

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ РОСТ *PLANORBARIUS CORNEUS* (PLANORBIDAE,
GASTROPODA) В ПОСТЛИЧИНОЧНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

© 2018 г. А. А. Зотин*

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

*E-mail: zotin@idbras.ru

Поступила в редакцию 23.08.18 г.

Проведено исследование индивидуального роста 15 особей роговой катушки *Planorbarius corneus* в аквакультуре при 20°C, начиная с 2 нед. после вылупления вплоть до гибели животных. Показано, что масса моллюсков возрастает на протяжении всего исследованного периода по кривой S-образного типа. Линейный рост (диаметр раковины) идет по параболической (выпуклой) кривой. Как весовой, так и линейный рост на указанном диапазоне возрастов хорошо аппроксимируются уравнением Берталанфи, а взаимозависимость между массой и диаметром раковины – аллометрическим уравнением. Величина коэффициентов уравнений Берталанфи у разных особей различна. Средние значения константы роста этих уравнений для весового и линейного роста не различаются. Их величина составляет 0.041 ± 0.004 нед⁻¹. Видовая продолжительность жизни, которая определяется произведением константы роста на максимальную продолжительность жизни, равна ≈ 4.5 .

Ключевые слова: рост, брюхоногие моллюски, Gastropoda, *Planorbarius corneus*, видовая продолжительность жизни

DOI: 10.1134/S0475145018090021

ВВЕДЕНИЕ

В большинстве работ, посвященных исследованию роста, по существу изучают зависимость массы от возраста для группы животных (Thompson, 1942; Винберг, 1975; Зотин, Зотина, 1993). Однако, как справедливо замечают Мина и Клевезаль (1976), получаемые при этом усредненные (групповые) данные, с одной стороны, “маскируют” особенности индивидуального роста, с другой стороны, могут приводить к артефактным результатам (например, в случае селективного отбора животных в зависимости от их размера).

Исследование роста отдельных особей проводят относительно редко (Brody, 1945; Frank, 1969; Phillips, 1981; Cledón et al., 2005; Зотин, 2009абв; Goffredo et al., 2010). Подобная работа требует либо маркировки животных, либо их раздельного содержания. В связи с длительностью получения данных (особенно у долгоживущих видов) приходится ограничиваться каким-либо этапом онтогенеза (обычно периодом увеличения массы).

Это создает определенные трудности для количественного описания роста с помощью тех или иных уравнений. Для моллюсков в большин-

стве случаев используют уравнение Берталанфи (Bertalanffy, 1960):

$$Y_t = Y_\infty(1 - \exp(-kt))^u, \quad (1)$$

где Y_t – параметр роста (масса тела или линейные размеры) в возрасте t ; Y_∞ – предельное значение параметра роста; k – константа роста; u – степенной коэффициент.

Использование коэффициентов уравнения (1) позволяет проводить сравнительные внутрипопуляционные, межпопуляционные и межвидовые исследования роста животных.

Было показано, что константа роста находится в обратной зависимости от максимальной продолжительности жизни животных T_{\max} (Вауер, 1992). Об этом также свидетельствуют данные Алимова (1981), согласно которым для двустворчатых моллюсков соотношение максимального Y_{\max} и предельного размера Y_∞ приблизительно постоянно. Соответственно из уравнения (1) следует, что постоянным будет и произведение kT_{\max} . Это произведение можно назвать видовой продолжительностью жизни.

Цель данной работы – определение коэффициентов уравнения Бергаланфи (1) для индивидуального роста и видовой продолжительностью жизни пресноводного брюхоногого моллюска *Planorbarius corneus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Моллюсков *P. corneus* L. (Gastropoda, Planorbidae) получали путем разведения в лабораторных условиях. Вылупившихся моллюсков содержали в отстоянной (не менее 2 сут.) водопроводной воде при постоянной температуре 20°C поодиночке в пластиковых стаканах объемом 50 мл. Воду и корм меняли 2 раза в неделю. В качестве корма использовали лист одуванчика (*Taraxacum officinale* Wigg).

Всего исследовано 15 животных. Общую массу тела моллюсков определяли на весах Scout Pro (Швейцария) с точностью 1 мг, начиная с 2 нед. после вылупления вплоть до естественной гибели животных с интервалом 0.5 нед. Максимальный диаметр раковины измеряли с помощью штангенциркуля с точностью 0.1 мм.

Полученные данные аппроксимировали уравнением (1) с помощью программы Matlab (версия 7.3.0.267), разработанной компанией The MathWorks, Inc (США).

Данные аппроксимировали также рекуррентной формой уравнения (1),

$$Y_{t+m}^{1/u} = c^{1/m} Y_t^{1/u} + d, \quad (2)$$

где Y_t – масса тела или диаметр раковины моллюска в возрасте t ; Y_{t+m} – масса тела или диаметр раковины в возрасте $t + m$; $m = 0.5$ нед. – промежуток времени между измерениями.

Коэффициент c определяет скорость замедления роста и связан с константой роста уравнения (1) зависимостью $c = \exp(-k)$. Коэффициент d определяет начальную скорость роста и связан с коэффициентами уравнения (1) зависимостью $d = M_{\infty}^{1/u} (1 - c^{1/m})$.

В случае измерения массы тела степенной коэффициент u считали равным 3. Обоснование выбора такого значения коэффициента приведено в предыдущей работе (Zotin, 2015).

Видовую продолжительность жизни kT_{\max} вычисляли, используя среднее значение констант роста k и максимальное значение продолжительности жизни у исследованных моллюсков.

В случае измерения диаметра раковины для определения коэффициента u определяли коэф-

фициенты аллометрической зависимости диаметра раковины (D) от массы тела (M):

$$D = aM^b. \quad (3)$$

Для этого измеряли D и M у 146 моллюсков на разных стадиях онтогенеза (всего 7805 измерений), и полученные данные аппроксимировали уравнением (3). Таким образом, для диаметра раковины $u = 3b$.

Уравнение (2) по существу представляет собой уравнение линейной регрессии и, следовательно, в этом случае можно использовать методы регрессионного анализа для сравнения значений коэффициентов у разных моллюсков.

Оценку пригодности уравнения (2) для аппроксимации экспериментальных данных проводили с помощью критерия нелинейности (Зотин, 2000). Сравнение коэффициентов уравнения (2) – с помощью методов регрессионного анализа (Хальд, 1956). Нормальность распределений оценивали по критерию Шапиро–Уилка (Shapiro, Wilk, 1965).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемые моллюски прожили от 49 до 110 нед. К концу жизни они достигли массы 0.7–1.7 г. и диаметра раковины 14–21 мм.

Кривые роста у разных особей *P. corneus* имеют сходный характер. Нарастание массы происходит постоянно вплоть до гибели моллюсков по характерной S-образной кривой с одним перегибом (рис. 1а).

Весовой рост для всего исследованного интервала возрастов хорошо аппроксимируется уравнением Бергаланфи (1) (рис. 1а). Значения коэффициентов уравнений (1) и (2) для разных моллюсков приведены в табл. 1.

Сравнительный анализ, проведенный с использованием рекуррентного уравнения (2), показывает достоверные различия значений коэффициентов регрессии c у разных особей ($p < 0.001$). Таким образом, сравнение коэффициентов d уравнения (2) невозможно. Тем не менее, распределение выборки, составленной из значений коэффициентов c , согласно критерию Шапиро–Уилка можно считать нормальным. Следовательно, среднее значение $c = 0.951 \pm 0.004$ можно использовать для межпопуляционного и межвидового сравнительного анализа, а также для оценки влияния различных факторов на рост *P. corneus*.

Среднее значение константы роста k составило 0.041 ± 0.004 нед⁻¹. Таким образом, видовая продолжительность жизни *P. corneus* равна $0.041 \times$

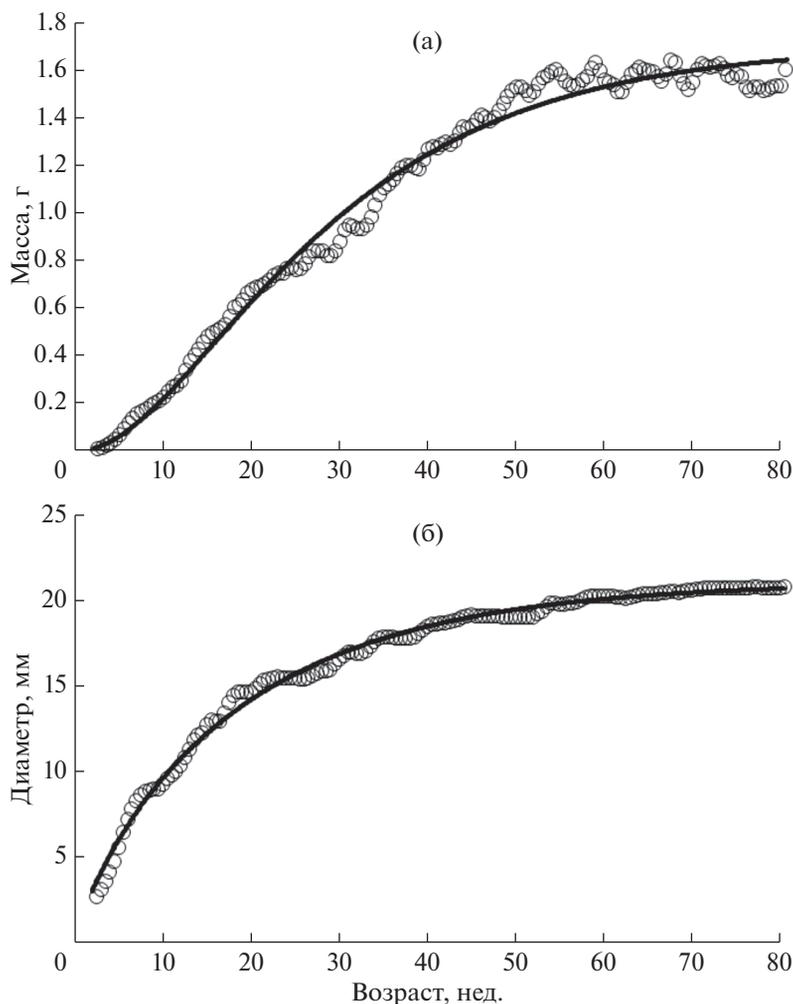


Рис. 1. Изменение массы (а) и диаметра раковины (б) *P. corneus* в зависимости от возраста после вылупления на примере особи № 2 (табл. 1). Кружки – экспериментальные данные; кривые линии – аппроксимация уравнением Бергаланфи (1).

$\times 110 \approx 4.5$. Из 15 исследованных моллюсков только для пяти произведение kT близко к этому значению. Остальные погибли, не достигнув видовой продолжительности жизни (табл. 1).

Взаимозависимость массы и диаметра раковины может быть аппроксимирована аллометрическим уравнением (3) (рис. 2) с коэффициентами $b = 0.3940 \pm 0.0004$, $a = 0.115 \pm 0.002$ мм/мг^b. То есть, коэффициент u уравнений (1) и (2) для зависимости диаметра раковины от возраста можно принять равным $0.394 \times 3 \approx 1.2$. Рис. 1б показывает, что использование такого значения u позволяет достаточно точно описывать рост диаметра раковины *P. corneus*. Среднее значение коэффициентов c уравнений (2) для линейного роста составляет 0.958 ± 0.003 и достоверно не отличается от значений c для весового роста.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют в пользу того, что весовой рост *P. corneus* идет по бесконечному типу и может быть описан уравнением Бергаланфи (2). Такой тип роста характерен для большинства гидробионтов (Иванова, 1973; Винберг, 1975; Мина, Клевезаль, 1976; Алимов, 1981).

Наличие рекуррентной линейной формы (2) уравнения Бергаланфи позволяет проводить сравнительный анализ кривых роста методами линейного регрессионного анализа. Результаты такого анализа показывают, что коэффициенты регрессии c у разных моллюсков достоверно отличаются друг от друга. Причины таких различий не совсем ясны. Скорее всего, они связаны с генетическими особенностями отдельных особей. Хотя не исключено также влияние каких-либо факторов среды на скорость роста моллюсков.

Таблица 1. Коэффициенты уравнений (1) и (2) для роста общей массы в индивидуальном постличиночном онтогенезе *P. corneus*

№ моллюска	<i>n</i>	Уравнение (2)		Уравнение (1)		<i>T</i> , нед.	<i>kT</i>
		<i>c</i>	<i>d</i> , мг ^{1/3}	<i>k</i> , нед. ⁻¹	<i>Y</i> _∞ , г		
1	92	0.927 ± 0.007	0.40 ± 0.03	0.068 ± 0.002	1.30 ± 0.03	48.7	3.31
2	156	0.930 ± 0.005	0.41 ± 0.02	0.062 ± 0.002	1.65 ± 0.02	80.7	5.00
3	135	0.932 ± 0.005	0.38 ± 0.02	0.061 ± 0.001	1.44 ± 0.02	70.7	4.31
4	146	0.937 ± 0.005	0.34 ± 0.02	0.058 ± 0.002	1.27 ± 0.03	96.1	5.57
5	134	0.944 ± 0.005	0.33 ± 0.03	0.054 ± 0.001	1.66 ± 0.03	69.7	3.76
6	165	0.948 ± 0.005	0.28 ± 0.02	0.034 ± 0.001	1.48 ± 0.03	76.3	2.59
7	125	0.952 ± 0.007	0.22 ± 0.02	0.038 ± 0.002	0.91 ± 0.05	109.1	4.15
8	117	0.952 ± 0.005	0.25 ± 0.02	0.041 ± 0.002	1.11 ± 0.05	79.7	3.27
9	84	0.955 ± 0.009	0.24 ± 0.03	0.027 ± 0.003	1.78 ± 0.31	54.6	1.47
10	175	0.958 ± 0.005	0.23 ± 0.02	0.037 ± 0.001	1.40 ± 0.03	87.1	3.22
11	148	0.959 ± 0.005	0.23 ± 0.02	0.026 ± 0.001	1.90 ± 0.08	100.1	2.60
12	193	0.962 ± 0.004	0.22 ± 0.02	0.032 ± 0.001	1.59 ± 0.03	100.1	3.20
13	175	0.965 ± 0.004	0.21 ± 0.02	0.033 ± 0.001	1.62 ± 0.05	69.1	2.28
14	150	0.971 ± 0.004	0.17 ± 0.02	0.023 ± 0.001	1.64 ± 0.07	98.7	2.27
15	178	0.971 ± 0.004	0.17 ± 0.02	0.028 ± 0.001	1.75 ± 0.07	102.7	2.88
Средние	15	0.951 ± 0.004	0.27 ± 0.02	0.041 ± 0.004	1.50 ± 0.07	—	—

Примечания: использовано фиксированное значение коэффициента $u = 3$; n – число пар $Y_t - Y_{t+m}$. “—” – не вычисляли. T – возраст гибели моллюска.

Для животных, рост которых может быть описан уравнением Бергаланфи, показана отрицательная корреляция между константой роста и максимальной продолжительностью жизни (Алимов, 1981; Bauer, 1992). То есть, для этих видов произведение kT_{\max} может служить показателем видовой

продолжительности жизни. В табл. 2 приведены значения kT_{\max} для некоторых видов животных. Из таблицы видно, что по этому показателю исследованные виды брюхоногих моллюсков почти в два раза превышают виды других классов. Сходное значение kT_{\max} наблюдается только у ракообраз-

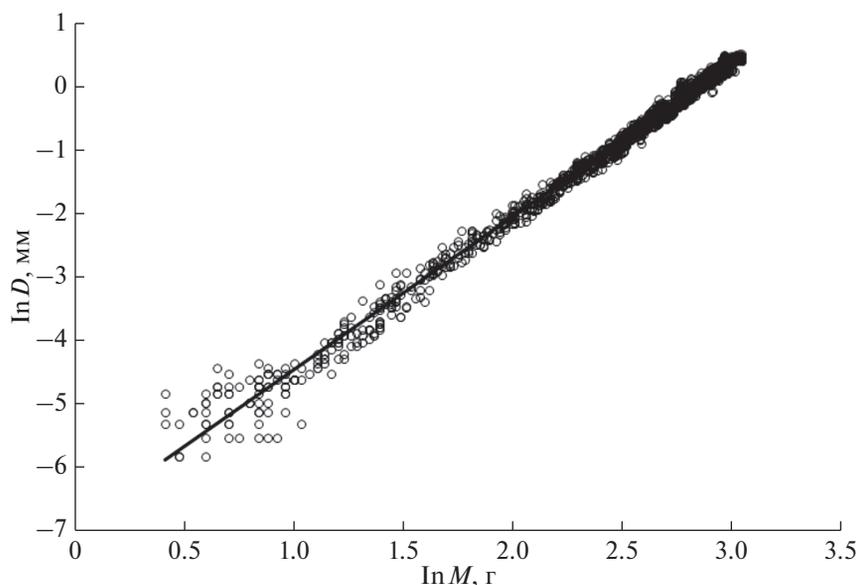


Рис. 2. Зависимость диаметра раковины от общей массы *P. corneus*. Кружки – экспериментальные данные; прямая линия – аппроксимация аллометрическим уравнением (3).

Таблица 2. Видовая продолжительность жизни у животных, рост которых описывается уравнением Бергаланфи

Класс	Вид	k , год ⁻¹	T_{\max} , ГОД	kT_{\max}	Ссылки
Anthozoa	<i>Leptopsammia pruvoti</i>	0.185	13	2.4	1
	<i>Balanophyllia europaea</i>	0.111	15	1.7	2
Gastropoda	<i>Planorbarius corneus</i> *	2.14	2.1	4.5	3
	<i>Lymnaea stagnalis</i> *	3.36	1.3	4.4	4
	<i>Deroceras agreste</i> *	7.09	0.67	4.8	5
	<i>Notoacmea scutum</i> *	1.272	3	3.8	6
	<i>Nerita albicilla</i>	0.439	6	2.6	7
	<i>Latirolagena smaragdula</i>	0.182	12	2.2	7
	<i>Conus miliaris</i>	0.415	5	2.1	7
	<i>Buccinum bayani</i>	0.323	9	2.9	8
	<i>Neptunea constricta</i>	0.164	17	2.8	8
	<i>Neptunea polycostata</i>	0.143	16	2.3	8
	<i>Polinices pulchellus</i>	1.54	1.5	2.3	9
	Bivalvia	<i>Mytilus edulis</i>	0.165	13	2.1
<i>Anodonta anatina</i>		0.185	12	2.2	11, 12
<i>A. seisanensis</i>		0.315	6.8	2.1	11
<i>A. piscinalis</i>		0.350	5.8	2.0	11
<i>Cristaria plicata</i>		0.127	22	2.8	11
<i>Lanceolaria cylindrica</i>		0.230	8.6	2.0	11
<i>Dreissena polymorpha</i>		0.492	4.2	1.7	11
<i>Corbicula purpurea</i>		0.336	5.7	1.9	11
<i>C. tibetensis</i>		0.580	4.1	2.4	11
<i>C. fluminalis</i>		0.320	6.4	2	11
<i>Unio pictorum</i>		0.336	6.7	2.3	11, 12
<i>U. tumidus</i>		0.343	6.5	2.2	11, 12
<i>U. crassus</i>		0.187	12	2.2	11
<i>Margaritifera dahurica</i>		0.122	14	1.7	11
<i>M. laevis</i>		0.063	45	2.8	11
<i>M. margaritifera</i>		0.021	105	2.2	11, 12
<i>Astarte borealis</i>		0.411	7	2.9	13
<i>A. arctica</i>		0.485	6	2.9	13
<i>Tagelus plebeius</i>	0.173	14	2.4	14	
<i>Calyptogena kilmeri</i>	0.25	7	1.8	15	

Таблица 2. Окончание

Класс	Вид	k , год ⁻¹	T_{\max} , год	kT_{\max}	Ссылки
Crustacea	<i>Euphausia triacantha</i>	0.599	5	3.0	16
	<i>Astacus astacus</i>	0.124	25	3.1	17
	<i>Artemia</i> sp.*	79	0.071	5.6	18
Actinopterygii	<i>Sardinella jussieu</i>	0.413	5	2.1	19
	<i>Serranus alexandrinus</i>	0.178	19	3.4	19
	<i>Hippoglossus stenolepis</i>	0.087	40	3.5	19
	<i>Prionace glauca</i>	0.130	16	2.1	20
	<i>Acipenser stellatus</i>	0.061	30	1.8	21
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0.309	5	1.5	22
	<i>Sprattus sprattus</i>	0.355	5	1.8	22
Chondrichthyes	<i>Esox lucius</i>	0.130	15	2.0	23
	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	0.10	23	2.3	24
	<i>C. limbatus</i>	0.16	15.5	2.5	25
	<i>Carcharias taurus</i>	0.11	17	1.9	26
	<i>Etmopterus baxteri</i>	0.082	22	1.8	27
	<i>Isurus oxyrinchus</i>	0.043	65.8	2.8	28

Примечание. * – выращивание в постоянных условиях среды, в остальных случаях – исследование природных популяций. Ссылки: 1 – Goffredo et al., 2010; 2 – Goffredo et al., 2008; 3 – данная работа; 4 – Зотин, 2009б; 5 – Зотин, 2009в; 6 – Phillips, 1981; 7 – Frank, 1969; 8 – Borulya, Bregman, 2002; 9 – Richardson et al., 2005; 10 – Зотин, Озернюк, 2004; 11 – Алимов, 1981; 12 – Зотин, 2009а; 13 – Селин, 2007; 14 – Lomovasky, 2003; 15 – Barry et al., 2007; 16 – Siegel, 1987; 17 – Алехнович, 2016; 18 – El-Bermawi et al., 2004; 19 – Rafail, 1973; 20 – Siegfried, Sansó, 2006; 21 – Bertalanffy, 1968; 22 – Мельникова, 2018; 23 – Грунин, 2014; 24 – Romine et al., 2006; 25 – Carlson et al., 2006; 26 – Goldman et al., 2006; 27 – Irvine et al., 2006; 28 – Natanson et al., 2006.

ных рода *Artemia*. По нашему мнению такое различие связано с тем, что исследования брюхоногих моллюсков и *Artemia* проводили в условиях лабораторной культуры, которые можно считать стабильными. Остальные данные получены для животных из природных популяций, на рост которых существенное влияние оказывают сезонные ритмы. Значительное замедление роста в зимний период приводит к уменьшению значения константы роста, что в свою очередь снижает видовую продолжительность жизни.

Если сопоставить данные, полученные в этой и предыдущей работе (Зотин, Кирик, 2016), то общая картина роста *P. corneus* на протяжении всего онтогенеза имеет следующий вид. В зародышевом развитии рост начинается со стадии средней трохофоры и идет по экспоненциальному типу вплоть до окончательного метаморфоза. Затем рост зародышей происходит либо по асимптотическому типу в соответствии с уравнением Бергаланфи с константой роста около 0.67 нед⁻¹, либо

по линейному типу. После вылупления рост замедляется и, начиная со второй недели, описывается уравнением Бергаланфи с константой роста в среднем 0.041 нед⁻¹.

Работа осуществлена при финансовой поддержке Президиума РАН (программа “Биоразнообразии живых систем”).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алехнович А. В. Параметры уравнений группового роста в популяциях широкопалого рака *Astacus astacus* // Вестн. БГУ. Сер. 2. Химия. Биология. География. 2016. № 1. С. 20–25.
- Алимов А. Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. Л.: Наука, 1981. 248 с.
- Винберг Г. Г. Взаимозависимость роста и энергетического обмена у пойкилотермных животных // Количественные аспекты роста организмов. М.: Наука, 1975. С. 7–25.
- Грунин С. И. Динамика популяционных показателей щуки *Esox lucius* L. (Esocidae) р. Анадырь за период

- 1971–2010 гг. // Известия ТИНРО. 2014. Т. 179. С. 45–54.
- Зотин А.А. Статистическая оценка параметров аллометрических уравнений // Изв. РАН. Сер. биол. 2000. № 5. С. 517–524.
- Зотин А.А. Закономерности роста и энергетического обмена в онтогенезе моллюсков: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ИБР РАН, 2009а. 30 с.
- Зотин А.А. Индивидуальный рост *Lymnaea stagnalis* (Lymnaeidae, Gastropoda). II. Поздний постличиный период // Изв. РАН. Сер. биол. 2009б. № 6. С. 695–702.
- Зотин А.А. Особенности индивидуального роста полых слизней *Deroceras agreste* (Gastropoda, Agriolimnaceae) // Изв. РАН. Сер. биол. 2009в. № 1. С. 1–9.
- Зотин А.А., Курик Е.Ф. Индивидуальный рост зародышей роговой катушки *Planorbarius corneus* (Gastropoda, Planorbidae) // Онтогенез. 2016. № 5. С. 296–306.
- Зотин А.А., Озернюк Н.Д. Особенности роста мидии обыкновенной *Mytilus edulis* Белого моря // Изв. РАН. Сер. биол. 2004. № 4. С. 459–464.
- Зотин А.И., Зотина Р.С. Феноменологическая теория развития, роста и старения организмов. М.: Наука, 1993. 364 с.
- Иванова М.Б. Закономерности роста веслоногих ракообразных // Гидробиол. журн. 1973. Т. 9. № 1. С. 47–54.
- Мельникова Е.Б. Составление уравнения роста Бергаланфи с использованием прикладных компьютерных программ для черноморского шпрота и хамсы // Труды ВНИРО. 2018. Т. 170. С. 47–54.
- Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. М.: Наука, 1976. 291 с.
- Селин Н.И. Форма раковины, рост и продолжительность жизни *Astarte arctica* и *A. borealis* (Mollusca: Bivalvia) из сублиторали северо-восточной части острова Сахалин // Биология моря. 2007. Т. 33. № 4. С. 278–283.
- Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями. М.: Изд-во иностр. лит., 1956. 664 с.
- Barry J.P., Whaling P.J., Kochevar R.K. Growth, production, and mortality of the chemosynthetic vesicomyid bivalve, *Calymene kilmeri* from cold seeps off central California // Marine Ecol. 2007. V. 28. P. 169–182.
- Bauer G. Variation in life span and size of the freshwater pearl mussel // J. Anim. Ecol. 1992. V. 61. P. 425–436.
- von Bertalanffy L. Principles and theory of growth // Fundamental aspects of normal and malignant growth. Amsterdam: Elsevier, 1960. P. 137–259.
- von Bertalanffy L. General system theory. Foundations, development, applications. New York: George Braziller, 1968. 289 p.
- Borulya E.M., Bregman Yu.E. Growth and life span of the commercial gastropods of Buccinidae family in Peter the Great Bay, Sea of Japan // Rus. J. Marine Biol. 2002. V. 28. № 4. P. 270–273.
- Brody S. Bioenergetics and growth. N.Y.: Reinhold, 1945. 1023 p.
- Carlson J.K., Sulikowski J.R., Baremore I.E. Do differences in life history exist for blacktip sharks, *Carcharhinus limbatus*, from the United States South Atlantic Bight and Eastern Gulf of Mexico? // Environ. Biol. Fishes. 2006. V. 77. P. 279–292.
- Cledón M., Brey T., Penchaszadeh P.E., Arntz W. Individual growth and somatic production in *Adelomelon brasiliense* (Gastropoda; Volutidae) of Argentina // Mar. Biol. 2005. V. 147. P. 447–452.
- El-Bermawi N., Baxevanis A.D., Abatzopoulos T.J., Van Stappen G., Sorgeloos P. Salinity effects on survival, growth and morphometry of four Egyptian *Artemia* populations (International Study on Artemia. LXVII) // Hydrobiologia. 2004. V. 523. P. 175–188.
- Frank P.W. Growth rates and longevity of some gastropod mollusks on the coral reef at Heron Island // Oecologia. 1969. V. 2. P. 232–250.
- Goffredo S., Caroselli E., Mattioli G., Pignotti E., Zaccanti F. Relationships between growth, population structure and sea surface temperature in the temperate solitary coral *Balanophyllia europaea* (Scleractinia, Dendrophylliidae) // Coral Reefs. 2008. V. 27. P. 623–632.
- Goffredo S., Caroselli E., Mattioli G., Zaccanti F. Growth and population dynamic model for the non-zooxanthellate temperate solitary coral *Leptopsammia pruvoti* (Scleractinia, Dendrophylliidae) // Mar. Biol. 2010. V. 157. P. 2603–2612.
- Goldman K.J., Branstetter S., Musick J.A. A re-examination of the age and growth of sand tiger sharks, *Carcharias taurus*, in the western North Atlantic: the importance of ageing protocols and use of multiple back-calculation techniques // Environ. Biol. Fishes. 2006. V. 77. P. 241–252.
- Irvine S.B., Stevens J.D., Laurenson L.J.B. Comparing external and internal dorsal-spine bands to interpret the age and growth of the giant lantern shark, *Etmopterus baxteri* (Squaliformes: Etmopteridae) // Environ. Biol. Fishes. 2006. V. 77. P. 253–264.
- Lomovasky B.J. The estuarine bivalve *Tagelus plebeius*: Recent ecology and past climate // SEPG. 2003. № 2218. P. 1–6.
- Natanson L.J., Kohler N.E., Ardizzone D., Cailliet G.M., Wintner S.P., Mollet H.F. Validated age and growth estimates for the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the North Atlantic Ocean // Environ. Biol. Fishes. 2006. V. 77. P. 367–383.
- Phillips D.W. Life-history features of the marine intertidal limpet *Notoacmea scutum* (Gastropoda) in central California // Mar. Biol. 1981. V. 64. P. 95–103.
- Rafail S.Z. A simple and precise method for fitting a Von Bertalanffy growth curve // Mar. Biol. 1973. V. 9. P. 354–358.
- Romine J.G., Grubbs R.D., Musick J.A. Age and growth of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in Hawaiian waters through vertebral analysis // Environ. Biol. Fishes. 2006. V. 77. P. 229–239.
- Richardson C.A., Kingsley-Smith P.R., Seed R., Chatzinikolaou E. Age and growth of the naticid gastropod *Polinices pulchellus* (Gastropoda: Naticidae) based on length frequency analysis and statolith growth rings // Mar. Biol. 2005. V. 148. P. 319–326.
- Siegel V. Age and growth of Antarctic Euphausiacea (Crustacea) under natural conditions // Mar. Biol. 1987. V. 96. P. 483–495.
- Siegfried K.I., Sansó B. Two Bayesian methods for estimating parameters of the von Bertalanffy growth equation // Environ. Biol. Fishes. 2006. V. 77. P. 301–308.
- Shapiro S.S., Wilk M.B. An analysis of variance test for normality // Biometrika. 1965. V. 52. № 3. P. 591–611.
- Thompson D'Arcy W. On growth and form. Cambridge: Univ. Press, 1942. 1116 p.
- Zotín A.A. The united equation of animal growth // Amer. J. Life Sci. 2015. V. 3. № 5. P. 345–351.

Individual Growth of *Planorbarius corneus* (Planorbidae, Gastropoda) in Postlarval Ontogenesis

A. A. Zotin*

Koltzov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119334 Russia

**e-mail: zotin@idbras.ru*

Received August 23, 2018

Individual growth of 15 great ramshorn snail *Planorbarius corneus* individuals was studied in aquaculture at 20°C starting from 2 weeks after hatching until the death of the animals. It was demonstrated that the weight of mollusks increases throughout the study period by an S-type curve. The linear growth (shell diameter) follows a parabolic (convex) curve. Both weight and linear growth on a specified age range is well approximated by the Bertalanffy equation, while the interdependence between the shell weight and diameter by an allometric equation. The value of Bertalanffy equation coefficients is different in different individuals. The mean values of the growth constants in these equations for the weight and linear growth do not differ. Their value is $0.041 \pm 0.004 \text{ weeks}^{-1}$. The species lifespan, which is determined by a product of the growth constant into maximal lifespan, is ≈ 4.5 .

Keywords: growth, gastropods, Gastropoda, *Planorbarius corneus*, species lifespan