

ФИЗИОЛОГИЯ
ЖИВОТНЫХ И ЧЕЛОВЕКА

УДК 594.124

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА МИДИЙ *Mytillus edulis*
ИЗ РАЗНЫХ РАЙОНОВ БЕЛОГО МОРЯ

© 2006 г. Н. Д. Озернюк, А. А. Зотин

Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН,
119334 Москва, ул. Вавилова, 26

E-mail: ozernyuk@mail.ru

Поступила в редакцию 20.09.2005 г.

Изучены особенности роста мидии *Mytillus edulis* из разных биотопов Кандалакшского залива Белого моря. Кривые роста раковин моллюсков аппроксимировали при помощи уравнения Берталанфи. Наиболее высокий темп роста, зависящий прежде всего от гидрологических условий, характерен для мидий из губы Чупа (тоня Левин Наволок), а наиболее низкий - из района пос. Умба Мурманской обл. (мыс Турий). Определены аллометрические зависимости размеров раковин моллюсков. При анализе соотношения максимальная ширина/выпуклость раковин от их длины установлено, что для мидий из района пос. Умба это соотношение описывается одним аллометрическим уравнением, что свидетельствует о гомогенности данной популяции. Для моллюсков из губы Чупа это соотношение не может быть описано одним уравнением, что указывает на гетерогенность популяции. Для 90% моллюсков из этого района соотношение ширины/выпуклости раковин колебалось от 0.5 до 0.9, а для 10% - от 0.9 до 1.15.

Рост, как одно из проявлений процессов развития, осуществляется в соответствии с генетической программой онтогенеза. Вместе с тем рост организма реализуется во взаимодействии со средой и поэтому внешние условия оказывают значительное влияние на темпы ростовых процессов. Для различных животных характерны два основных типа роста: асимптотический или "бесконечный" и "конечный" или "терминированный" (Гофман-Кадошников, 1975; Винберг, 1975; Мина, Клевезаль, 1976; Зотин, Зотина, 1993). Постоянное увеличение массы тела на протяжении всего онтогенеза ("бесконечный" тип роста) и увеличение массы до определенного этапа развития с последующей стабилизацией и снижением ("конечный" рост) регулируются, вероятно, разными механизмами. Водные моллюски, как известно, растут на протяжении всего онтогенеза. Особенности роста мидий, протекающего по "бесконечному" типу - предмет интереса многих исследователей, изучающих продуктивность водных экосистем, потоки энергии в популяциях, онтогенетические особенности ростовых и энергетических процессов (Алимов, Голиков, 1974; Максимович, 1978; Алимов, 1981, 2000; Sukhotin, Portner, 2001; Зотин, Озернюк, 2004а, б), а также использующих этот вид моллюсков в качестве перспективного объекта марикультуры (Садыхова, 1973; Кулаковский, Сухотин, 1986; Sukhotin, Kulakowski, 1992; Кулаковский и др., 1993; Кулаковский, 2000).

Рост мидий регулируется многими факторами. Важнейшую роль играют сильные приливно-от-

ливные течения, а также температурные условия в разных широтах. Наиболее быстрый рост этого вида моллюсков отмечен на юге Европы, в частности, на побережьях Испании (бухта Виго) и Франции (р-он Тулона) (Theisen, 1968; Lubet, 1969; Bayne, Worrall, 1980, Kautsky, 1982; Thompson, 1984).

В настоящей работе описаны особенности роста мидий в литоральной зоне различных районов Кандалакшского залива Белого моря, отличающихся гидрологическими условиями, а также проведен сравнительный анализ роста этих моллюсков на искусственных субстратах. Особое внимание уделено анализу аллометрических зависимостей роста раковин моллюсков в разных биотопах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили на мидиях *M. edulis* литоральной зоны различных районов Кандалакшского залива Белого моря. Были обследованы природные популяции мидий возле пос. Умба (Мурманская обл., Терский р-н): залив Малая Пирь-губа и м. Турий, на Беломорской биостанции МГУ (бухта Биофильтров), а также в губе Чупа (тоня Левин Наволок). Кроме того, изучали рост мидий на искусственных субстратах (коллекторах) вблизи о-ва Кастьян, в губе Чупа (бухта Круглая в районе биостанции Зоологического института РАН "Картеш"), а также у о-ва Сон-остров Лоухского р-на, Карелия.

Возраст моллюсков определяли путем подсчета количества годовых колец на раковинах. Из-

меряли длину раковин, максимальную ширину, а также выпуклость (максимальное расстояние между створками раковины). Кривые роста мидий аппроксимировали при помощи уравнения Берталанфи:

$$L = L_x(1 - e^{-ct}), \quad (1)$$

где L - длина раковины; t - возраст; L_x - предельная (асимптотическая) длина раковины; c - константа роста.

Аллометрические коэффициенты определяли по формуле:

$$Y = ax^b, \quad (2)$$

где x, y - измеренные параметры раковины, a, b - аллометрические коэффициенты.

Возможность использования аллометрического уравнения (2) определяли с помощью критерия линейности (Зотин, 2000). Линейность связи между логарифмами признаков оценивали с помощью дисперсионного анализа (по критерию Фишера F). Сравнивались корреляционное отношение и коэффициент корреляции. В случае их совпадения, гипотеза о линейности связи не отвергалась.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Темпы роста мидий в отдельных участках Кандалакшского залива существенно отличались (рис. 1). Наиболее быстрый рост характерен для моллюсков губы Чупа (тоня Левин Наволок), а наиболее медленный - для района м. Турий в окрестностях пос. Умба. Темп роста моллюсков в районе тони Левин Наволок почти в два раза выше, чем в районе м. Турий. Популяции мидий в районе пос. Умба (Малая Пирь-Губа) и Беломорской биологической станции МГУ (бухта Биофильтров) занимают промежуточное положение. Из этих данных были рассчитаны константы рос-

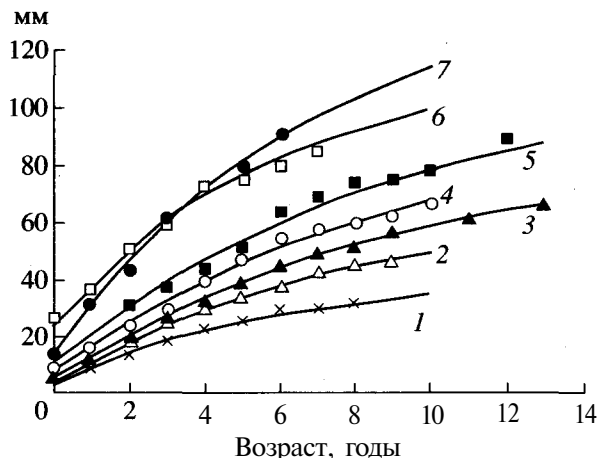


Рис. 1. Зависимость длины раковин мидий *M. edulis* от возраста в естественных биотопах: 1 - район п. Умба (м. Турий), 2 - биостанция МГУ (бухта Биофильтров), 3 - пос. Умба (Малая Пирь-губа), 4 - губа Чупа (тоня Левин Наволок) и при выращивании на искусственных субстратах: 5 - о. Кастьян, 6 - о. Соностров, 7 - губа Чупа (бухта Круглая).

та (с) и предельная длина (L_x) раковин мидий из различных биотопов (табл. 1). Наибольшая рассчитанная предельная длина раковины отмечена для мидий из района тони Левин Наволок, для которых характерен самый высокий темп роста, а наименьшая - для моллюсков из окрестностей пос. Умба (м. Турий). Наиболее низкое значение константы получено для быстрорастущих мидий.

Как уже отмечалось (Максимович, 1978; Кулаковский, Сухотин, 1986; Кулаковский, 2000; Зотин, Озернюк, 2004а), на темпы роста мидий самое существенное влияние оказывают гидрологические условия, прежде всего интенсивные приливно-отливные течения, а также температурный режим. Для самой быстрорастущей из исследованных выборок моллюсков из губы Чупа

Таблица 1. Коэффициенты уравнения роста длины раковины и константы роста для разных популяций мидий

Место обитания	Предельная длина L_x , мм	Константа роста c , год ⁻¹	T_{max}^* год	Число измерений
Природные биотопы				
пос. Умба (м. Турий)	40.9 ± 1.8	0.178 ± 0.012	9	130
Биостанция МГУ (бухта Биофильтров)	64.8 ± 4.6	0.138 ± 0.015	12	21
пос. Умба (Малая Пирь-губа)	83.3 ± 2.7	0.119 ± 0.003	13	1124
Губа Чупа (тоня Левин Наволок)	93.3 ± 15.0	0.131 ± 0.039	12	95
Искусственные субстраты				
о-в Кастьян	111.4 ± 4.2	0.112 ± 0.007	14	70
м. Картеш, бухта Круглая	95.2 ± 11.4	0.312 ± 0.093	5	44
о-в Соностров	103.0 ± 14.6	0.232 ± 0.076	7	58

Примечание. T_{max}^* - максимальный возраст моллюска в популяциях.

Таблицам. Темпы роста мидий в различных районах*

Длина раковины, см	Время достижения данного размера раковины	Место сбора, ссылки
7-8	12-15 мес	Испания, бухта Виго (Lubet, 1969)
6-7	12-15 мес	Франция, Тулон (Lubet, 1969)
6-7	2 года	Голландия (Lubet, 1969)
6-7	4-5 лет	Дания (Theisen, 1968)
6-7	8-9 лет	Белое море, Кандалакшский залив (губа Чупа (тоня Левин наволок))
6-7	11-13 лет	Белое море, Кандалакшский залив (пос. Умба)

* Зотин, Озернюк (2004а, дополнено).

(тоня Левин Наволок) характерны оптимальные для быстрого роста гидрологические условия. Место сбора мидий на Левином Наволоке - мелководный залив с быстрым приливно-отливным течением и хорошо прогреваемой водой. Напротив, медленно растущая популяция мидий у м. Турий обитает в условиях открытого берега моря, где гидрологические условия менее благоприятны для роста.

Были изучены также особенности роста мидий на искусственных субстратах. Естественно, что темп роста моллюсков на искусственных субстратах существенно выше, чем в естественных биотопах (рис. 1, табл. 1). Наиболее высокий темп роста характерен для мидий из коллектора вблизи м. Картеш (бухта Круглая), а также в районе о-ва Соностров. Здесь моллюски растут почти в два раза быстрее, чем в естественных биотопах. Очевидно, что более высокий темп роста мидий на коллекторах связан с более благоприятными гидрологическими и трофическими условиями по сравнению с естественными биотопами (Кулаковский, Сухотин, 1986; Sukhotin, Kulakowski, 1992; Кулаковский и др., 1993; Кулаковский, 2000).

Следует отметить, что темпы роста мидий в Кандалакшском заливе Белого моря чрезвычайно низкие по сравнению с другими водоемами, в частности, с атлантическим побережьем Южной Европы (Theisen, 1996; Lubet, 1969; Bayne, Worral, 1980; Kautsky, 1982; Кулаковский, Сухотин, 1996) (табл. 2). Эти различия связаны, прежде всего, с температурными условиями в разных широтах. По-видимому, локальные различия в скорости роста мидий в пределах одного водоема определяются в первую очередь гидрологическими условиями, а значительные широтные различия - температурой.

Нами были изучены также аллометрические зависимости максимальной ширины раковины от длины, а также ее выпуклости от длины (рис. 2). Степенные аллометрические коэффициенты для соотношения максимальной ширины раковины и ее длины составляли 0.905, а для соотношения выпуклости и длины - 1.070. Такие значения коэффициентов характерны для всех исследованных популяций. Следовательно, рост раковины в длину протекает быстрее, чем в ширину. Не было обнаружено также межпопуляционных различий значений коэффициента a для зависимости ширины раковины от длины. Этот коэффициент в среднем равен 0.743 ± 0.003 ($n = 432$).

Важную информацию об особенностях роста мидий дает соотношение максимальная ширина/выпуклость раковин к ее длине. При его анализе были получены достаточно неожиданные результаты. Для мидий в районе пос. Умба (Малая Пирь-губа), а также из коллекторов у о-ва Соностров это соотношение описывается одним аллометрическим уравнением, что свидетельствует о гомогенности этих популяций. Вместе с тем, для популяций из губы Чупа (тоня Левин Наволок, коллектор в бухте Круглая) данное соотношение не может быть описано одним аллометрическим уравнением (с достоверностью $p < 0.001$), что указывает на гетерогенность данных популяций (рис. 3). При изучении структуры выборки оказалось, что если для 90% раковин моллюсков из района тони Левин Наволок это соотношение ко-

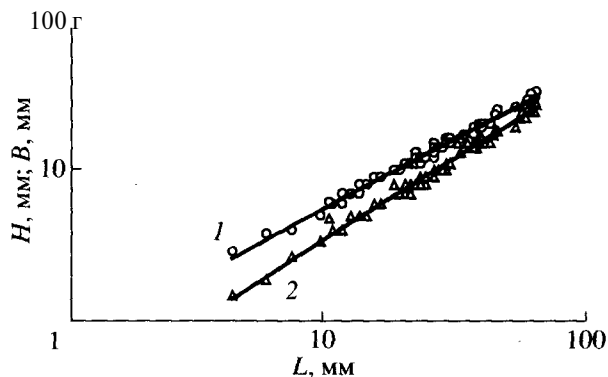


Рис. 2. Аллометрические зависимости: (1) максимальной ширины раковины (Я) от длины (L) и (2) выпуклости (B) от длины (L) для моллюсков из тони Левин Наволок.

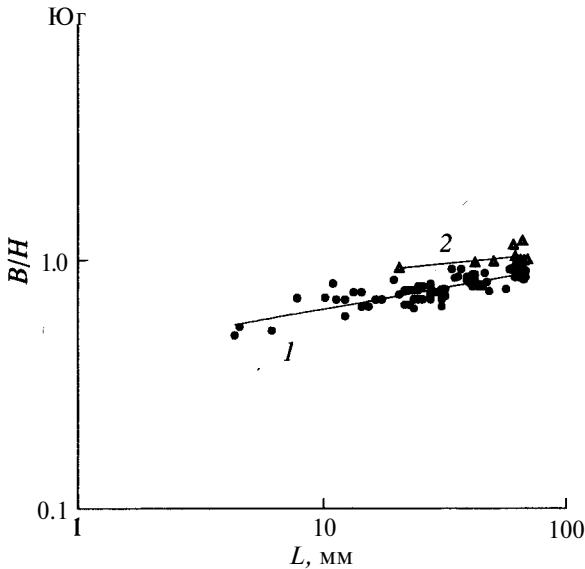


Рис. 3. Аллометрические зависимости соотношения выпуклость (В)/максимальная ширина раковины (Н) от длины (L) для моллюсков из тони Левин Наволок. 1 - зависимость для основной части выборки (90%); 2 - зависимость для маргинальной части выборки (10%).

лебалось от 0.5 до 0.9, то для 10% - от 0.9 до 1.15. Уравнение аллометрии для основной части выборки имеет вид:

$$B/Y = 0.414 \pm 0.003L^{0.72 \pm 0.013} \quad (n = 98),$$

где *B* - выпуклость, *H* - максимальная ширина, *L* - длина раковины.

Для 10% раковин, имеющих форму, близкую к цилиндрической, это уравнение имело другие коэффициенты:

$$B/H = 0.669 \pm 0.014L^{0.97 \pm 0.063} \quad (n = 11).$$

Следует отметить, что если эту небольшую группу раковин изъять из выборки, данная зависимость описывается одним аллометрическим уравнением, т.е. популяция становится гомогенной. При этом коэффициенты зависимости выпуклости раковин от ширины не отличаются от полученных для моллюсков из других биотопов. Коэффициенты зависимости выпуклости от длины в этом случае достоверно не отличаются от соответствующих коэффициентов, полученных для других популяций. Для всех популяций эта зависимость имеет вид:

$$B = 0.305 \pm 0.002L^{1.059 \pm 0.006} \quad (n = 417).$$

Таким образом, изучение роста мидий в Кандалакском заливе Белого моря показало, что в пределах отдельных ареалов (губа Чупа) высокие темпы роста моллюсков сочетались с гетерогенностью популяции. Предстоит выяснить, взаимо-

связаны ли эти процессы и чем обусловлена гетерогенность популяции мидий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков // Тр. ЗИН АН СССР. Т. 36. Л.: Наука, 1981. 248 с.

Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. 147 с.

Алимов А.Ф., Голиков А.Н. Некоторые закономерности соотношения между размерами и весом у моллюсков // Зоол. журн. 1974. Т. 53. № 4. С. 517-530.

Винберг Г.Г. Взаимозависимость роста и энергетического обмена у пойкилотермных животных // Количественные аспекты роста организмов / Под. ред. Зотина А.И. М.: Наука, 1975. С. 7-24.

Гофман-Кадошиников П.Б. Молекулярно-генетическая теория программирования роста и ее значение как метода исследования проблем роста // Количественные аспекты роста организмов. М.: Наука, 1975. С. 189-205.

Зотин А.А. Статистическая оценка параметров аллометрических уравнений // Изв. РАН. Сер. биол. 2000. № 5. С. 517-524.

Зотин А.И., Зотина Р.С. Феноменологическая теория развития роста и старения организма. М.: Наука, 1993. 364 с.

Зотин А.А., Озернюк Н.Д. Особенности роста Мидии обыкновенной *Mytilus edulis* Белого моря // Изв. РАН. Сер. биол. 2004а. № 4. С. 1-6.

Зотин А.А., Озернюк Н.Д. Возрастные изменения потребления кислорода мидией обыкновенной *Mytilus edulis* Белого моря // Изв. РАН. Сер. биол. 2004б. № 5. С. 1-6.

Кулаковский Э.Е. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море // Исследования фауны морей. Вып. 50(58). СПб.: Наука, 2000. 168 с.

Кулаковский Э.Е., Сухотин А.А. Рост мидии обыкновенной в Белом море в естественных условиях и в условиях марикультуры // Экология. 1986. № 2. С. 35-43.

Кулаковский Э.Е., Сухотин А.А., Халаман В.В. Формирование поселений беломорских мидий в условиях марикультуры в разных районах губы Чупа (Кандалакшский залив) // Исследования по марикультуре мидий. Тр. ЗИН РАН. Т. 253. СПб., 1993. С. 24-41.

Максимович Н.В. Особенности распространения, рост и продукционные свойства популяций некоторых *Mytilidae* Белого моря // Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов. Л.: Наука, 1978. С. 105-107.

Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. М.: Наука, 1976. 291 с.

Садыхова И.А. Разведение и некоторые черты биологии двустворчатых моллюсков // Итоги науки и техники. Зоология беспозвоночных. Т. 2. М.: ВИНТИ, 1973. С. 126-132.

- Bayne B.L., Worrall O.M. Growth and production of mussels *Mytilus edulis* from two populations // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1980. V. 3. № 4. P. 317-328.
- Kautsky N. Growth and size structure in a baltic *Mytilus edulis* population // Mar. Biol. 1982. V. 68. № 2. P. 117-153.
- г у о д - и . и • • - А и // и о у л *
- Lubet P. Biologie et exploitation des moules // La Pêche Maritime. 1969. V. 110. № 9. P. 947-995.
- Sukhotin A.A., Kulakowski E.E. Growth and population dynamics in mussels (*Mytilus edulis* L.) cultured in the White Sea // Aquaculture. 1992. V. 101. P. 59-73.
- Sukhotin A.A., Portner H. Age-dependence of metabolism in mussels *Mytilus edulis* (L.) from the White Sea // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2001. V. 257. P. 53-72.
- “Theis ТМ” “fflf” “TM*” and mortality of culture mussels in the Danish Waden Sea // Med. fra Danmarks Fiskerog Havbund. 1968. V. 6. № 3. P. 47-76.
- Thompson R.J. Production, reproductive effort, reproductive value and reproductive cost in a population of a blue mussel *Mytilus edulis* from a subarctic environment // Mar. Ecol. Progr. Ser. 1984. V. 16. № 3. P. 249-257.

Comparative Analysis of Growth of Edible Mussel *Mytilus edulis* from Different White Sea Regions

N. D. Ozernyuk and A. A. Zotin

Kol'tsov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences,
ul. Vavilova 26, Moscow, 119334 Russia
e-mail: ozernyuk@mail.ru

Abstract—Growth properties were studied in edible mussel *Mytilus edulis* from different biotopes of the Kandalaksha Bay in the White Sea. Growth curves of the mussel shell were approximated by the von Bertalanffy equation. The highest growth rate, primarily dependent on hydrological conditions, was observed in mussels from the Chupa Bay (Levin Navolok fishery), while the lowest rate was observed in mussels from the Umba region (Turii Cape, Murmansk Region). Allometric relationships of the mussel shell were determined. Analysis of the relationship between the maximum width/convexity and their length demonstrated that this relationship is described by a single allometric equation for mussels from the Umba region, which indicates the homogeneity of this population. For mussels from the Chupa Bay, this relationship cannot be described by a single equation, which points to the population heterogeneity. For 90% mussels from this region, the shell width/convexity ratio ranged from 0.5 to 0.9; while for the remaining 10%, it ranged from 0.9 to 1.15.

<T