

УДК 594.124(262.5)

С. В. Стадниченко, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.
Одесский филиал Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского
НАН Украины, отдел популяционной экологии беспозвоночных,
ул. Пушкинская, 37, Одесса, 65125, Украина,
e-mail: stadiki@ukr.net

КОСВЕННЫЕ ОЦЕНКИ СМЕРТНОСТИ И ВЫЖИВАЕМОСТИ МИДИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Проведено сравнение коэффициента смертности мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. из донных поселений северо-западной части Черного моря, определенного по численности возрастных групп, с его косвенными оценками по биомассе и средней массе одной особи. Показана возможность использования полученных ранее эмпирических зависимостей годовой продукции от биомассы и средней массы особи для оценки смертности и выживаемости мидии в пространственном и временном аспекте.

Ключевые слова: *Mytilus galloprovincialis*, смертность, выживаемость, биомасса, масса особи.

Одним из важнейших популяционных параметров оценки состояния различных видов гидробионтов, является показатель их смертности, определяющий особенности размерно-возрастной структуры, продукционные свойства и продолжительность жизни гидробионта в различных частях его ареала. Смертность и продолжительность жизни являются фундаментальными биологическими характеристиками, которые зависят от комплекса генетических и экологических факторов. Эти показатели используются в исследованиях роста и старения животных, формирования популяционной структуры вида, биологических последствий воздействия факторов среды на различные виды гидробионтов [1, 2], для оценки возможностей и масштабов их хозяйственного использования.

Методы прямых определений смертности животных — наиболее точные, но остаются трудоемкими и не всегда применимы при изучении жизнедеятельности различных видов гидробионтов в естественных условиях их обитания. Поэтому в гидробиологических исследованиях используются различные косвенные способы оценки смертности по другим, легче определяемым популяционным характеристикам [3].

При стационарном типе размерно-возрастной структуры поселений моллюсков коэффициент смертности Z определяется с высокой точностью по соотношению численности возрастных классов. Однако определение возраста моллюска по слоям роста его раковины требует достаточного времени и опыта исследователя. Ранее было показано, что в стационарных поселениях гидробионтов коэффициент смертности равен P/B -коэффициенту — количественному показателю продуктивности гидробионтов [4, 5], численно равному отношению их продукции (P) к средней биомассе (B) за изучаемый период времени, в данном случае за год. Но для определения P/B -коэффициента необходимы данные о годовой продукции гидробионта (P), что без сведений о его смертности также затруднительно. В связи с этим актуальным для мониторинга двустворчатых моллюсков является выявление смертности и выживаемости в их поселениях по

стандартным гидробиологическим характеристикам — биомассе и численности моллюска.

Одним из наиболее удобных модельных объектов является черноморская мидия *Mytilus galloprovincialis* Lam. — активный фильтратор морских вод, многочисленный компонент различных зооценозов Черного моря, перспективный объект марикультуры. Выявление в перламутровом слое раковины *M. galloprovincialis* разноокрашенных сезонных слоев роста позволяет достаточно точно определять индивидуальный возраст моллюсков [1] и проводить наблюдения за их ростом, продукцией, смертностью и выживаемостью в различных условиях среды.

Цель исследования — обосновать способ косвенной оценки коэффициента смертности и выживаемости мидий с использованием расчетных значений P/B -коэффициента на примере поселений моллюска в северо-западной части Черного моря. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

1. Определить базовые значения коэффициента смертности и ежегодной выживаемости мидий для их различных локальных поселений по соотношениям численности возрастных классов.
2. Получить косвенные оценки P/B -коэффициента, которые при стационарном типе возрастной структуры моллюска равны коэффициенту его смертности, а также рассчитать ежегодную выживаемость.
3. Выявить относительные отклонения косвенных оценок коэффициента смертности и ежегодной выживаемости от их базовых значений как для отдельных поселений мидий, так и для мидий северо-западной части Черного моря в целом.

Материалы и методы исследования

Материалом послужили пробы мидии *M. galloprovincialis* из естественных донных поселений, собранные в 1993 г. в северо-западной части Черного моря на глубине 5,5—35 м (рис. 1), в 2005 г. — в Тендровском заливе, в 2008 г. в авандельте Дуная.

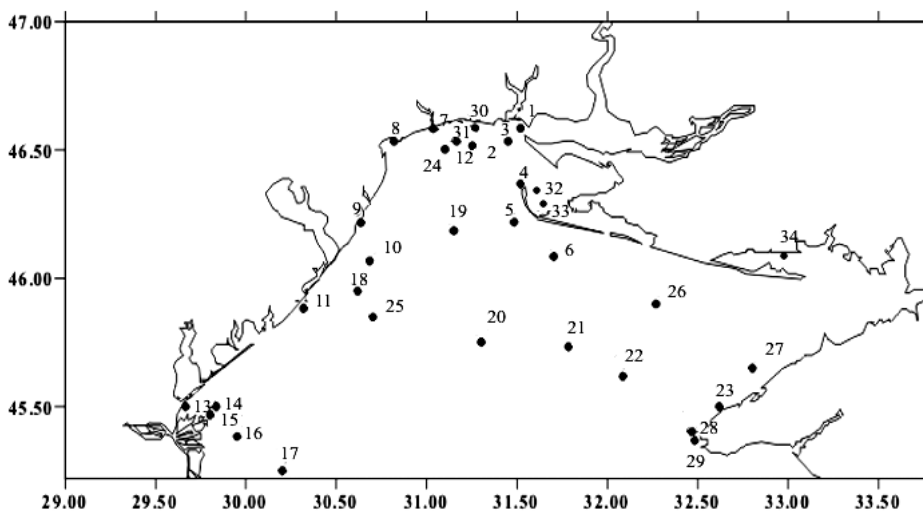


Рис. 1. Схема станций отбора проб мидий *Mytilus galloprovincialis* в северо-западной части Черного моря в 1993 г.

Индивидуальный возраст моллюсков определяли по сезонным слоям роста их раковин [6]. Для всех вариантов возрастной структуры были получены базовые значения коэффициента смертности Z по соотношениям численности возрастных классов мидий с использованием уравнения оценки коэффициента смертности по среднему возрасту моллюсков [7]:

$$Z = \ln\left(\frac{\bar{t} - t_x + 1}{\bar{t} - t_x} \cdot \frac{n}{n + 1}\right),$$

где \bar{t} — средний возраст, t_x — начальный возрастной класс, n — численность моллюсков.

Средний возраст \bar{t} рассчитывался как средневзвешенная численности возрастных групп моллюсков. Кроме этого, P/B -коэффициент мидий был определен по обоснованному ранее эмпирическому уравнению [8], позволяющему рассчитывать значения годовой продукции мидий по их биомассе (B) и средней массе одной особи (W):

$$\ln P = 1,004 \ln B - 0,484 \ln W. \quad (1)$$

По отношению рассчитанной таким способом годовой продукции к биомассе были получены значения P/B -коэффициента, которые явились косвенными оценками коэффициента смертности мидий.

Ежегодную выживаемость мидий (V) как наглядного показателя смертности моллюска Z вычисляли по уравнению $V = e^{-z}$ по базовым значениям коэффициента смертности и по его косвенным оценкам.

Для всех анализируемых поселений мидий были вычислены отклонения (Δ , %) косвенных оценок смертности (P/B) и выживаемости ($V_{P/B}$) от базовых значений этих показателей (Z , V_Z):

$$Z_{\Delta} = \frac{Z_{P/B} - Z}{Z} \cdot 100, \quad V_{\Delta} = \frac{V_{P/B} - V_Z}{V_Z} \cdot 100.$$

Результаты и обсуждение

Значения P/B -коэффициента, рассчитанные на основе уравнения (1), значительно отличаются от значений базового коэффициента смертности мидий (Z), рассчитанного прямым способом по численности возрастных классов моллюска (табл.) как в сторону занижения, так и их завышения. Максимальное его отклонение в сторону завышения составляет 28,8 % (ст. 15), а занижения — 19,2 % (ст. 8). Среднее относительное отклонение Z_{Δ} для всего массива данных равно $0,45 \pm 2,8$ %.

Соотношение между базовым коэффициентом смертности Z и вычисленным P/B -коэффициентом определяется следующим выражением:

$$Z = 0,152 + 0,853 (P/B), (R^2 = 92,3; SE = 0,147), \quad (2)$$

где R^2 — коэффициент детерминации, SE — стандартная ошибка.

Аналогично определяется соотношение между базовыми значениями ежегодной выживаемости V_Z и ее значениями $V_{P/B}$, рассчитанными на основе P/B -коэффициента:

$$V_Z = 0,984 V_{P/B}, (R^2 = 89,5; SE = 0,053). \quad (3)$$

Популяционные характеристики и относительные отклонения смертности и выживаемости *Mytilus galloprovincialis* в северо-западной части Черного моря

Станция	B	W	Z	V _Z %	P/B-коэффициент	V _{P/B} %	Относительные отклонения	
							Z _Δ	V _Δ
Северо-западная часть Черного моря, 1993 г.								
1	259,0	2,32	0,64	53	0,69	50	+7,8	-5,7
2	1542,0	4,63	0,53	59	0,49	61	-7,5	+3,4
3	242,0	5,1	0,55	58	0,46	63	-16,4	+5,2
4	444,0	0,47	1,75	17	1,48	23	-15,4	+35,3
5	88,4	0,46	1,23	29	1,52	22	+23,6	-24,0
8	1525,0	2,8	0,78	46	0,63	53	-19,2	+15,2
8a	3583,4	1,65	0,98	38	0,80	45	-18,4	+18,4
9	1850,0	0,47	1,60	20	1,48	23	-7,5	+15,0
10	158,3	0,50	1,44	24	1,43	24	-0,7	0
11	4000,0	5,97	0,34	71	0,43	65	+26,5	-8,5
12	92,7	1,75	0,71	49	0,78	46	+9,9	-6,1
14	3111,0	2,08	0,71	49	0,72	49	+1,4	0
15	598,1	2,40	0,52	59	0,67	51	+28,8	-13,6
17	356,9	0,77	1,13	32	1,16	31	+2,7	-3,1
20	20,5	0,09	2,73	7	3,25	4	+19,0	-42,9
24	944,3	2,23	0,69	50	0,69	50	0	0
30	689,8	0,47	1,25	29	1,49	23	+19,2	-20,7
31	802,8	0,45	1,87	15	1,90	15	+1,6	0
Тендровский залив, 2005 г.								
—	4861,0	4,41	0,45	64	0,5	61	+11,1	-4,7
Дунайское взморье, 2008 г.								
2	3409,0	1,51	0,98	38	0,85	43	-13,3	+13,2
3	949,0	1,33	1,26	28	1,19	30	-5,6	+7,1
3a	157,1	1,31	1,10	33	0,90	41	-18,2	+24,2
2b	15,1	1,16	0,88	42	0,94	39	+6,8	-7,1
3b	495,0	0,83	1,24	29	1,12	33	-9,7	+13,8
4	482,0	1,34	1,1	33	0,89	41	-19,1	+24,2
9	92,3	1,30	0,85	43	0,87	42	+2,4	-2,3
10	731,4	1,41	0,85	43	0,87	42	+2,4	-2,3

Примечание: B — биомасса, г/м²; W — средняя масса одной особи, г; Z — коэффициент смертности; V_Z — ежегодная выживаемость по Z, %; V_{P/B} — ежегодная выживаемость по P/B-коэффициенту, %.

Наибольшие значения относительных отклонений ежегодной выживаемости мидий V_Δ составляют +35,3 % (ст. 4) и -42,9 % (ст. 20). Такие значения характерны для поселений мидий, находящихся в условиях высокого уровня смертности моллюсков, при котором, как правило, наблюдается нарушение стационарности поселений в результате различной смертности мидий разной длины [9]. Среднее относительное отклонение V_Δ и его ошибка для всех анализируемых поселений мидий составляет 1,26 ± 3,1 %.

Выявленные соотношения (2) и (3) могут быть использованы для косвенных оценок смертности и выживаемости мидий в северо-западной части Черного моря с достаточно высокой точностью. В частности, если выявленный P/B-коэффициент равен 2,73, то рассчитанный по уравнению (2) коэффициент смер-

ности равен 2,48 с доверительным 95 %-ным интервалом от 2,30 до 2,66. При ежегодной выживаемости, вычисленной по P/B -коэффициенту и равной 0,65, рассчитанное по уравнению (3) значение этого показателя равно 0,64 с доверительным 95 %-ным интервалом от 0,598 до 0,680.

Предлагаемый вариант косвенных оценок показателей смертности и выживаемости мидий позволяет избегать длительных и трудоемких операций по определению возрастной структуры поселений моллюска.

Выводы

Оценки коэффициента смертности и ежегодной выживаемости мидий на основе P/B -коэффициента, рассчитываемого по стандартным гидробиологическим характеристикам — биомассе и средней массе одной особи, имеют средние отклонения от их базовых значений, не превышающие 2 % при ошибке их определений менее 3,5 %. Такая сходимость двух рассмотренных способов выявления смертности и выживаемости моллюсков дает возможность косвенных оценок этих показателей по P/B -коэффициенту для мидий *M. galloprovincialis* северо-западной части Черного моря с достаточно высокой точностью.

Литература

1. Золотарев В. Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. — К.: Наукова думка, 1989. — 112 с.
2. Золотарев В. Н., Шурова Н. М. Продолжительность жизни гидробионтов как экологический индикатор // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. Серія: Біологія. — № 3 (14). — Спеціальний випуск: Гідроекологія. — 2001. — С. 52—53.
3. Золотарев В. Н., Шурова Н. М. Методы оценки смертности животных по продолжительности их жизни // Современные проблемы гидробиологии. Перспективы, пути и методы решений — 2. Мат. международной. науч. конф. — Херсон, 2008. — С. 11—16.
4. Allen J. A. Relation between production and biomass // J. Fish. Res. Board Can. — 1971. — Vol. 28. — P. 1573—1581.
5. Brey T., Arntz W. E., Pauly D., Rumohr H. *Arctica (Cyprina) islandica* in Kiel Bay (Western Baltic): growth, production and ecological significance // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. — 1990. — Vol. 136. — P. 217—235.
6. Шурова Н. М., Золотарев В. Н. Сезонные слои роста в раковинах мидий Черного моря // Биология моря. — 1988. — № 1. — С. 18—22.
7. Ssentongo G. W., Larkin P. A. Some simple methods of estimating mortality rates of exploited fish populations // J. Fish. Research Board Canada. — 1973. — Vol. 30, № 5. — P. 695—698.
8. Stadnichenko S. V., Shurova N. M. Estimating productivity of the Black Sea mussels from their density and biomass // The Black Sea Ecological Problems: Collected papers. — Odessa: SCSEIO, 2000. — P. 297—300.
9. 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.

С. В. Стадніченко

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

**НЕПРЯМІ ОЦІНКИ СМЕРТНОСТІ І ВИЖИВАНOSTІ МІДІЙ
ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ**

Резюме

Для виявлення смертності і виживаності мідії *Mytilus galloprovincialis* в поселеннях в північно-західній частині Чорного моря можна використовувати *P/B*-коефіцієнт, що розраховується за стандартними гідробіологічними характеристиками — біомасі та середній масі однієї особини.

Ключові слова: *Mytilus galloprovincialis*, коефіцієнт смертності, виживаність, біомаса, маса однієї особини

S. V. Stadnichenko

Odesa branch, Institute of Biology of the Southern Seas, NASU,
Pushkinska St., 37, Odesa, 65125, Ukraine;
e-mail: stadiki@ukr.net

**INDIRECT ASSESSMENTS OF MUSSELS MORTALITY RATE
AND ANNUAL SURVIVAL FROM THE NORTHWESTERN PART
OF THE BLACK SEA**

Summary

For revealing of mortality rate and annual survival of mussels *Mytilus galloprovincialis* from the settlements in the northwestern Black Sea it is possible to use *P/B*-coefficient counted on the base of standard hydrobiological characteristics — a biomass and average individual mass of mollusks.

Key words: *Mytilus galloprovincialis*, mortality rate coefficient, annual survival, biomass, individual mass.