

УДК 582.26:594.124 (262.5)

Л.И. РЯБУШКО, А.Ф. КОЗИНЦЕВ

Ин-т биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины,
Украина, 99011 Севастополь, пр. Нахимова, 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ НА РАКОВИНАХ МИДИЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. ИЗ ЧЕРНОГО МОРЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА МОЛЛЮСКОВ

Применен новый методический подход в исследовании количественного распределения диатомовых водорослей (количество видов, численность, биомасса, индекс видового разнообразия Шеннона) на поверхности мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. из Черного моря с использованием возрастного маркера - годовых колец роста на раковинах моллюсков. Исследованы три возрастные группы животных: I группа - от 0,5 до 2,0 лет (49 экз. мидий); II - от 2,5 до 4,0 лет (42 экз.) и III - от 4,5 до 10 лет (25 экз.). Максимальные значения количества видов диатомовых водорослей ($S = 38$), индекса видового разнообразия ($H' = 4,25$), численности ($N = 830 \cdot 10^3$ кл·см⁻²) и биомассы ($B = 3,69$ мг·см⁻²) отмечены весной на раковинах мидий II возрастной группы. Проверка гипотезы о прямой зависимости распределения диатомовых водорослей на поверхности раковин мидий от возраста моллюсков показала, что полученные различия статистически недостоверны. Экологические факторы среды оказывают более существенное влияние на качественный состав и количественное распределение диатомовых водорослей на раковинах мидий, чем индивидуальный возраст моллюсков.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, мидии, Черное море

Введение

Раковины двустворчатых моллюсков мидий из Черного моря активно заселяются различными гидробионтами, в том числе микроводорослями, из них наиболее широко представлены диатомовые (Кучерова, 1960; Прошкина-Лавренко, 1963; Bodeanu, 1964; Гусяков, Герасимюк, 1983; Неврова, 1998; Рябушко, Рябушко, 1998, 2001; Ryabushko L., Ryabushko V., 2000). Было выдвинуто предположение, что распределение диатомей на раковинах мидий может зависеть от возраста моллюсков (Прошкина-Лавренко, 1963). Возраст мидий определяли по их линейным размерам, т.е. чем крупнее створки, тем старше моллюски и, следовательно, они более интенсивно заселяются диатомовыми водорослями. При этом не учитывались экологические условия обитания мидий, когда моллюски в различных биотопах росли с разной скоростью и имели широкий спектр разброса линейных размеров. С разработкой метода определения индивидуального возраста моллюсков (Золотарев, 1989) появилась возможность прямой оценки количественного распределения микроводорослей на раковинах мидий с учетом их возраста.

Цель данной работы - с помощью нового методического подхода (использование индивидуального возраста мидий в качестве биомаркера длительности нахождения их в море) проверить гипотезу о зависимости заселения раковин мидий диатомовыми водорослями от возраста моллюсков.

Материалы и методы

Образцы мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. отбирали ежемесячно с мая 1995 г. по май 1996 г. на глубине 0,5; 2,5 и 4,5 м в бухте Казачья Черного моря недалеко от вольеров с дельфинами и мест культивирования мидий. Макро- и микрообрастания различных видов гидробионтов тщательно счищали с обеих раковин мидии, смывали морской водой, в которой находились моллюски. У мидий измеряли расстояние от макушки до заднего края раковины (L , мм), которое составляло 40-107 мм. Обработку проб микрофитобентоса и вычисление площади поверхности мидий проводили по методике, описанной ранее (Рябушко Л., Рябушко В., 2001). Индивидуальный возраст мидий определяли по годовым слоям (кольцам) роста на раковинах моллюсков (Золотарев, 1989). Створки разрезали алмазной пилой по линии от макушки к заднему краю (по линии высоты раковины), чтобы на срезе были охвачены все слои роста. Плоскость среза шлифовали на мелкозернистом алмазном диске. Разрезанные раковины промывали водой для удаления известковой пыли. Затем в бинокляре подсчитывали и анализировали линии роста на срезе раковины. Для уточнения возраста моллюсков при необходимости делали ацетатные реплики срезов их раковин.

Линейный рост мидии не всегда зависит от индивидуального возраста моллюска, поэтому для анализа были выделены три возрастные группы животных (табл. 1): I группа – от 0,5 до 2,0 лет; II – от 2,5 до 4,0 лет и III – от 4,5 до 10 лет. Параметр L перекрывался у разных возрастных групп мидий и варьировал в следующих пределах: в I группе – 40-88 мм; II – 63-94 мм; III – 77-107 мм. Всего обработано 116 экземпляров моллюсков.

Результаты и обсуждение

В течение жизни на раковинах мидий поселяются многочисленные гидробионты: мшанки, макрофиты (бурые, красные и зеленые), губки, гидроида, спирорбисы, баянусы и др. (табл. 2). С возрастом, в процессе роста, поверхность раковин моллюсков претерпевает ряд изменений. Первоначально ровный, гладкий и целостный переостракум мидий с годами стирается, отслаивается, особенно в самой старой, макушечной части раковины. Поверхность раковин с поврежденным переостракумом подвержена значительному воздействию различных паразитических организмов, таких как сверлящие черви и губки. Она становится рыхлой, шероховатой и в большей степени заселяется различными гидробионтами, которые в течение биологического цикла часто сменяют друг друга. Некоторые из этих организмов (например, колониальная асцидия *Botryllus schlosseri* (Pallas), для которой безразлично состояние субстрата для временного поселения) могут заселять раковины мидий всех возрастных групп. Из всей выборки моллюсков самая старая десятилетняя мидия с глубины 2,5 м была наиболее обросшей мшанками, баянусами и зелеными макроводорослями, 1/3 раковины покрывала асцидия *B. schlosseri*.

Таблица 1. Количество исследованных мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. различных возрастных групп (Бухта Казачья, Черное море)

Возраст мидий, годы	Глубина, м			Всего, экз.
	0,5	2,5	4,5	
	Количество мидий, экз.			
I группа				
0,5	2	-	2	4
1,0	10	4	7	21
1,5	3	4	2	9
2,0	5	6	4	15
II группа				
2,5	3	1	3	7
3,0	7	2	4	13
3,5	3	4	5	12
4,0	2	4	4	10
III группа				
4,5	-	1	1	2
5,0	1	-	2	3
5,5	1	-	1	2
6,0	2	1	1	4
7,0	-	2	2	4
7,5	-	2	-	2
8,0	-	2	2	4
8,5	-	1	-	1
9,0	-	2	-	2
10,0	-	1	-	1
Всего	39	37	40	116

Поврежденные от времени створки моллюсков часто обрастают беспозвоночными животными, такими как сверлильщики, баянусы, трубчатые полихеты, устрицы (см. табл. 2). Сверлящие губки, например *Cliona* sp., растворяют кальциевый слой раковины мидий и в большом количестве заселяют старые моллюски, у которых за счет перфорирования раковины увеличивается площадь заселения субстрата мелкими гидробионтами, в том числе и микроводорослями. Наибольшая заселенность мидий гидробионтами и наличие детрита на раковинах отмечены во II и III возрастных группах и несколько меньше – в I (см. табл. 2). Частота встречаемости детрита на раковинах моллюсков возрастает от 38 % на молодых мидиях (I группа) до 57 % (III группа).

Таблица 2. Частота встречаемости (%) беспозвоночных животных и водорослей-макрофитов на поверхности раковин мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. в зависимости от ее возраста (Бухта Казачья, Черное море)

Состав гидробионтов	Возрастные группы мидий		
	I группа (0,5-2,0 года)	II группа (2,5-4,0 года)	III группа (4,5-10 лет)
	Частота встречаемости гидробионтов на раковинах мидий, %		
Bryozoa Ehr.	91	97	100
Гидроиды	64	75	81
<i>Spirorbis</i> Daudin	55	83	86
<i>Balanus eburneus</i> Gould	55	44	62
<i>Cliona</i> sp.	12	31	29
Молодь мидий	26	22	19
<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmel.)	-	3	5
Gastropoda Cuvier	2	3	-
<i>Ostrea edulis</i> Linné	-	-	5
Loricata Shum.	-	3	-
<i>Botryllus schlosseri</i> (Palass)	13	17	5
Infuzoria Ledermüller	10	14	14
Полихеты	5	14	5
Nematoda Rudolphi	10	3	-
Водоросли (красные, зеленые, бурые)	55	94	81

Существенную роль в обрастании прикрепленных гидробионтов играют микроводоросли. Массовые виды пеннатных диатомей, встречающиеся на раковинах мидий, являются типичными для каменистого грунта и эпифитона черноморских макрофитов: *Gyrosigma tenuissima* (W. Sm.) Griff. et Henf., *Berkeleya rutilans* (Trent.) Grun., *Licmophora abbreviata* Ag., *L. flabellata* Ag., *Amphora hyalina* Kütz., *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reim. et Lewin, *Synedra fasciculata* (Ag.) Kütz., *Striatella unipunctata* (Lyngb.) Ag., *Trachyneis aspera* (Ehr.) Cl., а также *Navicula* spp., *Amphora* spp., *Cocconeis* spp., *Grammatophora* spp., *Nitzschia* spp. и др. (Рябушко, 1991, 1993, 1994; Рябушко Л., Рябушко В., 2001).

Ниже приведены средние за год и по глубинам показатели численности (N), биомассы (B), количества видов (S) и индекса видового разнообразия Шеннона (H') диатомовых водорослей на раковинах мидий по трем возрастным группам:

I группа: $N = (155,1 \pm 45,5) \cdot 10^3$ кл·см⁻²; $B = 0,60 \pm 0,20$ мг·см⁻²; $S = 18$; $H' = 3,28$;

II группа: $N = (179,3 \pm 65,8) \cdot 10^3$ кл·см⁻²; $B = 0,62 \pm 0,24$ мг·см⁻²; $S = 20$; $H' = 3,50$;

III группа: $N = (146,5 \pm 54,1) \cdot 10^3$ кл·см⁻²; $B = 0,48 \pm 0,20$ мг·см⁻²; $S = 21$; $H' = 3,46$.

Эти данные показывают, что различия среднегодовых значений распределения микроводорослей на поверхности раковин разновозрастных мидий статистически недостоверны. Однако исследованные параметры (N , B , S , H') распределения диатомовых водорос-

лей имеют выраженный сезонный характер. В зимне-весенний период до мая все количественные показатели микроводорослей на поверхности мидий, независимо от возраста и глубины обитания животных, увеличиваются, а затем снова снижаются до уровня летне-осенних значений.

В I группе моллюсков количественные показатели диатомовых водорослей имели разные значения в зависимости от глубины, сезона и варьировали: N – от $15,1 \cdot 10^3$ до $770,5 \cdot 10^3$ кл·см⁻², B – от 0,07 до 2,78 мг·см⁻², S – от 6 до 32 видов, H' – от 1,8 до 3,98. Наибольшие величины зарегистрированы в зимне-весенний, минимальные – в летне-осенний период на глубине 0,5–2,5 м.

Во II группе аналогичные показатели имели следующие значения: N – от $6,0 \cdot 10^3$ до $830 \cdot 10^3$ кл·см⁻², B – от 0,04 до 3,69 мг·см⁻², S – от 8 до 38 видов, H' – от 1,91 до 4,25. Максимальные значения численности, биомассы и индекса видового разнообразия диатомовых водорослей, зарегистрированные на мидиях в течение всего года, отмечены в этой возрастной группе весной на глубине 2,5 м, а минимальные – летом на глубине 0,5 и 4,5 м.

В III группе количественные значения диатомей были следующими: N – от $12,3 \cdot 10^3$ до $446,9 \cdot 10^3$ кл·см⁻², B – от 0,08 до 1,85 мг·см⁻², S – от 12 до 31 вида, H' – от 2,89 до 4,02. В пределах данной возрастной группы мидий максимальные показатели также характерны для весенних месяцев на всех исследованных глубинах, а минимальные – для лета на глубине 4,5 м. Однако количественные показатели были ниже, чем в предыдущих группах мидий при достаточно высоком видовом разнообразии.

Весенний пик «цветения» диатомовых наблюдали на поверхности мидий всех возрастных групп. Однако численность *Bacillariophyta* была выше на мидиях возрастом до 4-х лет. В I возрастной группе мидий максимальные количественные показатели отмечены в зимне-весенний сезон, когда наблюдается «цветение» микрофитобентоса в Черном море (Рябушко, 1993; 1994; Рябушко, Рябушко, 2001), а минимальные – в летне-осенний. Во II и III группах максимальные – весной, минимальные летом.

Для оценки степени заселения диатомовых водорослей поверхности раковин мидий разного возраста в зависимости от глубины отбора проб был проведен анализ полученных результатов по каждой возрастной группе моллюсков (табл. 3). В течение года средние показатели численности и биомассы микроводорослей имеют близкие значения. Для *Bacillariophyta* на глубине 0,5 и 2,5 м эти значения выше на поверхности мидий II возрастной группы, чем III группы моллюсков на глубине 4,5 м.

Средние значения численности (N) и биомассы (B) диатомовых на поверхности мидий, без учета их индивидуального возраста, но в зависимости от глубины составляют:

$$\begin{aligned} 0,5 \text{ м: } N &= (180,2 \pm 57,5) \cdot 10^3 \text{ кл·см}^{-2}; & B &= 0,66 \pm 0,22 \text{ мг·см}^{-2}; \\ 2,5 \text{ м: } N &= (192,9 \pm 66,7) \cdot 10^3 \text{ кл·см}^{-2}; & B &= 0,72 \pm 0,28 \text{ мг·см}^{-2}; \\ 4,5 \text{ м: } N &= (112,3 \pm 40,3) \cdot 10^3 \text{ кл·см}^{-2}; & B &= 0,36 \pm 0,13 \text{ мг·см}^{-2}. \end{aligned}$$

Для максимальной глубины отбора проб (4,5 м) численность и биомасса диатомовых водорослей почти в два раза меньше, чем для более высоких горизонтов глубин. Это отражает общую тенденцию уменьшения количественных показателей микрофитобентоса с увеличением глубины.

Таблица 3. Средние значения численности и биомассы диатомовых водорослей на раковинах разных возрастных групп (I, II, III) мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. (бухта Казачья, Черное море)

Возрастная группа мидий	Количество мидий, экз.	Численность диатомовых водорослей, $N \cdot 10^3$ кл·см ⁻²	Биомасса диатомовых водорослей, мг·см ⁻²
Глубина 0,5 м			
I	22	173,2	0,71
II	15	192,6	0,63
III	4	171,3	0,52
Глубина 2,5 м			
I	14	179,1	0,68
II	11	275,8	1,0
III	12	133,4	0,49
Глубина 4,5 м			
I	13	98,8	0,34
II	16	100,4	0,34
III	9	153,1	0,43

На распределение бентосных диатомовых водорослей на раковинах мидий существенное влияние оказывают не только сезонность и глубина обитания. Наличие детрита на поверхности раковин и заселение мидий гидробионтами-обрастателями также влияет на состав микроводорослей. Количественные показатели диатомовых на створках старых мидий в присутствии детрита заметно выше, чем на молодых моллюсках, и уменьшаются на единицу площади поверхности раковин (Рябушко Л., Рябушко В., 1998; Ryabushko L., Ryabushko V., 2000).

Выводы

1. Использование биомаркера – индивидуального возраста мидий – позволяет установить время нахождения живого субстрата под водой для анализа его заселения различными гидробионтами, в т.ч. и микроводорослями.

2. Проверка гипотезы о прямой зависимости распределения диатомовых водорослей на поверхности раковин мидий от возраста моллюсков показала, что полученные различия статистически недостоверны.

3. Экологические факторы среды оказывают более существенное влияние на качественный состав и количественное распределение диатомовых водорослей на раковинах мидий, чем индивидуальный возраст моллюсков.

4. Раковины мидий, обросшие различными видами беспозвоночных и водорослей-макрофитов, более интенсивно заселяются диатомовыми водорослями, чем створки моллюсков, на которых нет гидробионтов-обрастателей и детрита.

L.I. Ryabushko, A.F. Kozintsev

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, National Academy of Sciences of Ukraine,
2, Nakhimov Prosp., Sevastopol, 99011, Crimea, Ukraine

DISTRIBUTION OF DIATOMS ON THE SHELLS OF *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. FROM THE BLACK SEA DEPENDING ON AGE OF MOLLUSCS

Paper presents new methodical approach to study of quantitative distribution of diatoms (number of species, biomass, Shannon's index of species diversity) on the surface of mussels *Mytilus galloprovincialis* Lam. from the Black Sea with use of age marker (annual circles of growth on the shells of molluscs). Three age groups of mollusks have been investigated: first group – 0.5 to 2.0 years old (49 specimens of mussels: second – 2.5 to 4.0 years (42 specimens), and third – 4.5 to 10 years (25 specimens). Maximal values of diatoms number of species ($S = 38$), index of species diversity ($H' = 4.5$), number ($N = 830 \cdot 10^3$ cells cm^{-2}) and biomass ($B = 3.69$ mg cm^{-2}) were found in spring on shells of the second age group. Checking of hypothesis of direct dependence of the distribution of diatoms on the surface of mussel shells from the age of molluscs has shown that obtained differences are statistically unreliable. Ecological factors of the environment have stronger effect on quantitative composition and qualitative distribution of diatoms on the shells of mussels than individual growth of molluscs.

Key words: diatoms, Bacillariophyta, mussels, the Black Sea.

- Гусяков Н.Е., Герасимюк В.П. Диатомовые обрастания мидий в условиях Одесского залива Черного моря // IV Всесоюз. конф. по проблемам науч. исследований в области изучения и освоения Мирового океана. – Владивосток, 1983. – С. 32-33.
- Золотарев В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. – Киев: Наук. думка, 1989. – 112 с.
- Кучерова З.С. Диатомовые обрастания некоторых моллюсков и крабов в Черном море // Тр. Севастоп. биол. ст. АН СССР. – 1960. – 13. – С. 39-48.
- Неврова Е.Л. Донные диатомовые водоросли на мелководье у Севастополя (Черное море) // Альгология 1998. – 8, № 3. – С. 278-285.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. – М.; Л.: АН СССР. – 1963. – 243 с.
- Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли – эпифиты *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. из Черного моря // Альгология. – 1991. – 1, № 3. – С. 53-60.
- Рябушко Л.И. Структура сообщества Bacillariophyta эпифитона *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. из Черного моря // Там же. – 1993. – 3, № 3. – С. 42-49.
- Рябушко Л.И. Структура микрофитобентоса твердых грунтов прибрежных районов Севастопольской бухты (Черное море) // Там же. – 1994. – 4, № 2. – С. 15-21.
- Рябушко Л.И., Рябушко В.И. Сообщества диатомовых водорослей на раковинах моллюсков рода *Mytilus* L. // Там же. – 1998. – 8, № 3. – С. 254-259.
- Рябушко Л.И., Рябушко В.И. Микрофитобентос бухты Казачья Черного моря (Украина) // Там же. – 2001. – 11, № 1. – С. 70-82.
- Bodeanu N. Contributinal'etude quantitative du microphytobenthos du littoral roumain de la Mer Noire // Rev. Roum. Biol. Ser. Zool. (Bucuresti). – 1964. – 9, N 6. – С. 435-445.
- Ryabushko L.I., Ryabushko V.I. Communities of diatoms on the shells of mollusks of the genus *Mytilus* L. // Intern. J. Algae. – 2000. – 2, N 2. – P. 15-22.

Получена 01.06.02

Подписала в печать И.К. Евстигнеева