экология обрастания в Белом море.— Л., 1985. С. 44—59.

Перцов Н. А. К изучению обрастаний в Белом море // Биология Белого моря. Тр. Беломорской биологической станции МГУ, 1974. Т. 4. С. 80—86.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях.— М., 1982. 287 с.

Скарлато О. А., Кулаковский Э. Е. Быть или не быть промышленной марикультуре на Белом море? // IV региональная конференция по проблемам изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл.— Архангельск, 1990. С. 58—61.

Стрельцов В. Е. Биология питания плотоядного многощетинкового червя Harmathoe imbricata (L.) в Дальнезеленецкой губе Баренцева моря // Тр. Мурманск. морск. биол. ин-та, 1966. Вып. 11 (15). С. 115—121.

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., 1989. С. 45—55.

Сухотин А. А. Эколого-физиологические исследования Mytilus edulis L. в условиях культивирования на Белом море: Автореферат канд. дис.— Л., 1990. 20 с.

Халаман В. В. Некоторые особенности распределения видов, сопутствующих Mytilus edulis L. в биоценозе обрастания искусственных субстратов марикультуры мидии // Экологические исследования донных организмов Белого моря.— Л., 1986. С. 131—136.

Халаман В. В. Исследование сукцессии обрастания в Белом море с помощью информационного индекса видового разнообразия // Тр. ЗИН АН СССР, 1989. Т. 203. С. 34—45.

Халаман В. В., Кулаковский Э. Е. Формирование сообщества обрастания на искусственных субстратах в условиях культивирования мидий в Белом море // IV региональная конференция по проблемам изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл.— Архангельск, 1990. С. 230—231.

Халаман В. В. Фауна полихет на искусственных субстратах мидиевых хозяйств в Белом море // Исслед. фауны морей.— Л., 1992. Т. 43(51), в печати.

Харченко Т. А., Протасов А. А. О консорциях в водных экосистемах // Гидробиол. журн., 1981. Т. 17. № 4. С. 14—20.

Ardizzone G. D., Gravina M. F., Belluscio A. Temporal development of epibenthic communities on artificial reefs in the Central Mediterranean Sea // Bull. Mar. Sci., 1989. Vol. 44. P. 592—608.

Loo L. O. and *Rosenberg R.* Mytilus edulis culture: growth and production in western Sweden // Aquaculture, 1983. Vol. 35. P. 137—150.

Mook D. H. Effects of disturbance and initial settlement on fouling community strcuture // Ecology, 1981. Vol. 62. P. 522—526.

Scheer B. T. The development of marine fouling communities // Biol. Bull., 1945. Vol. 89. P. 103—122.

Todd C. D., Turner S. J. Ecology of intertidal and sublittoral cryptic epifaunal assemblages. 3. Assemblage structure and the solitary/colonial dichotomy // Sci. mar., 1989. Vol. 53. P. 397—403.

Tsuchia M., Nishihira M. Islands of Mytilus edulis as a habitat for small intertidal animals; effect of Mytilus age structure on the special composition of the assosiated fauna and community organisation // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1986. Vol. 31. P. 171—178.

Summary

E. E. Kulakowski, A. A. Sukhotin, V. V. Khalaman

THE FORMATION OF CULTURED MUSSEL POPULATIONS IN DIFFERENT POINTS OF CHUPA INLET (KANDALAKSHA BAY)

The fouling communities on artiticial substrata of two distinct mussel aquaculture farms have been compared during 3 vears. The investigated settlements are characterized by a number of common features, such as species composition, age and size distribution, rates of elimination and biomass increasing of the dominant species — *Mytilus edulis* L. The observed differencies in abundance values of different species are connected with differencies in growth rates of mussels in the investigated settlements.