

УДК 594.124(262.5)

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAM. НА РАЗНЫХ СУБСТРАТАХ ОДЕССКОГО ЗАЛИВА

Стадниченко С. В.

Популяционные характеристики поселений мидии Mytilus galloprovincialis Lam. на разных субстратах Одесского залива. — С. В. Стадниченко. — Выявлены характеристики роста мидии Mytilus galloprovincialis, продолжительность жизни, P/B-коэффициент, определены аллометрические соотношения размеров и массы моллюсков, собранных из разных биотопов — на дне и в обрастаниях затонувшего металлического якоря в Одесском заливе. Поселение моллюска на якорю характеризовалось более высокими темпами роста. При анализе отношения длины к высоте раковины выявлено превышение данного показателя у мидий искусственного субстрата.

Ключевые слова: *Mytilus galloprovincialis*, рост, возраст, продукция, естественный и искусственный субстраты.

Адрес: Одесский филиал Института биологии южных морей НАН Украины, ул. Пушкинская, 37, Одесса, 65125, Украина; e-mail: stadiki@ukr.net

Популяційні характеристики поселень мідії Mytilus galloprovincialis Lam. на різних субстратах Одеської затоки. — С. В. Стадніченко. — Виявлені характеристики росту мідії Mytilus galloprovincialis, тривалість життя, P/B-коефіцієнт, визначені алометричні співвідношення розмірів і маси моллюсків, зібраних з різних біотопів — дна і обростань затонулого металевого якоря в Одеській затоці. Поселення моллюска на якорі характеризувалося більшими темпами росту. При аналізі відношення довжини до висоти раковини виявлено перевищення даного показника у мідій штучного субстрату.

Ключові слова: *Mytilus galloprovincialis*, рост, вік, продукція, природний і штучний субстрати.

Адреса: Одеський філіал Інституту біології південних морів НАН України, вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65125, Україна; e-mail: stadiki@ukr.net

Population characteristics of settlements of mussel Mytilus galloprovincialis Lam. on different substrata in the Odessa Gulf. — S. Stadnichenko. — Features of growth rate, life span, P/B-coefficient, allometric interrelations of the dimensions and mass are revealed in mussels Mytilus galloprovincialis from different substrates, a bottom sediment and encrustations of metal anchor, in the Odessa Gulf. The mussel settlement on an anchor was characterised by higher growth rate. The ratio of shell length to shell height is higher for mussels from artificial substrate.

Key words: *Mytilus galloprovincialis*, growth, age, production, natural and artificial substrata.

The address: Odessa Branch, Institute of Biology of the Southern Seas, NAS of Ukraine, Pushkinskaya Str. 37, Odessa, 65125, Ukraine; e-mail: stadiki@ukr.net

Введение

Мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam. — один из наиболее массовых видов двустворчатых моллюсков Черного моря, активный фильтратор, широко распространен в прибрежной зоне Черного моря до глубины 80 м. Этот моллюск является объектом марикультуры и промысла, а также важным элементом кормовой базы рыб и беспозвоночных.

Многие популяционные характеристики мидии являются интегральными показателями, по значениям которых можно судить о степени благоприятности факторов среды для вида в конкретном местообитании.

Ранее было отмечено, что темпы роста мидий зависят от глубины, прибойности, типа субстрата [7, 2], от плотности поселения [9], от температурных условий, количества пищи, гидрологических

условий [3, 4, 6, 12]. Однако изменчивость таких параметров популяционной структуры, как характеристики роста, продукции черноморской мидии на разных субстратах в сходных прочих условиях обитания практически не анализировалась.

Целью данной работы было выявление характера и особенностей роста, продукции, продолжительности жизни мидии *M. galloprovincialis* на разных субстратах (естественном и искусственном) в одном из поселений моллюска северо-западной части Черного моря.

Материал и методы

Материалом для работы послужили пробы мидий из естественного донного поселения, собранные в Одесском заливе в августе 2008 г. на глубине 12 м на заиленном песке с ракушкой (естественный субстрат) и с поверхности найденного там же затонувшего металлического якоря (искусственный субстрат). Форма

якоря – металлическая труба диаметром 40–50 мм, возвышение над уровнем дна – до 40 см.

У всех моллюсков, штангенциркулем, с точностью до 0,1 мм, измеряли длину (L), высоту (H), толщину створки у макушки раковины (S), оценивали массу раковины (W_s) с точностью до 0,001 г. Результаты измерений массы и размеров мидий стали основой для анализа изменения пропорций раковины моллюсков в онтогенезе и соотношения между их линейными и весовыми показателями:

$$Y = a + L^b \quad (1)$$

Для расчетов коэффициентов уравнения (1) использовали его линейную форму:

$$\ln Y = \ln a + b \ln L, \quad (2)$$

где: Y – зависимая переменная ($H, H/L, S, W_s$); L – длина раковины; a и b – коэффициенты, определяемые по эмпирическим данным. Различия одноименных зависимостей, полученные для поселений мидий на разных субстратах, считали значимыми, если сравниваемые линии регрессии различались углом наклона, или одна из них значимо превышала другую при уровне доверительной вероятности не менее 95%.

Индивидуальный возраст моллюсков определяли методом склерохронологии по сезонным слоям роста, выявляемым во внутреннем перламутровом слое раковин на радиальных срезах створок [10]. Полученные данные использовали для построения кривых группового роста по средним значениям длины раковины одновозрастных особей на основе уравнения Бергаланфи:

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)}) \quad (3)$$

Коэффициенты L_∞ и k этого уравнения находили нелинейным методом наименьших квадратов, используя пакет статистических программ FISAT II [13]. Последний был также применен в расчетах индекса ϕ' как интегральной характеристики роста животных [14, 15], основанной на коэффициентах L_∞ и k уравнения Бергаланфи:

$$\phi' = \log k + 2 \log L. \quad (4)$$

Для сравнения темпов роста мидий в качестве единого расчетного показателя использовали показатель роста T_{40} , т.е. время (в годах) достижения моллюсками длины 40 мм [11]:

$$T_{40} = t_0 - 1/k [\ln(1 - 40/L_\infty)],$$

где: t_0, k, L_∞ – коэффициенты уравнения роста Бергаланфи.

Годовую продукцию мидии (по общей массе) определяли как сумму продукции отдельных возрастных групп, рассчитываемой по формуле [5]:

$$P = 0,5 (N_1 + N_2)(W_2 - W_1),$$

где: N_1 и N_2 – ретроспективная и наблюдаемая численность моллюсков анализируемого возрастного класса, экз m^{-2} ; W_1 и W_2 – ретроспективное и наблюдаемое значение средней массы одного моллюска для анализируемой возрастной группы. Ретроспективные значения N_1 и W_1 принимались равными, соответственно, численности мидий и средней их массе в предшествующей возрастной груп-

пе моллюсков. Массу мидий W_1 и W_2 определяли на основе ранее выведенных нами для этого региона аллометрических соотношений массы моллюсков и длины их раковины: $\ln W = 2,92 \ln L - 9,35$.

Для каждого изученного поселения мидий был определен годовой Р/В-коэффициент.

Коэффициент смертности мидий (Z) рассчитывали на основе соотношения численности возрастных классов мидий в качестве углового коэффициента линейной формы уравнения, которое характеризует динамику численности животных со стационарной возрастной структурой:

$$\ln N_t = \ln N_0 - Zt,$$

где: N_t – численность мидий возраста t ; N_0 – численность мидий начального класса моллюсков. Коэффициент смертности мидий (Z) использовали для определения ретроспективной численности моллюсков анализируемых возрастных классов при расчете продукции.

Ежегодную выживаемость мидий (V), как наглядного показателя смертности моллюска Z , вычисляли по выражению: $V = e^{-Z}$

Статистическую обработку данных, регрессионный анализ и сравнение линий регрессии выполняли с использованием пакета прикладных программ Statgraphics Plus for Windows.

Результаты

Высота раковины мидии по отношению к ее длине изменяется в онтогенезе по принципу отрицательной аллометрии, т.е. степенной коэффициент b уравнения (2) меньше 1 (табл. 1).

При сравнении линий регрессии, описывающих зависимость высоты от длины раковины мидий, собранных с разных субстратов, выявлено большее увеличение высоты створки в поселениях моллюска на якоре ($F=24,31$; $P<0,0001$). Так, у мидий данного поселения при длине раковины 60 мм, высота составляла 30,1 мм, у донных – 29,3 мм.

С увеличением длины раковины отношение H/L у мидий как одного, так и другого типа субстрата уменьшается (рис. 1). При сравнении линий регрессии, описывающих данные зависимости, различие наблюдается в угле их наклона ($F=3,47$; $P=0,0638$).

Толщина створки в онтогенезе у мидий на рассматриваемых субстратах изменяется по принципу положительной аллометрии ($b>1$). При сравнении линий регрессии, описывающих данные зависимости, незначительное их различие наблюдается по значению свободного члена уравнений ($F=10,80$, $P=0,0012$).

В процессе роста масса створок на обоих типах субстрата изменяется по принципу отрицательной аллометрии. Однако достоверных различий в скорости увеличения раковинного вещества у мидий, обитающих на рассматриваемых субстратах, не выявлено. Мидии, собранные с песчано-илистого дна, имеют более низкие средние значения длины и высоты особей каждого возрастного класса, чем мидии, выросшие на металлическом якоре (табл. 2).

Таблица 1. Параметры уравнений, описывающих соотношения линейных характеристик раковины и массу раковины у мидии *Mytilus galloprovincialis*, обитающей на разных субстратах в Одесском заливе Черного моря

Table 1. Parametres of the allometric equations for mussel *Mytilus galloprovincialis* from different substrates in the Odessa Gulf of the Black Sea

Субстрат	Коэффициент		SElna	SEb	R ²	n	P
	a	b					
$H = a L^b$							
дно	0,7460	0,897	0,038	0,0110	97,9	156	<0,0001
якорь	0,7730	0,895	0,053	0,0140	98,0	117	<0,0001
$H/L = a + bL$							
дно	0,5830	- 0,002	0,007*	0,0002	39,1	156	<0,0001
якорь	0,5800	- 0,001	0,008*	0,0002	38,4	117	<0,0001
$S = a L^b$							
дно	0,0120	1,224	0,248	0,0690	67,1	156	<0,0001
якорь	0,0130	1,222	0,069	0,0210	96,7	117	<0,0001
$W_S = a L^b$							
дно	0,0004	2,730	0,169	0,0460	97,4	156	<0,0001
якорь	0,0003	2,800	0,159	0,0430	98,2	117	<0,0001

Примечание: *a* и *b* – коэффициенты уравнений (1, 2); SElna – стандартная ошибка свободного члена уравнения (2), SEb стандартная ошибка коэффициента *b* уравнений (1, 2); R² – коэффициент детерминации, %; n – объем выборки, экз.; P – уровень значимости; *H* – высота; *L* – длина; *W_S* – масса раковины; *S* – толщина створки у макушки раковины; * – для уравнений линейной зависимости приведена SEa

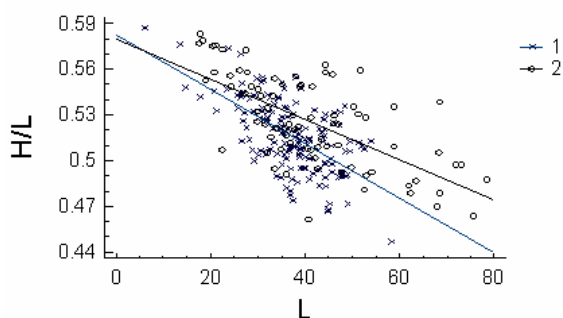


Рис. 1. Зависимость отношений *H/L* мидии *Mytilus galloprovincialis* от длины раковины: 1 – донное поселение; 2 – поселение на металлическом якорю; *H* – высота раковины, *L* – длина раковины

Fig. 1. Relation of *H/L* from shel length in mussels *Mytilus galloprovincialis*: 1 – bottom settlement; 2 - settlement on a metal anchor; *H* - shell height, *L* - shell length

Исключением являются лишь сеголетки, которые крупнее в донном поселении. Это показывает, что наиболее интенсивен рост моллюсков, населяющих поверхность якоря. Длины 40 мм здесь мидии достигали в среднем за 1,7 года, а в донном поселении – за 2,9 года. Кривые линейного роста черноморских мидий поселений якоря и дна, характеризующие возрастные замедления их скорости роста, описываются уравнением Бергаланфи (табл. 3). При этом мидии донного поселения характеризуются более высоким значением L_{∞} (103,5) и меньшим *k* (0,14).

Основная доля моллюсков в донном поселении относится к трех- и двухлеткам (65 и 14% соответственно). В поселении мидии на якорю преобладают сеголетки, двухлетки и годовики (44, 16 и 20,5% соответственно).

Донное поселение мидий характеризуется более высоким коэффициентом смертности (1,16), чем поселение, приподнятое над уровнем дна (0,54). В ре-

зультате выживаемость моллюсков на дне почти в 2 раза ниже, чем на приподнятом над уровнем дна якорю, составляя 31 и 57%, соответственно (табл. 3).

Наиболее продуктивны в обоих поселениях мидии 3-летние особи. Имея среднюю биомассу близкую биомассе 3-х леток, их вклад в общую годовую продукцию естественного донного поселения мидии составляет 74%. Однако в поселении на искусственном субстрате вклад 3-летних особей составляет 32%, а 25% вносят 2х-летние моллюски. Несмотря на существенную разницу между долей сеголеток и годовиков (14% в поселении на естественном субстрате; и 61% – на искусственном) значения *P/V*-коэффициента для обоих поселений отличаются незначительно. Это связано с недостаточным пополнением молодью и более высоким уровнем смертности мидий донного поселения (см. табл. 3).

Таблица 2. Средняя длина мидий возрастных классов в поселении *Mytilus galloprovincialis* на естественном (дно) и искусственном (якорь) субстрате в Одесском заливе Черного моря

Table 2. Average length of a mussels of various age classes in *Mytilus galloprovincialis* settlements on natural (bottom) and artificial (anchor) substrates in the Odessa Gulf of the Black Sea

Возрастные классы	Средняя длина, мм	
	дно	якорь
0,5	16,86±2,21	12,68±1,03
1	27,11±0,42	33,08±0,56
2	30,90±0,41	42,18±0,67
3	39,61±0,45	55,36±1,70
4	49,44±1,02	62,17±4,19
5	58,40±0,00	71,18±1,68
6	–	75,85±2,75

Обсуждение

Анализ полученных нами данных свидетельствует об изменчивости характеристик роста и возрастных изменений размеров тела у мидии *M. galloprovincialis* в зависимости от типа субстрата.

Таблица 3. Популяционные характеристики мидии *Mytilus galloprovincialis* с разных субстратов Одесского залива Черного моря

Table 3. Population characteristics of mussel *Mytilus galloprovincialis* from different substrates in the Odessa Gulf of the Black Sea

Субстрат	L_{∞}	k	t_0	ϕ'	T_{max}	n	T_{40}	Z	$V, \%$	Р/В-коэффициент
дно	103,5	0,14	-0,87	3,18	5	156	2,6	1,16	31,3	0,81
якорь	87,7	0,32	-0,14	3,39	6	117	1,7	0,54	57,1	0,71

Примечание: L_{∞} , k , t_0 – коэффициенты уравнения роста Бергаланфи (3); ϕ' – интегральная характеристика роста мидий по уравнению (4); T_{max} – максимальный возраст, год; n – число измерений; Z – коэффициент смертности; V – ежегодная выживаемость; T_{40} – время (год) достижения моллюсками длины 40 мм

Согласно проведенным ранее исследованиям в экспериментальных условиях [2], у мидий *M. galloprovincialis* на скальном и песчаном грунте, по сравнению с илистым, существенно повышается прирост раковины в толщину. Однако наши исследования, выявили лишь незначительные отличия прироста раковины *M. galloprovincialis* в толщину на сравниваемых субстратах. Известно о более высоких темпах роста у мидий, живущих в пелагиали, чем в бентали. По данным И.Н. Солдатовой [8], длина раковины *M. edulis* из Японского моря, живущих в пелагиали в возрасте одного года, в 1,5 раза превышает длину мидий того же возраста, живущих на дне. Аналогичны и результаты наших исследований характеристик роста для черноморской мидии *M. galloprovincialis* – отмечено превышение в 1,5 раза скорости роста мидии в поселении на якорь (пелагиаль), над донным (бентос) поселением. Смертность моллюсков в донном поселении значительно выше, чем на якорь.

Различия в условиях обитания между рассматриваемыми поселениями мидии можно отнести, в большей степени, к особенностям пространственного распределения – прикрепленные у поверхности дна и находящиеся в толще воды, так как гидрологические различия, а именно температура, освещенность, глубина, содержание кислорода у рассматриваемых субстратов близки. Более низкие темпы роста моллюсков донного поселения и высокая смертность, возможно, связаны с вторичным загрязнением вод-

ных масс [1], когда часть биогенных веществ за счет диффузии из поровых вод донных отложений переходит в придонный слой моря, что в свою очередь может вызывать локальную гипоксию, отрицательно сказывающуюся на жизнедеятельности бентосных гидробионтов. Согласно исследованиям, проведенным Н.М. Шуровой в период длительной гипоксии (более 2-х недель) наиболее устойчивыми к отсутствию кислорода оказались мидии размерной группы 20–40 мм [16]. Полученные нами данные о преобладающем выживании в донном поселении моллюсков этих размеров (90%), подтверждает гипотезу о неблагоприятных условиях обитания донных животных по сравнению с пелагическими.

Выводы

Согласно проведенным исследованиям, темпы роста мидии на глубине 12 м в Одесском заливе на искусственном (якорь) субстрате выше, чем на естественном донном. Выживаемость моллюсков также более высокая в обрастании металлического якоря.

Мидии, которые находятся на приподнятом над поверхностью дна субстрате, не соприкасаются с илистыми отложениями дна и омываются водой со всех сторон, находятся в более комфортных условиях по сравнению с донным поселением. Это необходимо учитывать при организации мариккультуры мидии в данном регионе северо-западной части Черного моря.

1. Гаркавая Г. П., Богатова Ю. И. Современные источники эвтрофирования северо-западной части Черного моря // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. – 2001. – № 3 (14). – С. 188–189.
2. Заика В. Е., Валова Н. А., Повчун А. С., Ревков Н. К. Митилы Черного моря. – Киев: Наукова думка, 1990. – 208 с.
3. Кулаковский Э. Е., Сухотин А. А. Рост мидии обыкновенной в Белом море в естественных условиях и в условиях мариккультуры // Экология. – 1986. – № 2. – С. 35–43.
4. Кулаковский Э. Е. Биологические основы мариккультуры мидий в Белом море // Исследования фауны морей. СПб: Наука, 2000. – Вып. 50(58). – 168 с.
5. Максимович Н. В., Погребов В. Б. Анализ количественных гидробиологических материалов. – Ленинград, 1986. – 97 с.
6. Озернюк Н. Д., Зотин А. А. Сравнительный анализ роста мидий *Mytilus edulis* из разных районов Белого моря // Изв. РАН. Серия биол. – 2006. – № 2. – С. 188–192.
7. Садыхова И. А. Структура популяций и относительный рост мидий в поселениях различного типа // Тез. докл. 4-й Всесоюзной конференции по промысловым беспозвоночным. Ч.II. Севастополь, 1986. – С.287–289.
8. Солдатова И. Н. Особенности роста мидии (*Mytilus edulis* L.) из разных биотопов // Тез. докл. 4-го Всесоюзного

- совещания по научно-техническим проблемам мариккультуры. Владивосток, 1983. – С.195–196.
9. Шурова Н. М., Варигин А. Ю., Кирюшкина Е. О. Изменения количественных характеристик гидробионтов в мидиевом сообществе северо-западной части Черного моря // Экология моря. – 1986. – Вып. 24. – С. 74–78.
10. Шурова Н. М., Золотарев В. Н. Сезонные слои роста в раковинах мидий Черного моря // Биология моря. – 1988. – № 1. – С. 18–22.
11. Шурова Н. М., Золотарев В. Н., Варигин А. Ю. Особенности роста мидий *Mytilus galloprovincialis* в северо-западной части Черного моря // Биология моря. – 1991. – № 4. – С. 70–79.
12. Bauer G. Variation in life span and size of the freshwater pearl mussels // J. Animal Ecol. – 1992. – V. 61. – P. 425–436.
13. Gayanilo F. C., Sparre P, Pauly D. [eds] Fisat II: FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools (version 1.2.0). // FAO, Rome, 2002. – Режим доступа: <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat>.
14. Munro J. L., Pauly D. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates // Fishbite. – 1983. – Vol. 1. – P. 5–6.
15. Pauly D., Munro J. L. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates // ICLARM Fishbite. – 1989. – Vol. 2, N 1. – P. 21.
16. Shurova N. M. Influence of hypoxia on the state of the population of the Black Sea mussels // The Black Sea Ecological Problems: Collected papers. – Odessa: SCSEIO, 2000. – P. 286–290.

Отримано: 10 червня 2010 р.

Прийнято до друку: 24 червня 2010 р.