

ОСОБЕННОСТИ РОСТА МИДИИ ОБЫКНОВЕННОЙ *Mytilus edulis* БЕЛОГО МОРЯ

© 2004 г. А. А. Зотин, Н. Д. Озернюк

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

E-mail: aazotin@mail.ru

Поступила в редакцию 20.11.2003 г.

Проведено исследование роста беломорских мидий *Mytilus edulis* по следующим параметрам: длина раковины, общая масса, масса мягких тканей, масса раковины. Определены коэффициенты аллометрических соотношений между параметрами. Изменение параметров с возрастом аппроксимировано уравнением Бергаланфи. Максимальный возраст моллюсков исследованной популяции равен 13 лет (максимальный размер раковины 66.2 мм). Литоральные мидии в районе пос. Умба (северная часть Кандакшского залива) растут быстрее по сравнению с изученными другими авторами беломорскими литоральными популяциями (губа Чупа).

Изучение закономерностей роста моллюсков представляет существенный интерес для анализа их продукционных возможностей, возрастных особенностей энергетического обмена, а также потоков энергии через популяции (Алимов, Голиков, 1974; Максимович, 1978; Алимов, 1981; Кулаковский, Сухотин, 1986; Кулаковский, 2000). Двустворчатые моллюски семейства *Mytilidae*, к которым принадлежит мидия обыкновенная *Mytilus edulis*, распространены преимущественно в мелководных районах многих морей. *M. edulis* — широко распространенный амфибореальный вид. Данный вид мидий, обитающий в Белом море, находится у северной границы ареала и поэтому изучение особенностей его роста важно для анализа влияния климатических условий на этот процесс. Сравнительный анализ роста *M. edulis* в условиях Балтийского моря (побережье Швеции) (Kautsky, 1982), побережья Дании (Theisen, 1968), южного побережья Великобритании (Bayne, Worrell, 1980), у берегов Испании (бухта Виго) (Lubet, 1969), атлантического побережья Канады (район Ньюфаундленда) (Thompson, 1984) дает представление об особенностях данного процесса. Следует отметить, что основным климатическим фактором, влияющим на рост мидий, является температура. Кроме того, существенное влияние на процессы роста оказывает место обитания этих моллюсков: различные области литорали, сублитораль, эстуарная зона и т.п. (Кулаковский, Сухотин, 1986; Кулаковский, 2000).

Дополнительный интерес к изучению роста мидий связан также с их использованием в качестве перспективного объекта марикультуры (Садыхова, 1973; Кулаковский, Кунин, 1983; Кулаковский, Сухотин, 1986; Кулаковский, 2000). Известно, что темпы роста этих моллюсков на

искусственных субстратах и в естественных условиях отличаются, и изучение роста в этих случаях позволяют глубже понять закономерности данного процесса.

В настоящей работе представлены данные об особенностях роста мидии *M. edulis* из Кандакшского залива Белого моря и проведено сравнение темпов роста этого вида из различных водоемов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Мидий *M. edulis* L. (*Bivalvia*, *Mytilidae*) собирали на литоральной зоне Белого моря в пределах пос. Умба (Мурманская обл., Терский р-н). Измеряли следующие параметры роста: длину (максимальный размер) раковины, общую массу моллюска, массу мягких тканей, массу раковины. Соотношения между измеренными параметрами аппроксимировали аллометрическим (степенным) уравнением:

$$Y = aX^k, \quad (1)$$

где Y , X — параметры роста, a , k — коэффициенты.

Статистическую обработку полученных данных проводили по методике, описанной ранее (Зотин, 2000).

Возраст мидий определяли путем подсчета количества годовых колец на поверхности раковины. Кривые линейного роста моллюсков аппроксимировали уравнением Бергаланфи вида:

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-ct}), \quad (2)$$

где L_t — длина животного ко времени t , L_{∞} — предельная длина (асимптота кривой роста), c — константа роста.

Таблица 1. Значения коэффициентов аллометрических зависимостей (1) между различными параметрами роста мидий. L – длина раковины (мм), $M_{\text{общ}}$ – общая масса (г), $M_{\text{мт}}$ – масса мягких тканей (г), M_p – масса раковины (г), n – число измерений

Зависимость	a	k	n
$M_{\text{мт}}(M_{\text{общ}})$	0.219 ± 0.005	1.042 ± 0.017	69
$M_p(M_{\text{общ}})$	0.297 ± 0.005	0.986 ± 0.012	69
$M_{\text{общ}}(L)$	$8.50 \times 10^{-5} \pm 0.06 \times 10^{-5}$	3.019 ± 0.014	294
$M_{\text{мт}}(L)$	$1.16 \times 10^{-5} \pm 0.04 \times 10^{-5}$	3.167 ± 0.074	69
$M_p(L)$	$2.60 \times 10^{-5} \pm 0.06 \times 10^{-5}$	3.004 ± 0.055	69

Таблица 2. Среднее значение длины раковины (L), общей массы ($M_{\text{общ}}$), массы мягких тканей ($M_{\text{мт}}$) и массы раковины (M_p) для мидий разных возрастов (T). n – число измерений

T , год	L , мм	$M_{\text{общ}}$, г	$M_{\text{мт}}$, г	M_p , г
0+	5.6 ± 0.1 ($n = 183$)	0.03 ± 0.005 ($n = 15$)	–	–
1+	12.0 ± 0.1 ($n = 425$)	0.18 ± 0.01 ($n = 65$)	0.05 ± 0.01 ($n = 6$)	0.07 ± 0.01 ($n = 6$)
2+	20.1 ± 0.1 ($n = 258$)	0.81 ± 0.03 ($n = 59$)	0.18 ± 0.02 ($n = 15$)	0.23 ± 0.02 ($n = 15$)
3+	26.7 ± 0.1 ($n = 157$)	1.80 ± 0.04 ($n = 71$)	0.44 ± 0.03 ($n = 7$)	0.51 ± 0.05 ($n = 7$)
4+	32.9 ± 0.2 ($n = 53$)	3.27 ± 0.09 ($n = 40$)	0.97 ± 0.08 ($n = 8$)	1.09 ± 0.08 ($n = 8$)
5+	38.4 ± 0.3 ($n = 21$)	5.35 ± 0.19 ($n = 21$)	1.55 ± 0.11 ($n = 9$)	1.77 ± 0.11 ($n = 9$)
6+	44.3 ± 0.6 ($n = 6$)	8.26 ± 0.37 ($n = 6$)	2.26 ± 0.26 ($n = 4$)	2.64 ± 0.09 ($n = 4$)
7+	49.2 ± 0.4 ($n = 7$)	10.72 ± 0.56 ($n = 7$)	2.25 ± 0.19 ($n = 7$)	3.13 ± 0.23 ($n = 7$)
8+	51.8 ± 0.3 ($n = 10$)	12.45 ± 0.53 ($n = 10$)	2.91 ± 0.18 ($n = 10$)	3.86 ± 0.26 ($n = 10$)
9+	56.4 ($n = 1$)	14.08 ($n = 1$)	3.53 ($n = 1$)	3.97 ($n = 1$)
11+	61.5 ($n = 2$)	19.36 ($n = 1$)	2.90 ($n = 1$)	3.27 ($n = 1$)
13+	66.2 ($n = 1$)	–	–	–

Изменения массы с возрастом описывали уравнением Бергаланфи вида:

$$M_t = M_{\infty}(1 - e^{-ct})^k, \quad (3)$$

где M_t – масса животного ко времени t , M_{∞} – предельная величина массы (асимптота кривой роста), c – константа роста (см. уравнение (2)), k – степенной коэффициент зависимости массы от длины (1).

Для определения возрастной структуры исследуемой популяции отдельно случайным образом собрали 835 экземпляров, у которых определили возраст и измерили длину раковины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Взаимосвязь между параметрами роста мидий хорошо аппроксимируется степенными (аллометрическими) уравнениями (1) (рис. 1). Конкретные значения аллометрических коэффициентов приведены в табл. 1. Обращает на себя внимание, что степенной коэффициент k зависимостей между параметрами массы достоверно не отличается от 1. Таким образом, можно считать, что отношение массы раковины и массы мягких тканей к общей

массе моллюсков не зависит от возраста животных и составляет приблизительно: $M_{\text{мт}}/M_{\text{общ}} \approx 22\%$; $M_p/M_{\text{общ}} \approx 30\%$. Сходное значение соотношения $M_{\text{мт}}/M_{\text{общ}} \approx 22.6\%$ для беломорских мидий было получено Кулаковским и Сухотиным (1986).

Степенной коэффициент зависимости параметров массы от длины раковины близок к 3. Подобная зависимость массы от длины мидий характерна не только для мидий (Кулаковский, Сухотин, 1986), но и для большинства видов двустворчатых моллюсков (Алимов, Голиков, 1974; Алимов, 1981; Зотин, Владимирова, 2001).

Полученные нами данные для беломорских мидий (табл. 1) согласуются с результатами других авторов (Алимов, Голиков, 1974; Кулаковский, Сухотин, 1986).

Средние значения измеренных параметров для мидий разных возрастов приведены в табл. 2. Следует отметить, что значения длины раковины и общей массы для возраста 0+, по-видимому, несколько завышены из-за трудности обнаружения наиболее мелких моллюсков этого возраста размером менее 50 мм. Поэтому при аппроксимации роста мидий уравнением Бергаланфи мы не учи-

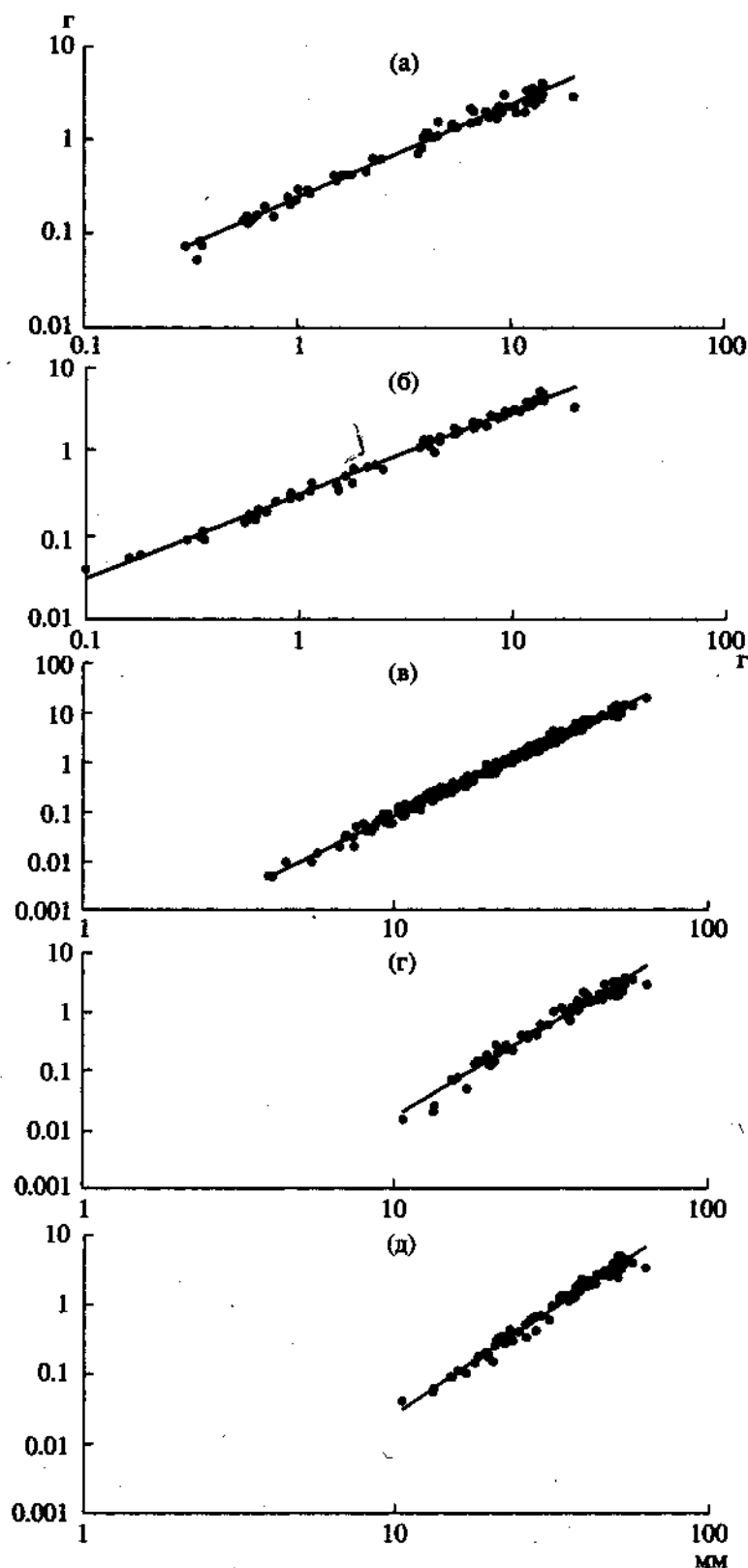


Рис. 1. Аллометрическая зависимость между параметрами роста беломорской мидии *M. edulis*. а: по оси абсцисс – общая масса (г), по оси ординат – масса мягких тканей (г); б: по оси абсцисс – общая масса (г), по оси ординат – масса раковины (г); в: по оси абсцисс – длина раковины (мм), по оси ординат – общая масса (г); г: по оси абсцисс – длина раковины (мм), по оси ординат – масса мягких тканей (г); д: по оси абсцисс – длина раковины (мм), по оси ординат – масса раковины (г). Линии – аппроксимация аллометрическим уравнением (1).

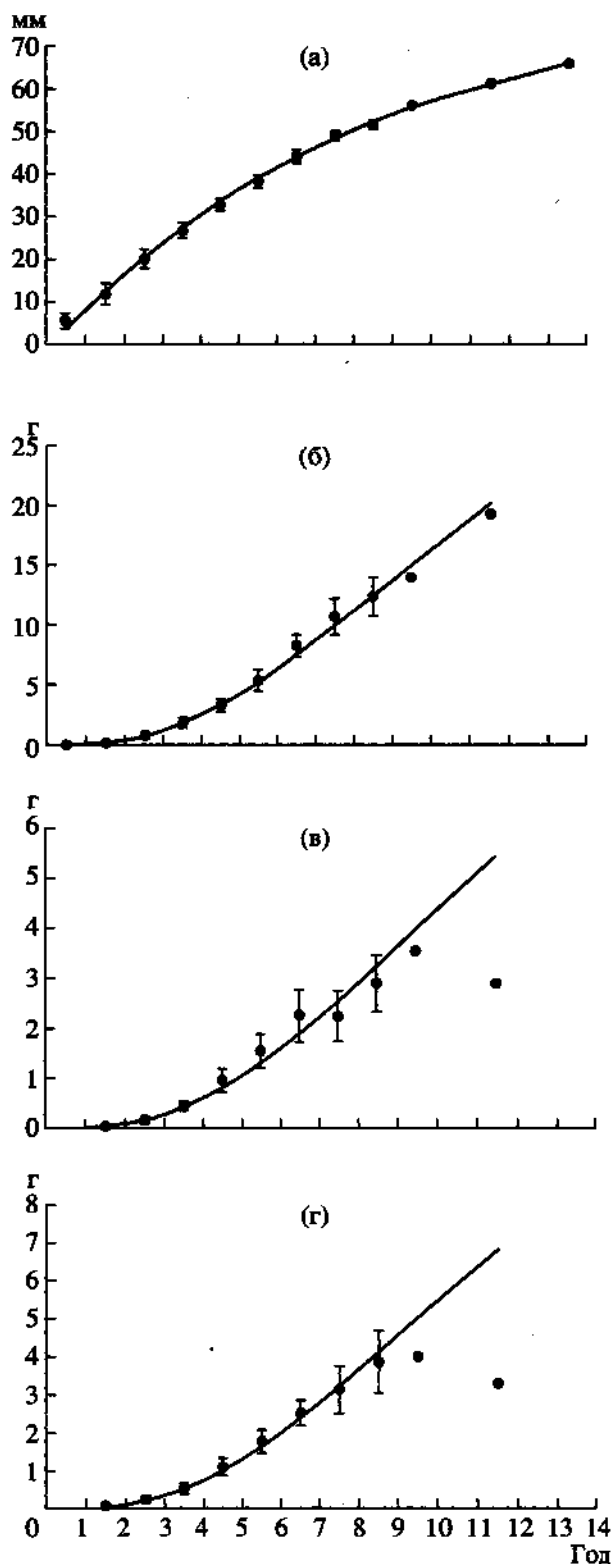


Рис. 2. Изменение параметров беломорской мидии *M. edulis* в зависимости от возраста. По оси абсцисс – возраст (год), по оси ординат: а – длина раковины (мм), б – общая масса (г), в – масса мягких тканей (г), г – масса раковины (г). Линии – аппроксимация уравнениями Берталланфи (4, 5).

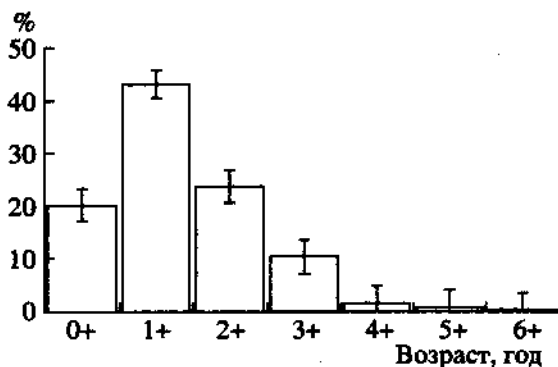


Рис. 3. Возрастная структура популяции беломорской мидии *M. edulis*.

тывали данные, полученные для моллюсков этого возраста.

Рост линейных размеров мидий может быть аппроксимирован уравнением Берталланфи (2) (рис. 2А) с коэффициентами:

$$L_t = 83.3 (1 - e^{-0.119t}) \quad (n = 1124), \quad (4)$$

L_t – длина моллюска (мм) в возрасте t (год), n – число измерений.

Рост массы может быть описан уравнениями Берталланфи (3) (рис. 2Б, В, Г) с коэффициентами:

$$M_{\text{общ}} = 41.74(1 - e^{-0.119t})^{3.019} \quad (n = 294);$$

$$M_{\text{мт}} = 6.90(1 - e^{-0.119t})^{3.167} \quad (n = 69); \quad (5)$$

$$M_p = 17.34(1 - e^{-0.119t})^{3.004} \quad (n = 69),$$

$M_{\text{общ}}$ – общая масса (г), $M_{\text{мт}}$ – масса мягких тканей (г), M_p – масса раковины моллюсков (г) возраста t (год), n – число измерений.

Следует отметить, что исследованные нами литоральные мидии растут существенно быстрее, чем это было показано Кулаковским и Сухотиным (1986) для других беломорских литоральных популяций (губа Чупа), и по параметрам роста приближаются к моллюскам, обитающим в сублиторальной зоне. Это свидетельствует о благоприятных условиях обитания исследованной популяции. Действительно, основные поселения мидий в районе пос. Умба расположены в узкой, хорошо прогреваемой части залива с сильными приливно-отливными течениями. Такие условия считаются близкими к оптимальным для роста *M. edulis* (Кулаковский, 2000).

При рассмотрении кинетики роста мидий (рис. 2) обращает на себя внимание, что для моллюсков старших возрастов (более 8 лет) значения массы мягких тканей и массы раковины существенно ниже ожидаемых по уравнению Берталланфи (рис. 2В, Г). Это позволяет предположить, что в случае массы мягких тканей и массы раковины наблюдается так называемый “конечный” тип роста с выходом на постоянные и даже снижающиеся с возрастом

Таблица 3. Темпы роста *M. edulis* в различных районах

Длина раковины, см	Время достижения данного размера раковины	Место	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	11–13 лет	Белое море, Кандалакшский залив	Авторы

значения. В то же время рост общей массы и длины раковины идет с постоянным увеличением этих параметров (рис. 2А, Б). Конечно, подтверждение подобного предположения, основанного всего на двух измерениях, требует проведения дополнительных измерений параметров роста наиболее старых мидий.

Несмотря на высокую плотность поселения моллюсков в исследованной популяции (до 20000 экз/м²), мидии старших возрастов встречаются крайне редко. На рис. 3 представлена возрастная структура исследованной популяции, основанная на случайной выборке (835 экз.). Следует отметить, что, доля моллюсков возраста 0+ занижена вследствие трудностей обнаружения моллюсков этого возраста, связанных с их небольшими размерами (менее 8 мм). С увеличением возраста мидий, начиная с возраста 1+, наблюдается постоянное уменьшение доли моллюсков в выборке в среднем на 65% ежегодно. Элиминация моллюсков старших возрастов из популяции, по-видимому, связана как с гибелью животных из-за механических воздействий и пресса хищников, так и с миграцией взрослых мидий в зону сублиторали (Кулаковский, 2000). В выборку попал только 1 моллюск возраста 6+. Только при специальном поиске были обнаружены более старые животные. Максимальный возраст живой мидии, которую удалось найти, составил 11 лет (длина раковины – 62.5 мм).

Кроме того, была найдена раковина погибшей мидии возраста 13 лет и длиной раковины 66.2 мм. Эти значения возраста и длины, по-видимому, следует считать близкими к максимальным для исследованной популяции. Действительно, по расчетам Алимова (1981) для двустворчатых моллюсков максимальным следует считать возраст, когда отношение длины раковины (L_t) к предельной длине (L_{∞}) равно приблизительно 0.8. Принимая эту величину в качестве показателя максимального возраста изученной популяции, получаем, с учетом уравнения (4), следующие значения:

$$L_{\max} = 0.8 \times 83.3 \approx 66.6 \text{ мм};$$

$$t_{\max} \approx -1/0.119 \ln(1-0.8) \approx 13.5 \text{ лет}.$$

Известно, что темпы роста мидий в различных географических широтах значительно варьируют (Theisen, 1968; Lubet, 1969). Наиболее высокий темп роста мидии обыкновенной характерен для атлантического побережья Испании (бухта Виго). Темпы роста мидий Белого моря по данным Кулаковского и Сухотина (1986), а также по результатам настоящей работы существенно ниже (табл. 3).

При сравнении кривых роста мидий Белого моря южной части Кандалакшского залива (губа Чупа) (Кулаковский, Сухотин, 1986; Кулаковский, 2000) и северной части этого залива (район пос. Умба) (данная работа, рис. 2) оказалось, что темп роста северной популяции мидий выше по сравнению с моллюсками литоральной зоны южной популяции. Можно предполагать, что различия темпов роста мидий связаны со специфическими микроусловиями в каждом из этих биотопов: скорость приливно-отливных течений, температура, содержание кислорода, обеспеченность пищей и т.п. Содержание кислорода в Кандалакшском заливе Белого моря в течение года составляет около 100% нормального насыщения (Кузнецов, 1960) и поэтому не может играть роль лимитирующего фактора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков // Труды ЗИН АН СССР. Л.: Наука, 1981. Т. 96. 248 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.
- Зотин А.А. Статистическая оценка параметров аллометрических уравнений // Изв. АН. Сер. биол. 2000. № 5. С. 517–524.
- Зотин А.А., Владимиров И.Г. Интенсивность дыхания и видовая продолжительность жизни пресноводных двустворчатых моллюсков семейств Margaritiferidae и Unionidae // Изв. АН. Сер. биол. 2001. № 3. С. 331–338.
- Кузнецов В.В. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 322 с.

- Кулаковский Э.Е. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море // Сер. Исследования фауны морей. 2000. Вып. 50(58). СПб: Наука, 168 с.
- Кулаковский Э.Е., Кунин Б.Л. Теоретические основы культивирования мидий в Белом море. Л.: Наука, 1983. 36 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.
- Максимович Н.В. Особенности распространения, рост и продукционные свойства популяций некоторых Мutilus Белого моря // Закономерности распределения и экология прибрежных биоценозов. Л.: Наука, 1978. С. 105–107.
- Садыгова И.А. Разведение и некоторые черты биологии двусторчатых моллюсков // Итоги науки и

- техники. Зоология беспозвоночных. Т. 2. Промысловые моллюски. М.: ВИНТИ, 1973. С. 102–154.
- 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. 117–133.
- Lubet P. Biologie et exploitation des moules // La Pêche Maritime. 1969. V. 110. № 9. P. 947–995.
- Theisen B.F. Growth and mortality of culture mussels in the Danish Wadden Sea // Med. fra Danmarks Fiskeriog Havund. 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.

Growth Characteristics of the Common Mussel *Mytilus edulis* from the White Sea

A. A. Zotin and N. D. Ozernyuk

Kol'tsov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences, ul. Vavilova 26, Moscow, 117808 Russia
e-mail: aazotin@mail.ru

Abstract—We studied the following growth indices of the White Sea mussels *Mytilus edulis*: shell length, total weight, soft tissue weight, and shell weight. The coefficients of allometric relationships between the indices were determined. Age-related changes in the indices could be approximated by the Bertalanffy equation. The maximum age of mollusks in the studied population equaled 13 years (with the maximum shell length of 66.2 mm). Growth rate of littoral mussels in the region of Umba Settlement (Northern Kandalaksha Bay) was lower as compared to those published for other littoral White Sea populations (Chupa Bay).