

УДК 594.14+591.491

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОПОРЦИЙ ТЕЛА В ПРОЦЕССЕ РОСТА У ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ВЕСТИМЕНТИФЕРЫ *Oasisia alvinae* Jones 1985 (Annelida, Siboglinidae)

Н. П. Карасева, Н. Н. Римская-Корсакова, М. М. Ганцевич*,
член-корреспондент РАН В. В. Малахов

Поступило 26.11.2018 г.

Обнаружено, что в процессе роста гидротермальной вестиментиферы *Oasisia alvinae* происходит относительное увеличение длины туловищного отдела (с 51 до 83,4% от общей длины тела), тогда как относительные размеры всех остальных отделов уменьшаются. Это связано с усиленным развитием трофосомы и гонад в туловищном отделе. Мы полагаем, что преобладающий рост туловищного отдела в онтогенезе — общая закономерность всех вестиментифер.

Ключевые слова: Siboglinidae, Vestimentifera, вестиментиферы, внешняя морфология, рост, пропорции тела.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524851122-125>

Вестиментиферы — крайне своеобразная группа морских беспозвоночных. Они лишены рта и кишечника и живут за счёт симбиоза с внутриклеточными хемоавтотрофными бактериями, населяющими специализированный орган — трофосому [2, 4, 9, 10]. В настоящее время вестиментиферы рассматриваются как специализированные многощетинковые черви, образующие отдельное подсемейство Vestimentifera в составе семейства Siboglinidae [1, 7]. К настоящему времени описан 21 вид вестиментифер, обитающих в гидротермальных оазисах, а также в районах холодных углеводородных просачиваний [1].

Хотя по современным представлениям вестиментиферы относятся к типу Annelida, расчленение тела этих животных резко отличается от такового типичных кольчатых червей. Тело вестиментифер подразделяется на обтюракулярный отдел, несущий парные лопасти — обтюракулы, окружённые многочисленными щупальцами, затем следует вестиментальный отдел, снабжённый кожными складками — вестиментальными крыльями, затем — длинный туловищный отдел, и только на самом заднем конце располагается опистосома. Только опистосома состоит из типичных сегментов, несущих поперечные ряды крючковидных щетинок [2, 8]. Относительная длина отделов тела сильно различается у разных вестиментифер и служит важным систематическим

признаком в этой группе животных [1, 2, 8]. К сожалению, только для самой крупной вестиментиферы *Riftia pachyptila* было проведено исследование, показавшее, что в процессе постэмбрионального онтогенеза относительная длина обтюракулярного отдела существенно меняется [3].

В нашем распоряжении оказались особи вестиментиферы *Oasisia alvinae* Jones 1985, добытые в 2003 г. в 49-м рейсе научно-исследовательского судна “Академик Мстислав Келдыш” с использованием глубоководных обитаемых аппаратов “Мир-1” и “Мир-2” в гидротермальных оазисах Восточно-Тихоокеанского поднятия (табл. 1). Исследовали материал 10 особей разного размера, зафиксированный в жидкости Буэна. Несмотря на небольшой объём материала, он оказался уникальным в том отношении, что в нём был представлен полный размерный ряд: от крошечной особи размером 3,5 мм до крупного червя размером более 10 см. В связи

Таблица 1. Географические координаты и глубина сбора материала

Номер экземпляров	Географические координаты места сбора	Глубина места сбора, м
1, 2, 4	09°50,80' с.ш., 104°17,56' в.д.	2519
3, 5, 7	09°50,53' с.ш., 104°17,51' в.д.	2520
6, 9	20°50,00' с.ш., 109°05,00' в.д.	2610
8, 10	09°50,53' с.ш., 104°17,52' в.д.	2524

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

*E-mail: mgantsevitch@gmail.com

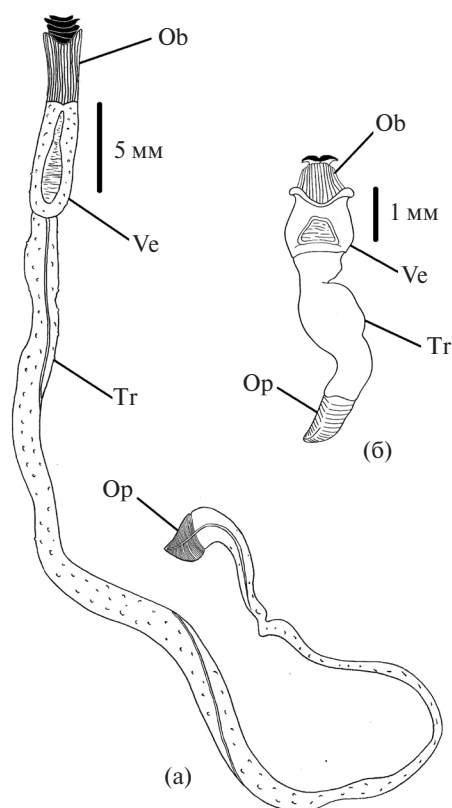


Рис. 1. Внешняя морфология *O. alvinae*. (а) — экземпляр с длиной тела 101 мм, (б) — экземпляр с длиной тела 5,5 мм.

с этим мы воспользовались возможностью проследить изменение пропорций тела, которое могло оказаться типичным не только для *O. alvinae*, но и для вестиментифер вообще.

Как оказалось, расчленение тела на отделы у мелких и крупных особей *O. alvinae* не отличалось от такового взрослых (рис. 1). Однако пропорции тела существенно менялись с увеличением общей длины

тела (табл. 2). К сожалению, небольшой объём выборки не позволил нам применить статистические методы. Тем не менее, исходя из рис. 2, можно сделать вывод, что по мере увеличения размеров тела относительная длина туловищного отдела увеличивается. Существенное увеличение туловищного отдела по мере роста можно связать, с одной стороны, с развитием трофосомы — органа симбиотрофного питания, необходимого для поддержания жизнедеятельности организма, с другой стороны — с развитием половой системы, которая также локализуется в туловищном отделе.

По мере роста у *O. alvinae* происходит относительное уменьшение размеров вестиментального отдела. Как было показано нами ранее [2], вестиментальные крылья несут многоклеточные грушевидные железы, выделяющие материал трубки, и, возможно, что уменьшение относительных размеров вестиментального отдела связано с замедлением роста трубки у взрослых червей. Щетинконосная опистосома выполняет функцию закоривания червя в трубке. В нашем материале опистосома целиком сохранилась у 6 экземпляров с общей длиной тела от 5,5 до 101 мм. С увеличением общей длины тела относительный размер опистосомы уменьшается (рис. 2). Возможно, это объясняется более важным значением закоривающей функции щетинконосной опистосомы для мелких червей, обитающих в короткой трубке.

Что касается обтюракулярного отдела, то у крупных экземпляров его относительные размеры уменьшаются по сравнению с таковыми у мелких особей (рис. 2). Сходная закономерность была отмечена у другой гидротермальной вестиментиферы — *Riftia pachyptila* [3]. У мелких экземпляров *R. pachyptila*

Таблица 2. Размерные характеристики экземпляров *Oasisia alvinae*

№	Общая длина тела, мм	Ob		Ve		Tr		Os	
		Длина, мм	%	Длина, мм	%	Длина, мм	%	Длина, мм	%
1	3,5+	0,5	(14,3)	1	(28,6)	2+	(57,1)	—	—
2	5,2+	0,7	(13,5)	1,5	(28,9)	3+	(57,6)	—	—
3	5,3	0,4	7,5	1,35	25,5	2,7	51	0,85	16
4	8,4+	1,15	(13,7)	2,25	(26,8)	5+	(59,5)	—	—
5	24,8+	3	(12,1)	4,5	(18,1)	15	(60,5)	2,3+	(9,3)
6	27,7	2,5	9	3,5	12,6	19,7	71,2	2	7,2
7	32,2	2,4	7,4	3,9	12,1	24,2	75,2	1,7	5,3
8	41,1	3	7,3	4,7	11,4	31,5	76,6	1,9	4,6
9	41,6	2,7	6,5	4,3	10,3	31,3	75,2	3,3	7,9
10	101	6,2	6,1	7,5	7,4	84,2	83,4	3,1	3,1

Примечание. Здесь и на рис. 1 и 2: Ob — обтюракулярный отдел, Ve — вестиментальный отдел, Tr — туловищный отдел, Os — опистосома. Знак “+” означает, что у экземпляра отсутствует задняя часть туловищного отдела или задняя часть опистосомы, знак “—” означает отсутствие данных. В скобках приведена длина отделов тела в процентах у неполных экземпляров.

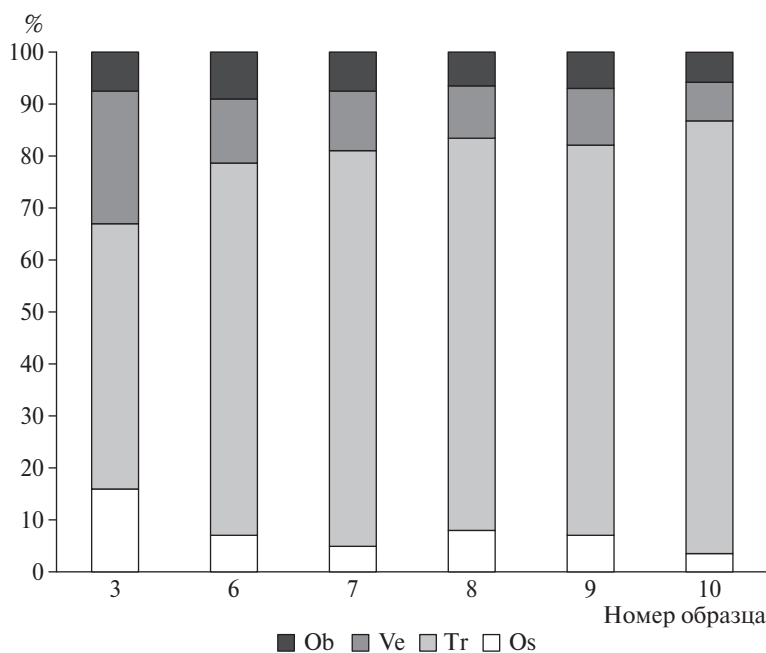


Рис. 2. Изменение пропорций тела в процессе роста у *O. alvinae* (представлены только целые экземпляры). По оси ординат — отношение длины соответствующего отдела к общей длине тела.

длина обтюракулярного отдела составляет в среднем 38% от общей длины тела, тогда как у крупных особей — 27%. В отношении роста туловищного отдела у *R. pachyptila* имеет место та же закономерность, что у *O. alvinae*. У мелких особей *R. pachyptila* относительная длина туловищного отдела составляет 47% от общей длины тела, а у крупных — 57% [3].

У вестиментифер, принадлежащих к инфрасемейству *Tevniinae*, которые обитают в гидротермальных очагах, отношение длины обтюракулярного и вестиментального отделов составляет от 1 : 1 до 3 : 1, тогда как у вестиментифер, обитающих в холодных углеводородных просачиваниях (инфрасемейства *Lamellibrachiinae* и *Escarpiinae*), обтюракулярный отдел меньше вестиментального в 2–5 раз [1, 2, 8]. У гидротермальных вестиментифер, прикрепляющихся задним концом трубки к твёрдому субстрату, поглощение сульфида, кислорода и углекислоты осуществляется только через щупальца. В холодной воде глубоководных углеводородных просачиваний растворимость газов выше, чем в горячей воде гидротермальных оазисов, что позволяет вестиментиферам инфрасемейств *Lamellibrachiinae* и *Escarpiinae* иметь меньшее число щупальцевых ламелл и укороченный обтюракулярный отдел, который не участвует в поглощении сульфида. Сульфид диффундирует из толщи осадка через рыхлые стенки задней части трубки, погружённой в толщу осадка, и поглощается через покровы туловищного отдела [5, 6, 9]. У вестиментифер углеводородных просачиваний протяжённость туловищного отдела

может составлять 97% от общей длины тела, как это отмечено для *Lamellibrachia barhami* [12].

Таким образом, отношение отделов тела не только играет важную роль в таксономии вестиментифер, но и отражает характерные особенности их экологии и заслуживает специального внимания исследователей.

Благодарности. Авторы выражают глубокую благодарность С.В. Галкину за предоставление материала.

Источник финансирования. Исследование поддержано грантом Российского научного фонда 18–14–00141.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасева Н.П., Римская-Корсакова Н.Н., Галкин С.В., Малахов В.В. Таксономия, географическое и батиметрическое распространение вестиментифер (Annelida, Siboglinidae) // Зоол. журн. 2016. Т. 95. № 6. С. 624–659.
2. Малахов В.В., Галкин С.В. Вестиментиферы — бескишечные беспозвоночные морских глубин. М.: КМК Sci. Press, 1998. 205 с.
3. Andersen A.C., Jolivet S., Claudinot S., Lallier F.H. Biometry of the Branchial Plume in the Hydrothermal Vent Tubeworm *Riftia pachyptila* (Vestimentifera; Annelida) // Canad. J. Zool. 2002. V. 80. P. 320–332.
4. Cavanaugh C.M., McKiness Z.P., Newton I.L.G., Stewart F.J. Marine Chemosynthetic Symbioses. In: The Prokaryotes. Prokaryotic Biology and Symbiotic

- Associations. 4th ed. Heidelberg; N.Y.: Dordrecht; L.: Springer, 2013. P. 579–607.
5. Dattagupta S., Miles L.L., Barnabei M.S., Fisher Ch.R. The Hydrocarbon Seep Tubeworm *Lamellibrachia luymesii* Primarily Eliminates Sulfate and Hydrogen Ions across Its Roots to Conserve Energy and Ensure Sulfide Supply // J. Exp. Biol. 2006. V. 209. P. 3795–3805.
 6. Freytag J.K., Girguis P.R., Bergquist D.C., Andras J.P., Childress J.J., Fisher Ch.R. A Paradox Resolved: Sulfide Acquisition by Roots of Seep Tubeworms Sustains Net Chemoautotrophy // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 2001. V. 98. № 23. P. 13408–13413.
 7. Hilario A., Capa M., Dahlgren T.G., Halanych K.M., Little C.T.S., Thornhill D.J., Verna C., Glover A.G. New Perspectives on the Ecology and Evolution of Siboglinid Tubeworms // PLoS One. 2011. V. 6. Iss. 2. P. 1–13.
 8. Jones M.L. On the Vestimentifera, New Phylum: Six New Species and Other Taxa, from Hydrothermal Vents and Elsewhere // Bull. Biol. Soc. Wash. 1985. V. 6. P. 117–158.
 9. Julian D., Gaill F., Wood E., Arp A.J., Fisher C.R. Roots as a Site Of hydrogen Sulphide Uptake in the Hydrocarbon Seep Vestimentiferan *Lamellibrachia* sp. // J. Exp. Biol. 1999. V. 202. P. 2245–2257.
 10. Stewart F.J., Cavanaugh C.M. Symbiosis of Thioautotrophic Bacteria with *Riftia pachyptila*. In: Progress in Molecular and Subcellular Biology. Molecular Basis of Symbiosis. B.; Heidelberg; Springer-Verlag, 2005. P. 197–225.
 11. Thornhill D.J., Fielman K.T., Santos S.R., Halanych K.M. Siboglinid-Bacteria Endosymbiosis. A Model System for Studying Symbiotic Mechanisms // Commun. & Integrat. Biol. 2008. V. 1. № 2. P. 163–166.
 12. Webb M. *Lamellibrachia barhami*, gen. nov., sp. nov. (Pogonophora), from the Northeast Pacific // Bull. Mar. Sci. 1969. V. 19. P. 18–47.

**CHANGING OF BODY PROPORTION DURING GROWTH
IN HYDROTHERMAL VESTIMENTIFERAN *Oasisia alvinae* Jones 1985
(Annelida, Siboglinidae)**

**N. P. Karaseva, N. N. Rimskaya-Korsakova, M. M. Gantsevich,
Corresponding Member of the RAS V. V. Malakhov**

Received November 26, 2018

During the growth of hydrothermal vestimentiferan *Oasisia alvinae* the trunk part of body was found to be elongated (from 51 to 83.4% of the overall body length), while the relative dimensions of all other body regions decreased. This was related to the enhanced trophosome and gonad development in the trunk part. We suppose that predominant trunk growth is a common feature of all vestimentiferans.

Keywords: Siboglinidae, Vestimentifera, vestimentiferans, external morphology, growth, body proportions.