

М. В. ЛЕБЕДОВСКАЯ^{1,2}, Л. Б. ДАЛЁКАЯ², О. А. ШАХМАТОВА²

ВЛИЯНИЕ СООБЩЕСТВА ЧЕРНОМОРСКИХ ОБРАСТАТЕЛЕЙ РАННИХ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ НА ОСЕДАНИЕ ЛИЧИНОК ГИГАНТСКОЙ УСТРИЦЫ (*CRASSOSTREA GIGAS* THUNBERG, 1793)

Выявлена зависимость численности осевшего спата гигантской устрицы от наличия на субстратах сообщества черноморских обрастателей ранних стадий развития. Наибольшее количество осевших личинок (95 уст./м²) выявлено на субстратах с бактериально-водорослевой плёнкой 2-недельного возраста.

Исследования последних десятилетий, показали, что устричные банки в Чёрном море практически исчезли, биотопы заняты другими формами (мидией, модиолой) [11]. Резкое снижение численности черноморских устриц (*Ostrea edulis* Linne', 1758) в природных поселениях связывают с возникновением различных эпизоотий, распространением хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846), а также с усилением антропогенного пресса.

Акклиматизация гигантской (тихоокеанской, японской) устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) в Чёрном море, начатая в 1980-х годах [13], вызвана необходимостью заменить исчезающий вид *O. edulis*, занесённый в Красную книгу Украины. Благодаря своей экологической пластичности, высоким темпам роста, крупным естественным размерам, устойчивости ко многим заболеваниям гигантская устрица успешно конкурирует с такими культивируемыми во многих странах мира, как американской устрицей (*Crassostrea virginica* Gmelin), листовой устрицей (*Ostrea denselamellosa* Lischke, 1868), португальской устрицей (*Crassostrea angulata* Lmk.), европейской плоской устрицей (*O. edulis*).

Природные поселения гигантской устрицы в Чёрном море ещё не сформированы. В 1990-х годах в Керченском проливе [14], а также близ мыса Большой Утриш [15] были обнаружены лишь единичные экземпляры, осевшие на субстрат в естественных условиях. Во время работы на опытном устричном хозяйстве в бухте Казачья в период с 2003 по 2007 гг. нами обнаружено всего 10 годовиков устриц, осевших на железные сваи и мидийные коллектора, расположенные в непосредственной близости от устричного хозяйства.

Важным этапом биотехнологии культивирования этого вида является оседание личинок на субстрат, но в настоящее время это возможно лишь в контролируемых условиях питомника. В связи с этим, целью данной работы было изучение оседания личинок гигантской устрицы в условиях, приближённых к естественным, при наличии на коллекторах бактериальной микроплёнки и сообщества макрообрастателей на ранних стадиях развития.

Материалы и методы. Работы проводились в 2006 - 2007 гг. в питомнике НИЦ Вооружённых Сил Украины «Государственный океанариум» (бухта Казачья г. Севастополь). При достижении оптимальной для начала нереста температуры воды в море (18° С) [18], устриц - производителей очищали от обрастателей и помещали в ёмкость с морской водой при 28° С. В течение часа происходил вымет половых продуктов. Полученных в результате группового скрещивания личинок выращивали в лаборатории при оптимальных условиях содержания [12, 17]. Смену воды в ёмкостях с личинками осуществляли через сутки, используя газ-сито. Наблюдения за ростом и развитием личинок проводили, используя микроскопы Микмед - 1 и МБС - 10 в камере Богорова. При достижении личинками размеров 300 мкм на стадии педивелигеров в ёмкости были выставлены коллектора, предварительно экспонированные в бассейне с морской водой и в море, а также без предварительного вымачивания. Коллектора были собраны из круглых пластмассовых пластин площадью 76,5 см², по 10 штук в каждом и погружены в море, а также в бассейн с проточной морской водой. Вода в бассейн

подавалась с глубины 18 м через фильтр Ehneim professional. В море коллектора устанавливались на глубине 2 м, удалённость от берега составляла 20 м. Начало установки очередной партии субстратов соответствовало 1–4-й неделям июня. Изъятие коллекторов разного срока экспонирования проводили одновременно в конце июня. Температура воды в море в этот период составляла 18–20 °С, в бассейне – 17 °С. Исследовали по 3 коллектора для каждого срока экспонирования. Видовой состав и численность обрастателей с нижней, средней и верхней частей коллекторов определяли на живом материале под биноклем в кюветах с морской водой.

Затем проводили определение концентрации растворённого органического вещества (белковых и углеводных фракций), экскретируемого в среду сообществом обрастателей в течение 1 и 2-х суток, погружая коллектора в ёмкости с морской водой объёмом 350 мл. Содержание белковых фракций определяли по известному методу в области поглощения 260 и 280 нм [1], содержание суммарных растворённых в воде углеводов – с триптофановым реактивом. Моносахаридные производные, реагируя с l-триптофаном, образуют окрашенные комплексные соединения, интенсивно поглощающие свет на длине волны 540 нм [2]. Определение сырой и сухой биомассы (сушка при 105°C) проводили по окончании эксперимента методом прямого взвешивания на аналитических весах. Среднее количество осевшего спата определяли в пересчёте на 1 м² коллекторных пластин.

Результаты и обсуждение. На поверхности коллекторов, предварительно выдержанных в бассейне, отмечено наличие бактериально-водорослевой микроплёнки, интенсивность развития которой возрастает с увеличением экспозиции; при этом наблюдается уменьшение ярко выраженного краевого эффекта обрастания.

В настоящее время существуют модели, объясняющие на биохимическом уровне механизм взаимодействия между организмами и, таким образом, регулирование процесса оседания [21]. Освоение субстрата гидробионтами во все сезоны начинается с формирования слизистой плёнки сообщества перифитонных микроорганизмов, в состав которой входят бактерии, диатомовые водоросли и простейшие [4]. На поверхности инертных субстратов микроорганизмы появляются в первые часы контакта с морской водой, хотя скорость формирования микроплёнки в значительной мере зависит от сезона и ряда других факторов [4]. После бактерий на субстратах вскоре появляются диатомовые, зелёные водоросли, инфузории, составляющие в комплексе сообщество микрообрастания. В состав микроплёнки входят разнообразнейшие формы прикреплённых инфузорий (одноклеточных и колониальных). Это представители родов *Actinomonas*, *Mouasida*, *Salpingaeca*, *Folliculina*, *Vorticella*, *Zoothamnium*, *Carchesium*, *Ephelota*, *Stentor*, *Dendrosoma* и других.

Существуют противоречивые мнения о влиянии бактериально-водорослевой плёнки и сообщества микрообрастания на начальных этапах развития на процесс оседания гидробионтов [8, 19]. По мнению авторов, плёнки микроорганизмов на любых субстратах, погружённых в море, либо способствуют, либо препятствуют оседанию личинок, что говорит об избирательности личинок к свойствам поверхности, а также о несоответствии природных и лабораторных условий [19]. Некоторые виды макрообрастателей также способны влиять на процесс оседания гидробионтов [3]. Относительно гигантской устрицы данные о влиянии бактериально-водорослевой плёнки отсутствуют, хотя известно, что загрязнённость поверхности коллекторов (например, почвой, мясом, детритом) снижает интенсивность оседания личинок, а также сказывается на выживаемости спата [18].

Оседание спата в ёмкостях с коллекторами, экспонированными в бассейне, прошло в течение 6 сут. Через 27 сут спат достиг размеров 5 мм и был готов к высадке в море. Количество осевшего спата на пластинки с разным сроком экспонирования представлено на рис. 1.

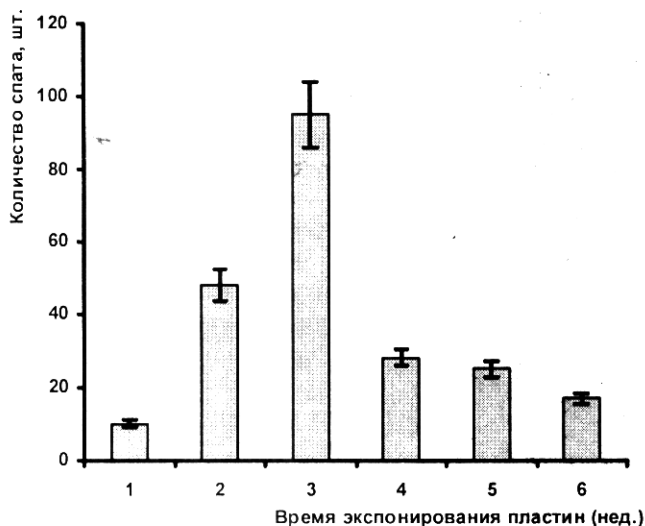


Рисунок 1. Количество осевшего спата в зависимости от времени экспонирования коллекторов (1 – без экспонирования, 2 – 6 – экспонирование в течение: 2 – 1-ой недели, 3 – 2-х недель, 4 – 3-х недель, 5 – 4-х недель, 6 – 5-ти недель)

Figure 1. Quantity of settled spat depending on time of exhibiting of collectors (1 – without exhibiting, 2 – exhibiting during 1 week, 3 – 2 weeks, 4 – 3 weeks, 5 – 4 weeks, 6 – 5 weeks)

коллекторных пластин, выдержанных в море, было обнаружено, что обрастание на верхней и нижней поверхностях различается как по видовому, так и по количественному составу. Отличались также сообщества в верхней, средней и нижней частях коллекторов, что связано с микромасштабной турбулентностью у поверхности пластин и избирательностью личинок к особенностям поверхности при оседании [9, 16, 20, 21].

В данной работе нас интересовали вопросы оседания личинок на коллектора различной экспозиции, поэтому мы определяли общую численность видов на всех исследуемых поверхностях (верхняя, средняя, нижняя часть коллектора; верхняя и нижняя поверхность пластин одного возраста).

На коллекторах, экспонированных в море, кроме бактериально-водорослевой плёнки различной интенсивности, обнаружено несколько массовых видов: прикреплённые инфузории – *Ephelota crustaceorum*, гидроида – *Bougainwilla megas*, мшанки – *Bowerbankia imbricata*, *Conopeum seurati*, *Lepralia pallasiana*, оболочники – *Botryllus schlosseri*, усоногие раки – *Balanus improvisus*, водоросли – *Enteromorpha intestinalis*, *Ceramium rubrum*, *Padina pavonica*.

Численность обростателей на всех исследуемых пластинах 1 – 4-недельного возраста представлена в табл. 1.

Увеличение продолжительности экспонирования субстратов способствует расширению видового разнообразия обростателей и увеличению их численности.

На первой и второй неделях экспонирования коллекторов обрастание представлено единичными зооидами мшанок, оседающими ботриллюсами, проростками макрофитов – энтероморфы, церамииума и падины. На субстратах 3 – 4-недельной экспозиции увеличивается видовое разнообразие в сообществах, а численность

Подсчет количества осевшего спата показал, что на пластинках, выставленных для оседания без предварительного выдерживания в воде и не имевших бактериально-водорослевой плёнки, осело в среднем всего по 10 уст./м², что почти в 10 раз меньше максимального оседания (95 уст./м²) на пластинках 2-недельной экспозиции с хорошо развитой бактериально-водорослевой плёнкой. Чрезмерное развитие слизистой плёнки на пластинах 3-х, 4-х и 5-ти недельной экспозиции привело к уменьшению числа осевших особей в среднем в 4 раза. При формировании бактериальной плёнки в течение одной недели на пластинах было обнаружено в среднем по 48 уст./м².

При исследовании

некоторых видов возрастает в несколько раз. Количество анцеструл в отдельных колониях мшанок возрастает до 110 – 180, хотя основная масса состоит из 7 – 20 штук.

Таблица 1. Численность (экз. / 78,5 см²) обрастателей на пластинах различной экспозиции
Table 1. Number (quantity / 78,5 sm²) of fouling plates of various exposition

Виды	Экспозиция пластин в море, недели			
	4	3	2	1
<i>Ephelota crustaceorum</i>	2379			
<i>Bougainwilla megas</i>	148			
<i>Bowerbancia imbricata</i>	49	33		
<i>Conopeum seurati</i>	390			
<i>Lepralia pallasiana</i>	2817	3620	107	
<i>Balanus improvisus</i>	57	8		
<i>Botryllus schlosseri</i>	206	627	3420	
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	6728	2520	3528	5314
<i>Ceramium rubrum</i>	27560	21219	9778	1884
<i>Padina pavonica</i>	32		33	298

Колонии ботриллуса выявлены в сообществах 2 – 4-недельного возраста, количество зооидов (1 – 20) в которых зависит от продолжительности развития сообщества. В течение одной недели ботриллусы, вероятно, не успевают прикрепиться к субстрату. На субстратах, экспонированных в течение 2-х недель, развиваются одиночные зооиды, часто не завершившие метаморфоз, хотя их численность значительно возрастает. В сообществах 3-недельного возраста обнаружены колонии из 3–9 зооидов. На пластинах, выдержанных в море 4 недели, развиваются колонии, состоящие из 5 – 20 зооидов, полностью сформированных и определяющих на этом этапе развития существенный вклад в биомассу сообщества. Численность оболочников, в отличие от биомассы, возрастает с уменьшением экспозиции, что связано с наличием пика оседания и развития при повышении температуры воды в море [5, 6]. Балянусы размером 1 – 5 мм обнаружены только на коллекторах 3 – 4-недельной экспозиции, что связано с продолжительностью их метаморфоза в ювенильную особь. Представители прикрепленных инфузорий *Ephelota crustaceorum* и макрообрастания *Bougainwilla megas*, *Conopeum seurati* появляются в большем количестве только на 4-ой неделе. В наибольшем количестве представлены водоросли-макрофиты. Количество *Enteromorpha intestinalis* на 1-й и 4-й неделях экспонирования почти одинаковое, но в остальные сроки отмечено снижение численности приблизительно в два раза. Для *Ceramium rubrum* характерно постепенное увеличение численности, значения которой к концу 4-й недели возрастают приблизительно в 14 раз. *Padina pavonica* на субстратах 3-недельной экспозиции отсутствует. Этот вид обнаружен в сообществах 2 и 4-недельного возраста в незначительном количестве. На коллекторах, выдержанных в море одну неделю в конце июня, развивается почти в 10 раз больше водорослей. Это связано с оптимальными условиями для развития вида в сообществах с июля по ноябрь [10].

В ёмкостях с коллекторами, выдержанными в море, через двое суток при смене воды были обнаружены мёртвые личинки устрицы. Оседания личинок на субстрат не произошло. Вероятно, при функционировании сообщества обрастаний на ранних стадиях его развития возникают факторы, препятствующие оседанию. Это может быть чисто механическое воздействие (движение щупалец или усиков, отпугивающее личинок, разрастание мезоглей ботриллусов, изолирующее субстрат и пр.). Однако негативное влияние обрастателей на оседание может происходить и на биохимическом уровне. Обнаружено, что метаболиты некоторых обрастателей проявляют отпугивающий эффект и препятствуют оседанию других видов [3].

Учитывая сказанное, мы провели ряд экспериментов по определению концентраций растворённого органического вещества (белковых и углеводных фракций), экскретируемых в окружающую среду сообществом обрастаний в возрасте 1 – 4 недели в течение 1 – 2-х суток. Исследована динамика экскреции метаболитов сообщества обрастания (рис. 2, 3).

Обнаружено некоторое увеличение концентрации углеводов у сообществ в возрасте 2 и 4 недели при экспонировании пластин в течение суток (рис. 2). Это,

количество углеводов (мг/л)

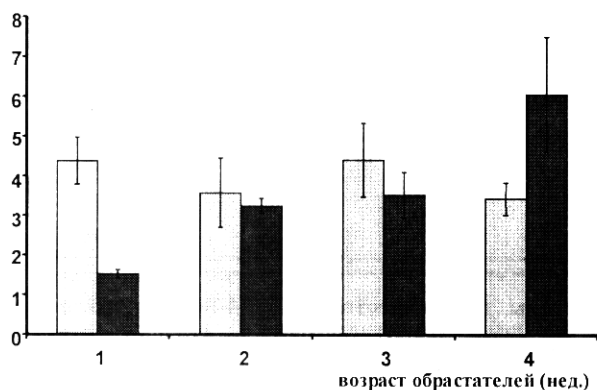


Рисунок 2. Количество углеводов, выделенных разновозрастным сообществом обрастателей, при экспонировании 1 и 2 суток

Figure 2. Quantity of the carbohydrates allocated by uneven-age fouling community, at exhibiting 1 and 2 day.

количество выделенного белка (мкг/л)

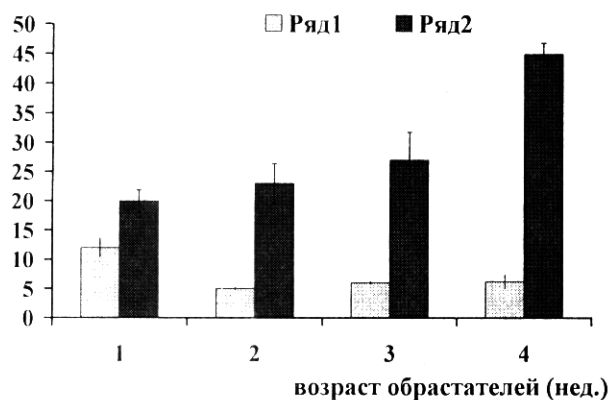


Рисунок 3. Количество белка, выделенного разновозрастным сообществом обрастателей (ряд 1 – за одни сутки, ряд 2 – за двое суток)

Figure 3. Quantity of the fiber allocated by uneven-age community of epibioses (1 - for one day, 2 - for two day)

двое суток экскреция белковых фракций растворённого органического вещества увеличивалась соответственно возрасту сообщества и была максимальной у 4-недельного сообщества.

вероятно, можно объяснить присутствием водорослей, которые массово развиваются на субстрате и в процессе фотосинтеза накапливают углеводы и выделяют их в окружающую среду.

При экспонировании пластин в течение двух суток было отмечено уменьшение содержания углеводов, выделяемых в среду соответственно увеличению возраста сообщества. Этот процесс можно объяснить нарастанием общей биомассы сообщества, увеличением видового разнообразия и численности представителей зоомакрообрастания, которым свойственно потребление растворённых углеводов из среды [7].

Таким образом, можно говорить о потреблении углеводов развивающимся сообществом, что исключает влияние углеводов на процесс оседания личинок устриц.

При экспонировании пластин в течение одних суток концентрация белковых фракций имела низкие значения и практически не изменялась (рис. 3). При экспозиции

Концентрация белка, выделенного в среду этим сообществом, составила 52 мкг/мл. Сообщество в возрасте 4 недель характеризуется также максимальной биомассой – 0,09 г (рис. 4).

Биомасса сообщества обрастателей (г)

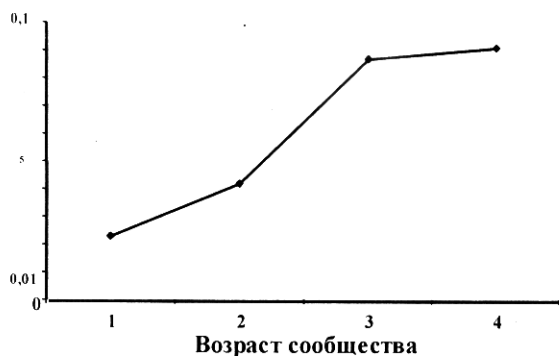


Рисунок 4. Зависимость биомассы организмов-обрастателей от возраста сообщества

Figure 4. Dependence of fouling community biomass of different age

Известно, что экскреты, выделяемые ботриллюсами, имеют полипептидную природу и проявляют выраженную биологическую активность [3]. В сообществах 4-недельного возраста функционируют полностью сформированные колонии *B. schlosseri* из 5 – 20 зоонидов. В отличие от зоонидов, оседающих на поверхность пластин 3 – 2-недельной экспозиции и продолжающих метаморфоз, первые активно метаболизируют. Можно предположить, что именно эта фракция экскретируемых веществ препятствует оседанию личинок гигантской устрицы.

Выводы. 1. При исследовании влияния сообщества черноморских обрастателей ранних стадий развития на оседание личинок гигантской устрицы (*Crassostrea gigas* Thunberg, 1793) обнаружено, что наличие живой бактериально-водорослевой плёнки, сформировавшейся на коллекторах в бассейне с проточной морской водой, влияет на плотность оседания личинок гигантской устрицы. Отсутствие слизистой плёнки ведёт к уменьшению количества осевшего спата в 10 раз, а её чрезмерное развитие – в 4 раза. Наибольшее количество осевших личинок (95 уст./м²) отмечено на субстратах с бактериально-водорослевой плёнкой 2-недельного возраста. 2. Выявлено отрицательное воздействие сообщества черноморских макрообрастателей ранних стадий развития на процесс оседания личинок гигантской устрицы.

Благодарности. Авторы искренне признательны д.б.н., проф. А.В. Гасвской за редакционную правку статьи.

1. Агатова А. И., Полуяков В. Ф. Спектрометрический метод определения белка в морской воде // Методы исследования органического вещества в океане. – М.: Наука, 1980. – С. 86 – 93.
2. Агатова А. И., Полуяков В. Ф. Определение суммарных углеводов в морской воде, взвеси и осадках с триптофаном // Методы исследования органического вещества в океане. – М.: Наука, 1980. – С. 115 – 121.
3. Брайко В. Д., Бобкова А. Н., Добротина Г. А. Метаболиты ботриллюсов и их функциональная роль в сообществах // Изв. АН СССР, сер. биол. – 1988. – № 1. – С. 29 – 35.
4. Горбенко Ю. А. Экология перифитонных микроорганизмов: – автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – Киев, 1973. – 45 с.
5. Далёкая Л. Б. Роль макрообрастателей в колонизации субстрата // Защита судов от обрастания и коррозии: Мат. IV межотраслевой науч.-тех. конф. (1989 г., Мурманск). – Мурманск, 1989. – С. 135 – 137.
6. Далёкая Л. Б. Особенности сукцессии сообществ обрастания на искусственных субстратах // Риб. гос-во України. – 2004. – 7. – С. 182 – 188.
7. Ерохин В. Е. Использование растворенных в морской воде органических веществ беспозвоночными. // Экология моря. – 1980. – Вып. 2. – С. 5 – 15.
8. Зевина Г. Б. Обрастание в морях СССР. – М.: МГУ, 1972. – 214 с.

9. Иванов В. Н., Холодов В. И., Пиркова А. В. и др. Биология культивируемых мидий. – К.: Наук. думка, 1989. – 100 с.
10. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Черного моря. – К.: Наук. думка, 1975. – 245 с.
11. Кудинский О. Ю. Угнетение черноморской устрицы молодью митилястера и мидии // Моллюски. Основные результаты их изучения. Сб. 6. – Л.: Наука, 1979. – С. 114 – 115.
12. Лебедовская М. В. Особенности роста спата тихоокеанской устрицы (*Grassostrea gigas* Thunberg) в контролируемых условиях // Рыбное хозяйство Украины. – 2005. – Спец. выпуск № 7. – С. 100 – 102.
13. Монина О. Б. Интродукция тихоокеанской устрицы в Черном море // Рыбное хозяйство. – 1983. – № 11. – С. 189 – 190.
14. Орленко А. Н. Гигантская устрица (*Grassostrea gigas* Thunberg) как объект акклиматизации и основные этапы ее трансплантации в Черное море // Зоол. жур. – 1994. – 73, вып. 1. – С. 51 – 54.
15. Переладов М. В. Современное состояние популяции черноморской устрицы // Прибрежные гидробиологические исследования: Труды ВНИРО. – 2005. – 144. – С. 254 – 274.
16. Протасов А. А. Пресноводный перифитон. – Киев.: Наук. думка, 1994. – 307 с.
17. Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Влияние концентрации корма и плотности посадки на темп роста и выживаемость личинок гигантской устрицы (*Grassostrea gigas* Th.) // Рыбное хозяйство Украины. – 2004. – Спец. вып. № 7. – С. 177 – 178.
18. Раков В. А. Биологические основы культивирования тихоокеанской устрицы (*Grassostrea gigas* Thunberg) в заливе Петра Великого: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Владивосток., 1984. – 24 с.
19. Серавин Л. Н., Миничев Ю. С., Раилкин А. И. Изучение обрастания и биоповреждений морских антропогенных объектов / Экология обрастания в Белом море. – Л.: АН СССР. – 1985. – С. 5 – 28.
20. Турпаева Е. П., Арсеньев В. С., Морозова Т. В. Обрастание в северо-западной части Тихого океана // Экология массовых видов океанического обрастания. М.: Ин-т океанологии АН СССР. – 1981. – С. 7 – 17.
21. Kirchman D., Mitchell R. A biochemical mechanism for marine biofouling // Oceans. – 1981. – № 5. – P. 537 – 554.
22. Henschel J. R., Branch G. M., Cook P. A. The colonisation of artificial substrata by marine sessile organisms in False Bay. 2. Substratal material. // S. Afr. J. Mar. Sci. – 1990. – № 9. – P. 299–307.

¹ Научно-исследовательский центр Вооруженных Сил Украины

«Государственный океанариум», г. Севастополь

² Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь

Получено 05.12.2007

M. V. LEBEDOVSKAYA, L. B. DALEKAYA, O. A. SHAHMATOVA

INFLUENCE OF THE BLACK SEA FOULING COMMUNITY OF EARLY DEVELOPMENTAL STAGES ON CONCRETION OF LARVAE OF HUGE OYSTER (*CRASSOSTREA GIGAS* THUNBERG)

Summary

Dependence of the number of settled huge oyster spat on the presence of substrata of the Black Sea early stages fouling community is revealed. The greatest quantity of settled larva (95 oysters/m²) is revealed on substrata with having two week old bacterial-algal pellicle.