

Пров. 1970

Пров 98

Пров 2010

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

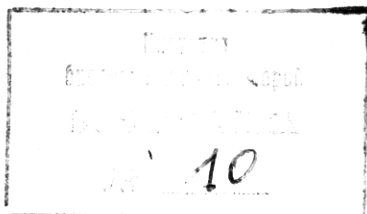
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 42

ДИНАМИКА ПОВЕДЕНИЯ
И ЭЛЕМЕНТЫ БАЛАНСА ВЕЩЕСТВА
И ЭНЕРГИИ В СООБЩЕСТВАХ МОРСКИХ
ОРГАНИЗМОВ



Т. С. Петипа

НАКОПЛЕНИЕ ВЕЩЕСТВА И РАСХОД ЭНЕРГИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

Целью настоящей статьи является анализ соотношения между накоплением вещества и расходом энергии в морских планктонных экологических системах разного типа, а также выявление зависимостей между трофической структурой и некоторыми сторонами функционирования природных экосистем. Пищевые взаимоотношения рассматриваются основой функционирования природных экосистем.

В статье обобщены материалы многолетних исследований, проведенных на Черном и Азовском морях и в тропических районах Тихого океана на многосуточных станциях сотрудниками отдела функционирования морских экосистем Института биологии южных морей АН УССР совместно с коллегами из Института биологии внутренних вод АН СССР, Института океанологии АН СССР и Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии.

Материалы получены в результате комплексных полевых наблюдений и экспериментов, выполненных прямыми, изотопными и математическими методами [1, 7, 9, 10, 12]. Основное внимание уделено всестороннему исследованию суточной динамики процесса питания, в частности состава пищи в связи со способами ее захвата и особенностями строения ротового аппарата животных; избирательной способности в зависимости от некоторых факторов среды, а также ритмики питания, усвоения пищи, пищевым связям и всем элементам пищевого баланса вещества и энергии живых основных компонентов экосистем, т. е. популяций, экологических группировок и трофических уровней (3, 2, 9, 10, 12). Накопление вещества в большинстве случаев определяли разностью между ассимилированной частью рациона и энергетическими потерями, а иногда по приросту массы тела (7—12). Разделение преобладающих популяций сообщества на экологические группировки основано на их возрастной структуре и экологических типах питания [4, 5].

Под термином «экологический тип питания» подразумевается совокупность морфофункциональных свойств ротового и пищеварительного аппаратов потребителя, проявляющихся в зависимости от условий среды, в первую очередь от качества и количества пищи, от температуры и света. Изучение экологических типов питания и их происхождения позволяет более правильно понять структуру пищевых связей между организмами и экологическими группами в реальных сообществах.

Выделение сообществ и экосистем в пелагиали проводили соответственно естественным водным массам и слоям раздела водной толщи по вертикали. В Азовском и Черном морях рассматривали экосистемы основных циклонических круговоротов: в Азовском море — по всей толще вод, в Черном — над температурным скачком и под ним до сероводородной зоны. В Тихом океане, в относительно устойчивой

океанической зоне исследовали экосистему, занимающую слой до 90—100 м, в котором расположены основной пикноклин и граница динамического равновесия двух лимитирующих факторов — света и биогенов; в зоне экваториального апвеллинга изучали слой интенсивного перемешивания вод — до 50—60 м, ограниченный пикноклином, обусловленным изменением температуры.

Рассматривая сообщества и экосистемы из умеренных и тропических вод в направлении с севера на юг, от Азовского моря к Тихому

Таблица 1
Биомасса, суточный рацион и состав пищи животных из планктонного сообщества Азовского моря, ($t=13\div 18^{\circ}\text{C}$)

Трофический уровень (экологическая группа)	Биомасса, кал/м ³	Рацион, % массы тела	Состав рациона, %			Усвояемость, %
			Животные	Водоросли	Детрит	
Растительные (Н) Calanipeda aquae-dulcis, Centropages ponticus, Copepoda copepodita, Copepoda nauplii	170	97	—	50	50	45
Всеядные (СМ) Acartia clausi, Synchaeta sp., Balanus larvae	544	119	20	13	67	48

Таблица 2
Биомасса, суточный рацион и состав пищи животных из экологических группировок [4, 5, 7] эпипланктонного сообщества Черного моря ($t=16\div 17^{\circ}\text{C}$)

Трофический уровень	Экологическая группа		Биомасса, кал/м ³	Рацион		Состав рациона, %			Усвояемость, %
	обозначение	размер, мм		кал/м ³	% массы тела	Животные	Водоросли	Детрит	
Растительные +++	H ₅	Науплиусы I—VI; 0,1—0,32	30,80	11,07 ⁺	45	—	65	35	81
	H ₂	Копеподиты I—III; 0,23—1,6	25,00	26,20	105	—	64	36	87
	H ₃	Paracalanus IV—VI; 0,5—0,7	44,10	20,60	48	—	8	92	84
	H ₁	Appendicularia, 0,15—0,58	7,19	4,31	60	—	6	94	77
	H ₄	Личинки моллюсков и полихет, 0,1—1,4	0,22	0,02	11	—	14	86	80
	H ₆	Pseudocalanus IV—VI; 0,4—1,3 Calanus IV—VI; 0,7—3,3	3,26	0,16 ⁺⁺	4	—	80	20	92
Всеядные	СМ	Acartia IV—V, Oithona IV—V, Acartia ♀, ♂, 0,38—1,2	22,2	18,40	83	29	29	42	60
Хищники	C _I	Oithona minuta ♀, ♂, O. similis ♀, ♂, 0,5—0,67	24,0	39,6	165	82	—	18	94
	C _{II}	Sagitta 1—10 (ср. 3,96)	8,33	7,00	85	100	—	—	78
	C _{III}	Гребневники, медузы, 0,3—3 (ср. 1)	1,05	3,50	323	100	—	—	43

⁺ Для 80% питающихся науплиусов.

⁺⁺ Данные получасового питания за время пребывания в эпипланктоне.

⁺⁺⁺ Усвояемость у всех групп растительных завышена, так как получена при монофагии.

океану, можно видеть, как меняются у них показатели развития жизни, пищевых взаимоотношений и баланса вещества и энергии.

В эпипланктонных сообществах внутренних морей умеренной зоны, где в массовом количестве развиваются отдельные виды, хорошо выражено четкое разделение популяций и экологических группировок на трофические уровни. Об этом свидетельствует состав их рационов (табл. 1—3).

Таблица 3

Биомасса, суточный рацион и состав пищи животных из экологических группировок батипланктонного сообщества Черного моря ($t=7\div 12^{\circ}\text{C}$)

Трофический уровень	Экологическая группа		Биомасса, кал/м³	Рацион		Состав рациона, %			Усвояемость, %
	обозначение	размер, мм		кал/м³	% массы тела	Животные	Водоросли	Детрит	
Растительноядные	H ₅	Науплиусы I—VI; 0,1—0,32	21,00	3,98*	22	—	48	52	88
	H ₂	Копеподиты I—III; 0,23—1,6	6,06	4,06	67	—	26	74	79
	H ₃	Paracalanus IV—VI; 0,5—0,72	2,56	0,56	22	—	3	97	86
	H ₁	Appendicularia, 0,15—0,58	1,42	0,44	31	—	5	95	80
	H ₄	Личинки моллюсков и полихет, 0,1—1,45	0,43	0,03	8	—	38	62	79
	H ₆	Pseudocalanus IV—VI, Calanus IV—VI; 0,7—3,3	34,54	42,14	122	—	71	29	92
Всеядные	СМ	Acartia IV—V, Oithona IV—V, Acartia ♀, ♂, 0,38—1,0	1,94	0,97	50	37	14	49	78
Хищники	C _I	Oithona minuta ♀, ♂, Oithona similis ♀, ♂, 0,5—0,7	3,51	3,05	89	81	—	19**	90
	C _{II}	Sagitta 9—20 (ср. 10,5)	3,20	2,10	64	100	—	—	33
	C _{III}	Гребневники, медузы, 3—12 (ср. 4,0)	10,24	8,20	80	100	—	—	33

* Для 86% питающихся науплиусов (18,1 кал/м³).

** Детрит животного происхождения.

В пелагических тропических сообществах зоны апвеллинга, где некоторые виды фито-, бактерио- и зоопланктона также очень обильны, но разнообразие планктона больше, чем в сообществах умеренной зоны, животные питаются смешанной пищей, но у них хорошо выражено преимущественное потребление того или иного корма (табл. 4).

Другая картина наблюдается в океанических пелагических системах тропиков при высоком видовом разнообразии планктона и большой его бедности. Здесь четкого разделения на трофические уровни не существует. Животные из всех экологических групп для удовлетворения своих потребностей питаются, главным образом, животной пищей, хотя потребляют всякий другой корм в немалом количестве (табл. 5).

Таблица 4

Суточный рацион и состав пищи животных из основных экологических группировок сообщества в тропических апвеллингах ($t=15-20^{\circ}\text{C}$)

Трофический уровень	Экологическая группа		Биомас- са, кал/м³	Раци- он, % массы тела	Состав рациона, %				Усвоя- емость, %					
	обозна- чение	размер, мм			Бакте- рии	Водо- росли	Животная пища							
							ракооб- разные	прос- тейшие						
Преимуще- ственно раститель- ноядные и детритоид- ные	H ₁	Тип «Calanus» — крупные фор- мы Eucalanus atte- nuatus, E. sub- tenius (2,6— 6,2)	496,3	67,7	10	80	1	9	63					
	H ₂	Тип «Acartia» — мелкие формы Acartia tonsa (1,2)	2,7	121,2	3	72	25	—	55					
Потреби- тели сме- шанной пищи	CM ₁	Тип «Calanus» — мелкие формы	236,6	67,7	16	39	—	45	47					
		Paracalanus acu- leatus, P. parvus (0,98)	110,0							53	8	—	39	44
		Clausocalanus mastigophorus (1,57)												
	CM ₂	Тип «Euchaeta» (3,0—3,6)	33,7	42	55	45	1	—	24					
	CM ₃	Тип «Oithona» — Oncaea — мелкие формы	41,9	83,7	25	30	—	45	73					
		Oncaea sp. (0,9— 1,3) Oithona sp. (1,2)	321,7							60	30	—	10	19
Хищничаю- щие формы	C _I	Тип «Calanus» — крупные формы Rhincalanus cor- nutus, R. nasu- tus (3,4)	12,2	119,7	2	4	11	83	39					

На основании вскрытия кишечника животных, экспериментов по их кормлению разной пищей, а также благодаря количественной оценке потока энергии по пищевым цепям выяснено, что в эпипланктонных сообществах умеренной зоны и в тропических апвеллингах наиболее мощные потоки вещества и энергии проходят через мелкие и средние формы, в батипланктонных и океанических сообществах — частично через мелкие, но главным образом через крупные формы водорослевой и животной пищи.

Полученные комплексные материалы по питанию позволили дать трофическую характеристику каждому сообществу, определить число экологических группировок и их биомассу, выяснить количество пищевых связей и оценить трофическую сложность сообществ. Был введен индекс трофической сложности (f) сообществ, который представляет отношение числа пищевых связей (m) к числу экологических группировок в сообществе (g), т. е. $f = \frac{m}{g}$. Чем выше этот индекс, тем сложнее сообщество (табл. 6).

По мере продвижения с севера на юг от Азовского моря к тропическим районам океана биомасса экологических группировок и трофических уровней падает, в то же время количество экологических груп-

Таблица 5

Суточный рацион и состав пищи животных из основных экологических группировок тропического океанического сообщества Тихого океана ($t=27-29^{\circ}\text{C}$)

Трофический уровень	Экологическая группа		Биомасса, кал/м ³	Рацион, % массы тела	Состав рациона, %				Усвояемость, %
	обозначение	размер, мм			Животные	Водоросли	Бактерии	Детрит	
Потребители смешанной пищи	СМ ₆	Тип «Calanus» — крупные формы	0,473						
		Undinula darwini (2,3)		84,8	51	18	14	17	50
		Rhincalanus nasutus, R. cornutus (3,2)		26,6	76	6	13	5	50
	СМ ₄	Тип «Centropages» — крупные формы	1,60						
		Pleuromamma abdominalis (4,2)		43,0	82	5	8	5	60
	СМ ₈	Тип «Euchaeta» Euchaeta marina (3,05)	2,69	41,3	91	3,4	2,6	3	60
	СМ ₂	Тип «Oithona» — Oncaea — мелкие формы Oncaea venusta (1,14)	3,10	127,0	74	11	4	11	30

Таблица 6

Трофическая характеристика экологических систем разного типа в весенне-летний период

Трофический уровень	Азовское море			Черное море						Тихий океан					
	I	II	III	Эпипланктон			Биопланктон			Зона апвеллинга		Океаническая зона			
				I	II	III	I	II	III	I	II	I	II	III	
Детрит	16982*	1	—	1903	1	—	289	1	—	860	1	279	1	—	
Фитопланктон	2818*	3	—	233	3	—	90	3	—	180	3	108	3	—	
Растительно-ядные	170	4	11	111	6	21	66	6	21	499	9	12*	9**	33**	
Всеядные	544	3	12	22	1	8	2	1	8	312	3	10	9	110	
Хищники				33	3	21	17	3	21	12	3	1,5	3	21	
Вся экосистема	10514	11	23	2302	14	50	464	14	50	1040	19	410,5	25	164	

* Данные И. Мирзоян.

** Потребители мелкой смешанной пищи: преимущественно детрита, мелких водорослей, бактерий, простейших.

Примечание: I — биомасса, кал/м³; II — число экологических групп, III — число трофических связей.

пировок и число пищевых связей растет. Так как число пищевых связей возрастает быстрее, чем количество экологических группировок, увеличивается трофическая сложность сообщества — у азовских $f=2,1$; у черноморских 3,85; у тропических $f=8,2$.

Используя данные по числу пищевых связей и среднесуточным биомассам экологических групп сообществ, Меншуткин рассчитал суточную устойчивость сообществ (S) при возмущающем воздействии, как отношение суммы абсолютных значений отклонений биомасс всех компонентов сообщества $\sum |k|$ к числу пищевых связей (m). Возму-

щающее воздействие заключалось во введении различной смертности того или иного компонента системы. Чем скорее экосистема возвращается в исходное состояние при наибольших отклонениях биомасс компонентов, тем она устойчивее. Сопоставление показателя устойчивости с индексом трофической сложности позволяет сделать вывод о том, что устойчивость пелагических сообществ возрастает с увеличением в них числа определенных более постоянных пищевых связей в направлении от Азовского моря к тропикам.

В ходе исследования пищевого баланса у главных представителей трофических уровней во всех рассмотренных сообществах выявлены характерные изменения закономерностей питания и соотношения элементов баланса. В эпипланктонных системах Азовского и Черного морей и в тропических апвеллингах при постоянном преобладании и обилии в море отдельных видов водорослей, микрозоопланктона или бактерий у животных наблюдаются максимальные рационы, отсутствуют или слабо выражен суточный ритм потребления и усвоения пищи при низких величинах усвояемости (40—50%) [12, 10, 7]. В океанических олиготрофных (и батипланктонных) системах при большом видовом разнообразии планктона гетеротрофные экологические группировки имеют широкий пищевой спектр и более низкие рационы, четкий суточный ритм потребления и усвоения пищи и сравнительно высокую усвояемость (50—70%) [7, 9] (рис. 1).

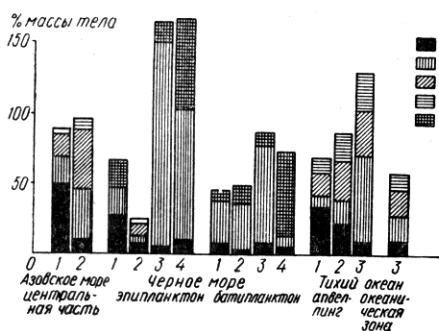


Рис. 1. Средние показатели элементов суточного баланса вещества и энергии (пищевой баланс) у основных популяций планктонных сообществ умеренной и тропической зон:

I — накопленное вещество, II — потери энергии растительные, 2 — потребители смешанной пищи, 3 — хищники первого порядка или преимущественно хищники, 4 — хищники второго и третьего порядков;
I — накопление вещества, II — потери энергии при дыхании, III — твердое неусвоенное вещество, IV — жидкое неусвоенное вещество; V — суммарное неусвоенное вещество.

Состав неусвоенной части рациона у животных всех сообществ зависит от особенностей усвоения разных кормов. При преобладающем усвоении водорослей или при усвоении всех кормов в одинаковой степени твердые непереваренные остатки (фекалии) обильнее выделенного растворенного органического вещества (РОВ) в два—пять раз. У видов, лучше усваивающих животную или бактериальную пищу, выделенное РОВ превышает твердые остатки или их количества одинаковы (рис. 1) [9, 10].

Соотношение между накоплением и расходом вещества и энергии изменяется следующим образом. В малоустойчивых эпипланктонных сообществах и в зонах апвеллингов накопление вещества и заключенной в нем энергии у растительных форм и потребителей смешанной пищи относительно велико и обычно выше расхода. У хищников, напротив, расход вещества и энергии всегда превышает накопление. В устойчивых батипланктонных и тропических океанических сообществах накопление вещества и энергии у животных всех уровней ниже расхода. Во всех сообществах у хищников или хищничающих животных накопление массы тела низкое и держится на одном уровне (рис. 1).

Удельный поток вещества и энергии (усвоенное вещество), как и суточные рационы популяций, значительно выше в малоустойчивых эпипланктонных богатых сообществах умеренной зоны и в зонах тропических апвеллингов, чем в более бедных и устойчивых батипланктонных и океанических тропических сообществах [6].

Таким образом, высокая концентрация пищи в море, особенно растительной и детритной, наблюдаемая в эпипланктонных сообществах умеренной зоны и в тропических апвеллингах, способствует более быстрому накоплению массы тела животных. В результате отмеченные сообщества характеризуются большей скоростью продуцирования вещества

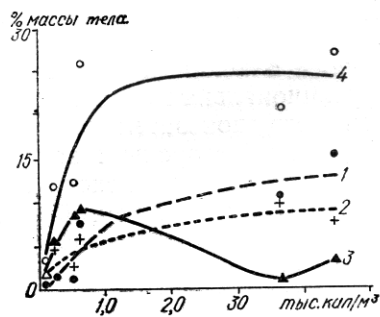


Рис. 2. Зависимость рациона и других элементов пищевого баланса от концентрации водорослей у черноморской *Acartia clausi*: 1 — накопление вещества в теле, 2 — потери энергии при дыхании, 3 — твердое неусвоенное вещество, 4 — суточный рацион.

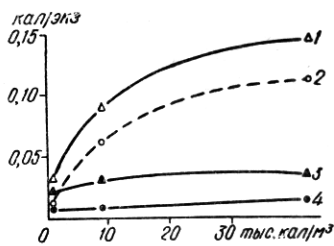


Рис. 3. Влияние концентрации смешанного корма на скорость потребления *Acartia tonsa* из зоны апвеллинга водорослей (2), животных (3), бактерий (4). Суммарный суточный рацион — 1.

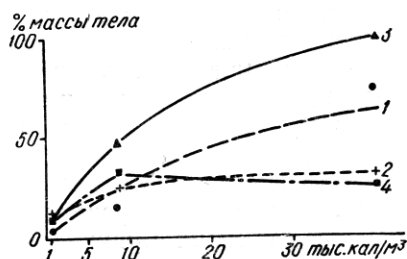


Рис. 4. Зависимость элементов баланса вещества и энергии у *Acartia tonsa* из зоны апвеллинга от концентрации смешанного корма:

1 — накопленное вещество, 2 — потери энергии при дыхании, 3 — твердое неусвоенное вещество, 4 — жидкое неусвоенное вещество.

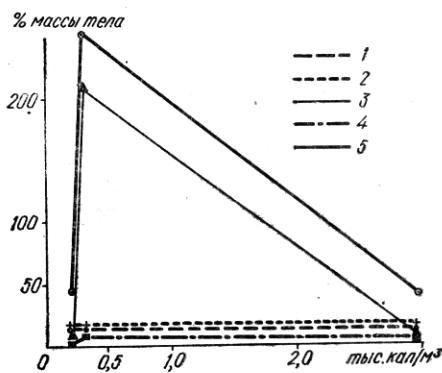


Рис. 5. Зависимость рациона и элементов пищевого баланса у *Euchaeta marina* из океанической олиготрофной зоны Тихого океана от концентрации животной пищи:

1 — накопление вещества, 2 — потери энергии при дыхании, 3 — твердое неусвоенное вещество, 4 — жидкое неусвоенное вещество, 5 — суточный рацион.

и энергии, главным образом на первых гетеротрофных уровнях, и одновременно меньшими энергетическими тратами при дыхании.

Изучение зависимости скорости потребления пищи от концентрации одиночного или смешанного корма у отдельных видов в эксперименте в умеренной или тропической зонах также показало, что при бедном кормовом планктоне и потреблении животной пищи расход вещества и энергии больше накопления (рис. 2—4, область низких концентраций; рис. 5); при богатом планктоне накопление вещества превышает расход (рис. 2—4, область высоких концентраций).

Была рассчитана эффективность передачи вещества и энергии через трофические уровни сообществ (отношение изъятый из данного уровня энергии к энергии, потребленной этим уровнем). Эта величина близка

экологической эффективности уровней [13] и в устойчивых сообществах умеренных и тропических вод постоянна на всех уровнях и равна в среднем 27—28%, в малоустойчивых эпипланктонных сообществах она уменьшается, уменьшаясь от первого гетеротрофного уровня к уровню хищников от 59 до 8%. В среднем же для всех уровней малоустойчивых систем эффективность передачи вещества и энергии составляет примерно ту же величину, что и в устойчивых системах.

Таким образом, сравнительное изучение описанных экосистем позволило получить новые результаты и функциональные зависимости.

1. Установлена функциональная связь между показателями трофической сложности и устойчивости сообществ, с одной стороны, и закономерностями процесса питания и скоростями накопления и расхода органического вещества и энергии трофическими уровнями — с другой. Показано, что более устойчивым системам, обычно с высокой трофической сложностью, на всех трофических уровнях свойственны более или менее постоянные и относительно низкие показатели удельной продукции органического вещества и запаса энергии. Напротив, относительные потери энергии при дыхании здесь высоки. Эффективность передачи энергии по уровням также постоянна и равна 25—28%.

В малоустойчивых эпипланктонных системах умеренных и тропических вод с более низкой трофической сложностью показатели удельного продуцирования вещества и энергии наиболее изменчивы и имеют высокие значения, траты же энергии при дыхании относительно низки. Эффективность передачи энергии по трофическим уровням уменьшается от первого гетеротрофного к последнему от 59 до 8%.

2. Установлено закономерное изменение всех основных показателей по мере продвижения от умеренных мелководных или эпипланктонных сообществ к тропическим океаническим, а также от апвеллингов к олиготрофным зонам океана: уменьшение биомассы сообществ, возрастание числа экологических групп и пищевых связей, расширение пищевого спектра и всеядности, усиление хищничества, повышение трофической сложности, устойчивости сообществ, уменьшение рационов и скорости накопления вещества в гетеротрофных уровнях, а также увеличение энергетических расходов.

3. Приведенный анализ функциональных зависимостей в экосистемах разного типа позволяет сделать вывод о том, что малоустойчивые эпипланктонные системы вследствие изменчивости своих функциональных свойств, обычно меньшей продолжительности сроков развития видов [11], более высоких показателей продуцирования вещества и низких энергетических трат, а также большой роли растительных кормов оказываются богаче и выгоднее экономически для хозяйственной деятельности человека. К тому же неустойчивыми системами, очевидно, легче управлять.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заика В. Е. Удельная продукция водных беспозвоночных. К., «Наук. думка», 1972. 145 с.
2. Заика В. Е., Павловская Т. В., Островская Н. А. Питание голодных инфузорий в связи с концентрацией пищи и временем экспозиции.— Биология моря, 1975, вып. 33, с. 18—22.
3. Павлова Е. В., Петипа Т. С., Сорокин Ю. И. Роль бактериопланктона в питании морских пелагических организмов.— В кн.: Функционирование пелагических сообществ тропических районов океана. М., 1971, с. 142—151.
4. Петипа Т. С. О жизненных формах пелагических копепод и вопрос о структуре трофических уровней.— В кн.: Структура и динамика водных сообществ и популяций. К., 1967, с. 108—119.
5. Петипа Т. С. Происхождение и классификация основных экологических типов питания Copepoda, Calanoida.— Биология моря, 1975, вып. 33, с. 27—49.
6. Петипа Т. С. Итоги изучения планктонных пелагических экосистем южных морей.— Гидробиол. журн., 1975, 11, № 2, с. 5—11.
7. Петипа Т. С., Павлова Е. В., Мионов Г. Н. Структура пищевых сетей, передача и использование вещества и энергии в планктонных сообществах Черного моря.— Биология моря, 1970, вып. 19, с. 3—43.

8. Петипа Т. С., Сорокин Ю. И., Ланская Л. А. Исследования по питанию *Acartia clausi* Giesbr. с помощью радиоуглеродного метода.— Биология моря, 1970, вып. 19, с. 166—182.
9. Петипа Т. С., Монаков А. В., Павлютин А. П., Сорокин Ю. И. Питание и баланс энергии у тропических копепод.— В кн.: Биологическая продуктивность южных морей. К., 1974, с. 136—152.
10. Петипа Т. С., Монаков А. В., Сорокин Ю. И., Волошина Г. В., Кукина И. В. Баланс вещества и энергии у веслоногих раков в зоне тропических апвеллингов.— В кн.: Экосистемы пелагиали Тихого океана. М., 1975, с. 335—350.
11. Сажина Л. И. Экологическая изменчивость темпа размножения и развития пелагических копепод.— Биология моря, 1975, вып. 33, с. 78—87.
12. Студенкина Е. И. Продукция экологических группировок гетеротрофных уровней зоопланктона Азовского моря.— Биология моря, 1976, вып. 37, с. 19—28.
13. Slobodkin Z. B. Growth and Regulation of Animal Population. Pabls, Holt, Rinehart and Winston, 1962. 184 p.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР

Поступила в редколлегия
9.VI 1976 г.

УДК 591.13

С. А. Пионтковский

ЭЛЕМЕНТЫ ПОВЕДЕНИЯ ЖЕРТВЫ В СИСТЕМЕ «ХИЩНИК — ЖЕРТВА» НА ПРИМЕРЕ МОРСКИХ КОПЕПОД

Жизненные функции организма неразрывно связаны с восприятием и обработкой поступающей из окружающей среды информации, эффективность которой существенно зависит от сенсорного оснащения организма.

Исследованию сенсорных механизмов беспозвоночных тех или иных таксономических групп уделяется достаточное внимание [5, 18, 25]. Однако группа низших ракообразных изучена недостаточно полно.

Вероятно, сразу следует уточнить, что все наши рассуждения и результаты касаются путей восприятия только копепод в системе «хищник — жертва». Нам не удалось найти работ, непосредственно разрабатывающих эти проблемы, поэтому считаем необходимым изложить некоторые общие положения.

Кушинг [7], например, считает, что копеподы облавливают объем воды, соприкасающийся с волосками антеннул, которые по предположению автора выполняют функцию пищевых рецепторов. Эта функция, но с большей вероятностью, приписывается щетинкам антенн I копепод. Структура щетинок и их иннервация описаны еще в 1891 г. [5], но заключение об их сенсорной функции было сделано намного позже [16]. Вопрос о характере иннервации дебатировался сравнительно недавно [4, 21], однако сенсорные функции щетинок уже ни у кого не вызывали сомнений.

Непосредственных измерений электрофизиологических характеристик щетинок антенн копепод нет, однако правомерность рассматриваемой гипотезы может быть принята, если мы будем апеллировать к аналогичным исследованиям, выполненным на высших ракообразных. Сенсорная функция щетинок последних достаточно убедительно подтверждена работами [13—15 и 3, 19]. Этих же взглядов придерживается Лейдинг [17].

Вряд ли стоит обсуждать возможность зрительного восприятия, так как примитивно устроенный науплиальный глаз большинства копепод не способен к восприятию конкретных объектов [7, 11, 12], а может лишь различать изменения освещенности.

О механизме хеморецепции копепод известно столь же мало. Следует отметить удачную работу [8], в которой описаны ультраструктура и локализация предполагаемых органов у пресноводных копепод,