

ПРОДУКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МИДИИ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ШЕЛЬФА ЧЕРНОГО МОРЯ

Для различных донных поселений мидий северо-западного шельфа Черного моря получены 4 показателя годовой продукции: по общей массе моллюска, массе створок, сухих и обеззоленных тканей, а также рассчитаны удельная продукция и *P/B*-коэффициент. Выявлена положительная корреляция *P/B*-коэффициента с коэффициентом смертности моллюска, отрицательная - со средней массой одной особи, средним возрастом и биомассой мидий. Дисперсионный анализ показал высокую значимость межрайонной изменчивости *P/B*-коэффициента. В центральном районе северо-западной части Черного моря его значения в 3 - 4 раза выше, чем в остальных. Максимальные значения продукции и смертности мидий в этом районе свидетельствуют о более высокой скорости оборота органического вещества.

Продукционные свойства - одна из важнейших характеристик вида, поэтому изучение черноморской мидии *Mytilus galloprovincialis*, промыслового моллюска и объекта марикультуры, периодически сопровождалось выявлением ее продуктивности [2 - 4]. Тем не менее, продукционные характеристики мидий донных поселений северо-западного шельфа Черного моря оказались практически не изученными, несмотря на то, что в этом регионе сосредоточены основные естественные скопления этого моллюска.

Целью данных исследований явилось изучение продукционных показателей мидий северо-западного шельфа, выявление их пространственной изменчивости, взаимосвязи с другими популяционными параметрами.

Материал и методы. Материалом для работы послужили осенние (1993 г.) количественные выборки мидий с 30 гидробиологических станций, расположенных в различных участках северо-западного шельфа Черного моря с глубинами от 5,5 до 35 м (см. рис.). Пробы зообентоса отбирались дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,25 м². На каждой станции, как правило, отбирали по две пробы. Для вычисления ошибок измерения плотности поселения мидий и их биомассы на некоторых станциях отбирали по 8 - 10 проб и обрабатывали их раздельно. Погрешность учета численности и биомассы мидий производили по схеме обработки результатов неравноточных измерений [5].

Для моллюсков 17 станций по выборкам объемом от 70 до 120 экз. были получены масс-размерные соотношения:

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

где Y - одна из характеристик массы моллюска (W - общая, W_s - створок, W_d - сухих тканей); L - длина раковины; a и b - коэффициенты. Для мидий остальных 13 станций использовались масс-размерные соотношения моллюсков из близлежащих станций с аналогичными условиями среды.

С целью изучения изменений скорости продукционного процесса во времени осенью 1984 г. в Днестровском, Гендровском и Каркинитском районах собраны пробы мидий на тех же станциях, что и в 1993 г. Расчет продукции для этих станций производили тем же способом.

Масса сухого обеззоленного вещества (W_{AFDM} , г) определялась по ранее установленной для мидий зависимости:

$$W_{AFDM} = 0,87 W_d,$$

где W_d - масса сухих тканей, г. Энергетический эквивалент сухого обеззоленного вещества, как было установлено для данного вида на микробомбовом калориметре МВК-2 в Институте экологии Карпат НАН Украины, составил 22,08 кДж·г⁻¹.

Определения индивидуального возраста мидий производили методом склерохронологии по слоям роста во внутреннем, перламутровом слое раковин [7].

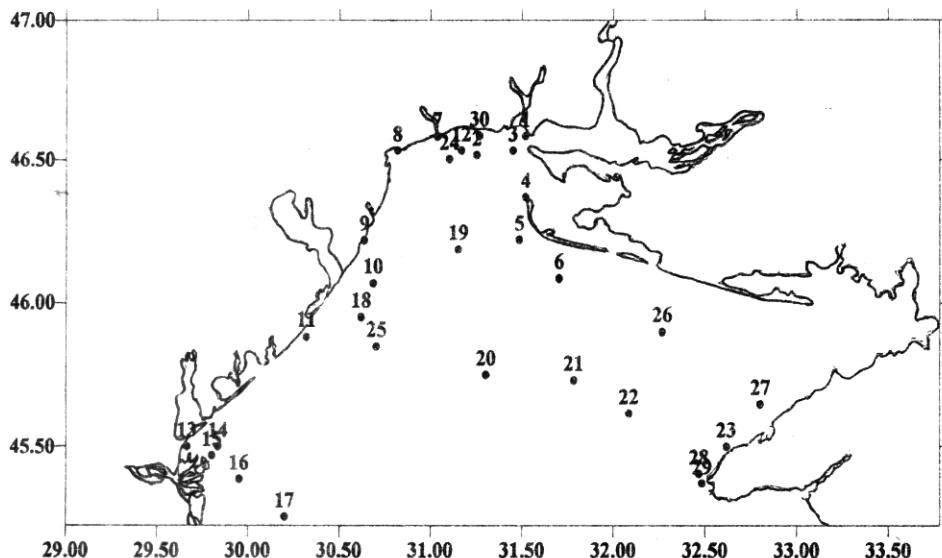


Рисунок Расположение станций отбора проб мидий *Mytilus galloprovincialis* в северо-западной части Черного моря

Figure Location of sampling stations for *Mytilus galloprovincialis* in the northwestern Black Sea

Годовая продукция моллюска определялась по одноразовым выборкам как сумма продукции отдельных возрастных групп [1, 6], рассчитываемой по формуле:

$$P = 0,5 (N_1 + N_2)(W_2 - W_1), \quad (2)$$

где N_1 и N_2 – ретроспективная и наблюдаемая численность моллюска, экз·м⁻²; W_1 и W_2 – ретроспективное и наблюдаемое значения одной из характеристик массы моллюска (общая, створок, сухих и обеззоленных тканей).

Ретроспективные и наблюдаемые значения массы моллюсков (W_1 и W_2) определяли по аллометрическим уравнениям (1), исходя из соответствующей средней длины мидий рассматриваемого (L_1) и предшествующего возрастного класса (L_2). Ретроспективные значения численности мидий за год до сбора моллюсков определены по уравнению:

$$N_1 = N_2 \cdot e^{-Z}, \quad (3)$$

где Z – коэффициент смертности, определяемый по среднему возрасту мидий [11]:

$$Z = \ln \left(\frac{t_m - t_c + 1}{t_m - t_c} \times \frac{n}{n+1} \right)$$

Здесь t_m – средний возраст; t_c – начальный возрастной класс; n – численность моллюсков.

На основе уравнения (2) были получены 4 показателя годовой продукции мидий: по общей массе (P), массе створок (P_s), сухих (P_d) и обеззоленных тканей (P_{AFDM}), а также рассчитаны удельная продукция и P/B -коэффициент. Значение B в последнем показателе определяет биомассу, которую моллюск имел во время отбора проб, при анализе же удельной продукции использовали среднюю за год биомассу.

При оценке роли некоторых популяционных показателей мидий в изменчивости P/B -коэффициента использованы корреляционный и дисперсионный анализы.

Результаты и обсуждение. Следует отметить, что ошибка вычисляемых значений продукции определяется преимущественно точностью измерения плотности поселения и биомассы моллюсков. Рассчитанные нами ошибки измерения этих показателей составили соответственно 21 и 23 %, что соответствует аналогичным показателям для других высоко агрегированных видов моллюсков [6].

Анализ полученных аллометрических соотношений мидий свидетельствует об изометрическом росте моллюска. Угловой коэффициент b уравнения (1) близок к 3 (от 2,7 до 3,4). Наиболее высокие значения приходятся на приустьевые, более опресненные районы моря. Коэффициент a для мидий различных районов меняется от -8,5 до -11,3.

Рассчитанные нами различные характеристики продукции мидии весьма изменчивы (табл.). Так, общая продукция мидий (P) на различных станциях северо-западного шельфа изменяется от 72,8 до 4872,9 г·м⁻²·год⁻¹. Наивысшие ее значения характерны, как правило, для поселений мидий с высокой долей молодых моллюсков (Одесский залив, Шаганская банка, устье Дуная).

Таблица Продукционные характеристики мидий северо-западного шельфа Черного моря на основе их общей массы (P), массы створок (P_s), сухих (P_d) и обеззоленных тканей (P_{AFDM})
Table Production characteristics of mussels from the northwestern Black Sea estimated by total mass (P), shell mass (P_s), dry tissue mass (P_d) and ash free dry mass (P_{AFDM})

| № станции | Коеф-фициент смертности | Продукция, г·м ⁻² ·год ⁻¹ | | | | P/B-коэффициент, год ⁻¹ | Средний возраст, год | Плотность поселения, экз.·м ⁻² | Биомасса, г·м ⁻² |
|-----------|-------------------------|---|-------|------------|-------|------------------------------------|----------------------|---|-----------------------------|
| | | P | P_d | P_{AFDM} | P_s | | | | |
| 1 | 0,64 | 149,5 | 5,96 | 5,2 | 60,9 | 0,71 | 1,59 | 97 | 211,7 |
| 2 | 0,53 | 998,5 | 35,1 | 30,6 | 340,6 | 0,63 | 1,93 | 318 | 1589 |
| 3 | 0,55 | 142,6 | 7,51 | 6,5 | 50,0 | 0,69 | 1,84 | 47 | 207,0 |
| 4 | 1,75 | 556,8 | 40,1 | 34,9 | 313,4 | 2,03 | 0,71 | 943 | 274,8 |
| 5 | 1,23 | 106,5 | 9,3 | 8,1 | 98,1 | 1,39 | 0,91 | 192 | 76,4 |
| 6 | 0,86 | 125,6 | 9,0 | 7,8 | 121,2 | 0,82 | 1,22 | 224 | 153,1 |
| 6а | 3,26 | 110,1 | 9,8 | 8,5 | 104,0 | 4,05 | 0,54 | 739 | 27,2 |
| 7 | 0,85 | 2397 | 117 | 102,1 | 1150 | 0,97 | 1,24 | 1600 | 2461 |
| 8 | 0,78 | 1075 | 54,2 | 47,2 | 514,3 | 1,01 | 1,33 | 525 | 1061 |
| 8а | 0,98 | 4695 | 227 | 198 | 2219 | 1,11 | 1,1 | 2175 | 4234 |
| 9 | 1,6 | 3044 | 108 | 94,2 | 1775 | 1,64 | 0,75 | 3920 | 1860 |
| 9а | 2,30 | 2456 | 144 | 125 | 1225 | 3,20 | 0,64 | 4000 | 767,9 |
| 10 | 1,44 | 228,6 | 8,99 | 7,82 | 139,5 | 1,44 | 0,81 | 318 | 158,3 |
| 11 | 0,34 | 1981 | 118 | 102,8 | 679,2 | 0,57 | 2,86 | 670 | 3474 |
| 12 | 0,71 | 72,8 | 3,69 | 3,21 | 34,8 | 0,79 | 1,45 | 53 | 92,7 |
| 14 | 0,71 | 3135 | 190 | 165,7 | 1047 | 1,01 | 1,47 | 1496 | 3111 |
| 15 | 0,52 | 368,4 | 9,19 | 8,00 | 153,4 | 0,62 | 0,64 | 249 | 598,1 |
| 16 | 1,93 | 4873 | 192 | 166,9 | 2250 | 2,31 | 0,67 | 6337 | 2109 |
| 17 | 1,13 | 513,9 | 19,1 | 16,6 | 238,6 | 1,44 | 0,97 | 465 | 356,9 |
| 18 | 2,97 | 359,5 | 27,9 | 24,3 | 350,6 | 3,92 | 0,55 | 1800 | 91,7 |
| 19 | 3,93 | 706,8 | 69,6 | 60,6 | 259,8 | 4,75 | 0,52 | 3,06 | 148,6 |
| 20 | 2,73 | 80,6 | 7,54 | 6,56 | 73,3 | 3,93 | 0,57 | 230 | 20,5 |
| 21 | 0,48 | 1811 | 79,9 | 69,5 | 1180 | 0,54 | 2,10 | 340 | 3345 |
| 23 | 0,38 | 940,6 | 29,7 | 25,8 | 435,8 | 0,54 | 2,61 | 0,60 | 1727 |
| 24 | 0,69 | 746,3 | 30,2 | 24,2 | 279,4 | 0,79 | 1,45 | 424 | 944,3 |
| 25 | 3,92 | 124,1 | 10,9 | 9,50 | 115,9 | 5,93 | 0,52 | 253 | 20,93 |
| 26 | 1,74 | 220,1 | 12,4 | 10,7 | 105,0 | 1,75 | 0,71 | 1,5 | 125,5 |
| 27 | 0,33 | 1342 | 38,6 | 33,6 | 1177 | 0,44 | 2,97 | 428 | 3029 |
| 28 | 0,95 | 94,38 | 2,60 | 2,26 | 40,97 | 1,42 | 1,05 | 78 | 66,4 |
| 29 | 0,83 | 127,6 | 3,71 | 3,23 | 57,11 | 0,92 | 1,25 | 0,93 | 138,5 |
| 30 | 1,25 | 916,7 | 82,9 | 72,2 | 351,9 | 1,33 | 0,90 | 1480 | 689,8 |
| 31 | 1,87 | 1355 | 100 | 87,1 | 1337 | 1,93 | 0,68 | 1804 | 700,6 |

Продукция по массе сухих тканей мидий (P_d) в рассматриваемом регионе колеблется от 2,6 до 227,4 г·м⁻²·год⁻¹, по сухому обеззоленному веществу (P_{AFDM}) - от 2,26 до 197,8 г·м⁻²·год⁻¹. Наивысшие значения этих показателей приходятся также на поселения, в которых высока доля молодых мидий.

Особый интерес, на наш взгляд, представляет годовая продукция карбоната кальция раковины мидий (P_s). Количественный анализ процесса образования биогенного карбоната достаточно широко используется при оценках баланса вещества и энергии [8, 10]. Тем не менее, продукция раковинного вещества мидий различных районов Черного моря, по сути, анализируется впервые, хотя доля массы створок в общей биомассе моллюска в донных поселениях довольно высока. Так, в осенний период в различных участках северо-западного шельфа Черного моря она составляет от 33 до 95 % общей биомассы мидий.

С помощью модели множественной регрессии, которая используется при анализе продуктивности беспозвоночных макробентоса Мирового океана [9], на основе полученных нами данных были выведены 4 эмпирических уравнения для мидий северо-западного шельфа Черного моря. Эти уравнения позволяют определять годовую продукцию мидий по средней массе одной особи и плотности поселения моллюска [12]. Они характеризуются высоким коэффициентом детерминации ($R^2 = 0,92 - 0,97$) и могут быть использованы при определении продукции мидий по стандартным гидробиологическим данным (биомассе и плотности).

Поскольку P/B -коэффициент в последнее время широко используется многими исследователями, применяющими метод одnorазовых выборок, для возможности сопоставления полученных данных с литературными источниками мы анализировали его более подробно.

В различных районах северо-западного шельфа значения P/B -коэффициента варьируют от 0,44 (Каркинитский залив, район Межводного) до 5,93 (Центральный район). Высокий коэффициент характерен, как правило, для поселений мидий, где средний возраст моллюсков не превышает одного года. Показатели удельной продукция часто несколько меньше P/B -коэффициента и изменяются в различных участках исследуемого региона от 0,47 до 3,06. Ее минимальное значение приходится на район Межводного (27 ст.), где отмечаются максимальный средний возраст мидий и минимальный коэффициент смертности ($t_m=2,97$; $Z=0,33$), а максимальное (3,06) - на центральный район (ст. 19), где из-за низкой выживаемости мидий ($Z=3,93$, ежегодная выживаемость составляет 2% их первоначальной численности) в результате регулярных замороз донной фауны средний возраст моллюсков менее года ($t_m=0,52$ г.).

Корреляционный анализ выявил положительную взаимосвязь P/B -коэффициента с коэффициентом смертности мидий ($r = 0,98$; $P < 0,001$) и отрицательную зависимость $\ln(P/B)$ от логарифма средней массы моллюска ($r = -0,93$, $P < 0,001$), среднего возраста ($r = -0,86$, $P < 0,001$) и средней биомассы мидий ($r = -0,58$, $P < 0,001$).

При разделении северо-западного шельфа Черного моря на четыре района, различающихся по многим факторам среды (Днепровско - Бугский, Днестровско - Дунайский, Центральный и Каркинитский), дисперсионный анализ показал высокую значимость межрайонной изменчивости P/B -коэффициента ($F = 6,49$; $P = 0,0019$). Так, P/B -коэффициент поселений мидий Центрального района в 3 - 4 раза выше, чем в остальных. Этот район характеризуется также наиболее высоким коэффициентом смертности (3,93), минимальным средним возрастом (0,5 года) и наименьшей средней массой мидий (0,06 - 0,08 г.).

Сравнительный анализ изменений значений P/B -коэффициента мидий различных районов северо-западного шельфа Черного моря за десятилетний период (1984 - 1993 г.) показал их существенное возрастание:

| | 1984 г. | 1993 г. |
|-------------------------------|---------|---------|
| Днестровская банка | 0,89 | 1,44 |
| Тендровский район | 0,64 | 0,82 |
| Каркинитский район, Межводное | 0,32 | 0,44 |

Поскольку здесь отмечается и увеличение коэффициента смертности мидий (почти в два раза за этот период), то можно говорить об имеющемся увеличении скорости оборота органического вещества на северо-западном шельфе Черного моря.

Заключение. Продукционные характеристики мидий северо-западного шельфа Черного моря существенно колеблются как в пространстве, так и во времени. Их наивысшие значения приходятся на поселения с высокой долей молодых моллюсков, которые обычно характерны для районов с высоким уровнем смертности мидий. Скорость оборота органического вещества на таких участках значительно выше, чем в районах, характеризующихся более сложной возрастной структурой, максимальной выживаемостью и наибольшей продолжительностью жизни мидий.

1. Алимов А.Ф., Макарова Г.Е., Максимович Н.В. Методы расчета продукции // Методы изучения двусторчатых моллюсков: Тр. ЗИН АН СССР. - Л., 1990. - 219. - С. 179-195.
2. Вижевский В.И. Продукция и элиминация мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) в процессе культивирования на озере Донузлав // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Научно-практические проблемы марикультуры в стране". - Владивосток, 1989. - С. 73 - 74.
3. Заика В.Е. Сравнительная продуктивность гидробионтов. - Киев, 1983. - 206 с.
4. Золотницкий А.П. Динамика численности, продукции и элиминация в популяции черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.), выращиваемой на коллекторах // Экология. - 1990. - № 5. - С. 46 - 51.
5. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. - М.: Высшая школа, 1988. - 239 с.
6. Максимович Н.В., Погребов В.Б. Анализ количественных гидробиологических материалов. - Л.: Изд. ЛГУ, 1986. - 97 с.
7. Шурова Н.М., Золотарев В.Н. Сезонные слои роста в раковинах мидии Черного моря // Биология моря. - 1988. - № 1. - С. 18 - 22.
8. Bosence D. Biogenic carbonate production in Florida Bay // Bull. Mar. Sci. - 1989. - 44, № 1. - P. 419 - 433.
9. Brey T. Estimating productivity of macrobenthic invertebrates from biomass and mean individual weight // Meeresforschung. - 1990. - 32, № 4. - P. 329 - 343.
10. Fabry V. J. Shell growth rates of pteropod and heteropod molluscs and aragonite production in the open ocean: Implications for the marine carbonate system // J. Mar. Res. - 1990. - 48, № 1. - P. 209 - 222.
11. Ssentongo G.W., Larkin P.A. Some simple methods of estimating mortality rates of exploited fish populations // J. Fish. Res. Bd Can. - 1973. - 30, № 5. - P. 695-698.
12. 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.

ОФ Института биологии южных морей НАНУ,
г. Одесса

Получено 25.12.2000

N. M. SHUROVA, S. V. STADNICHENKO

PRODUCTION CHARACTERISTICS OF MUSSELS *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* FROM THE NORTHWESTERN SHELF OF THE BLACK SEA

Summary

The production characteristics based on total mass, shell mass, dry tissue mass, and ash free dry mass were determined for the different mussel settlements of mussel *Mytilus galloprovincialis* from the northwestern Black Sea. The positive correlation P/B-coefficients with coefficients of the mussel mortality was discovered. The correlations of P/B-coefficient with average mussel mass, average age and average biomass were negative. The changes of the P/B-coefficient for mussels from different regions of the northwestern Black Sea were evaluated by analysis of variance. The highest P/B-coefficient was estimated in mussel settlements from the Central region. In this region the mussel mortality and rate of organic matter circulation are highest too.