

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

28
—
1988

Т. М. КОВАЛЕВА

ПИТАНИЕ МАССОВЫХ ВЕСЛОНОГИХ РАЧКОВ ACARTIA CLAUSI GIESBR. И PSEUDOCALANUS ELONGATUS BOECK. В ЧЕРНОМ МОРЕ

Главная задача трофологии — исследование количественных и качественных характеристик питания водных животных. Изучение состава пищи необходимо для выяснения пищевых связей в сообществе, выбора наиболее ценных кормов для интенсивного роста и размножения животных, оценки закономерностей переноса вещества и энергии в пищевых цепях. Пищевые взаимоотношения между организмами являются важным фактором в функционировании морских сообществ. Ведущая роль принадлежит массовым видам. К их числу в пелагическом сообществе Черного моря относятся *Acartia clausi* и *Pseudocalanus elongatus*.

Состав пищи черноморской *A. clausi* хорошо изучен [5—7, 9]. Установлено, что в естественных и экспериментальных условиях животные потребляют пищевые объекты размером 0,004—0,7 мм. Список объектов питания включает 42 вида водорослей и 8 видов животных, не считая бактерий, детрита и гифов грибов. Предпочитаемыми являются водоросли без шипов и выростов со средним размером 20—60 мкм и более.

Проведены широкие исследования состава пищи черноморского *P. elongatus* [1, 2]. Они показали, что этот вид зимой и весной потребляет мелкие, средние и относительно крупные водоросли, в основном диатомовые, перидиниевые и золотистые, а также детрит и инфузории [8]. Известно 52 вида водорослей, потребляемых рачками. Преимущественно используются в пищу клетки размером до 10 мкм.

В связи с тем, что временные изменения качественного состава пищи копепода мало изучены, целью наших исследований было выяснение таксономического состава пищи, размера пищевых объектов и способы их потребления в разные сезоны у *A. clausi* и *P. elongatus*.

Материал и методика. Материал собирали сетью Джеди (слой 0—80 м) в 10-мильной зоне Черного моря у Севастополя в 1980—1981 гг. один-два раза в месяц. Для исследования отбирали по 10 живых самок каждого вида с наполненным в переднем отделе пищей кишечником и помещали их в небольшую каплю воды на предметное стекло (каждого рачка отдельно). Выделение пищевого комка из кишечника выполняли по методике [5]. Видовой состав, размеры потребленных организмов и их количество регистрировали под микроскопом МБИ-3 при увеличении 70—630 раз.

Для выяснения способов и продолжительности поедания разных по форме и размерам пищевых объектов поставлены две серии опытов (6—10 повторностей). В первой серии использовали чашки Бовери объемом 20 мл, в которые помещали по одному рачку, в качестве пищи использовали водоросли. Во второй — рачков (10—15 экз.) помещали в сосуды объемом 100 мл и кормили животной пищей [9]. Рачкам предлагали округлые планктонные водоросли: *Platymonas viridis*, *P. belobata*, *Chlamydomonas* sp., *Nephrochloris* sp. (размером 4—8 мкм), *Peridinium trochoideum* (35—38 мкм), продолговатые с шипами *Ditylum brightwellii* (100×47 мкм); макрофиты — *Callithamnion corymbosum* (ширина таллома 6—8 мкм); животную пищу — яйца *A. clausi* (70—80 мкм), ноктилюку (250—300 мкм), личинок ставриды (2,5 мм).

Результаты. Круглогодичными исследованиями состава пищи акарции установлено наличие планктонных водорослей в кишечнике рачков в течение всего периода исследования. Зимой и весной преобладали

диатомовые водоросли, составляя до 66% общей численности и 48% биомассы потребленных организмов. Наиболее обильно из них представлены *Chaetoceros socialis*, *C. curvisetus*, *C. affinis*, *Thalassiosira*. В этот период акарция потребляла также пиропитовые водоросли (в основном перидинии). Их доля в составе пищи составляла 11,8—17,5% общей массы потребленных частиц. Основные представители: *Euxydia cordata*, *E. compressa*, *Peridinium trochoideum*, *Gymnodinium* sp., *Prorocentrum micans*. В мае 1979 и 1980 гг. в районе исследований отмечено массовое появление цист водорослей размером 60—80 мкм. В составе пищи акарции в это время они достигали 90%. Ранее цисты в кишечниках акарции в таком количестве не отмечались.

Доля перидиниевых водорослей (особенно мелких) в пище рачков в летне-осеннее время возрастает до 33% общей численности и массы потребленных частиц. Они представлены видами родов *Amphidinium*, *Gymnodinium*, *Glenodinium*, *Gyrodinium*, *G. pingue*, *Prorocentrum micans*. Из диатомовых, потребляемых в эти сезоны, следует выделить *Thalassionema nitzschioides*, *Cyclotella caspia*.

Золотистые водоросли встречались в кишечниках рачков на протяжении всего года, занимая третье место по численности и четвертое — по биомассе.

В составе пищи *A. clausi* в Черном море впервые отмечены 43 вида фитопланктона (таблица), благодаря чему их общий список увеличился до 85 видов. Акарция способна потреблять и многоклеточные растения, в частности макрофит *Callithamnion corymbosum*. Детрит в содержимом кишечника составляет всего 11,5—21,0% общей численности и 0,03—7,7% биомассы пищевых частиц.

Животная пища встречалась во все сезоны. Наиболее интенсивное потребление отмечено зимой и летом (до 36,5—54,0% массы содержимого кишечника). К числу новых, не известных ранее объектов питания животного происхождения следует отнести *Zoothamnium* sp., *Stenosemella* sp., *Noctiluca miliaris*, личинок рыб — *Thrachurus mediterraneus*, *Gobius* sp.¹.

Анализ соотношения количества пищевых частиц разного размера в составе пищи *A. clausi* показал, что по численности (исключая летний период) преобладали организмы размером 20—40 мкм (более 30%), по биомассе в течение года значительная роль принадлежала частицам размером 40—80 мкм (23,0—43,0%). Летом основная часть пищи состояла из клеток размером 8—20 мкм, однако по биомассе доминировали объекты размером 60—70 мкм (43%). В целом размеры потребляемых частиц довольно велики — 0,006—2,5 мм.

P. elongatus также потребляет диатомовые и перидиниевые водоросли круглый год. При этом первые доминировали в пище в холодное время года, составляя 26,0—48,7% общей численности и более 30% массы потребленных организмов. Вторые преобладали в теплое время, когда их доля достигала 16,0—26,0% общего числа и 32,5—42,2% биомассы потребленных частиц. Отмечено более интенсивное по сравнению с акарцией потребление золотистых водорослей и детрита, доля которых составила соответственно 36 и 23% по численности, 9 и 21% по биомассе. Из кормов животного происхождения рачки поедают инфузорий [8] и яйца копепода.

Список фитопланктонных организмов, потребляемых псевдокалянусом, пополнился 28 видами (таблица) и насчитывает с учетом сведений, имеющихся в литературе, 80 видов.

Размеры потребляемых псевдокалянусом объектов меньше, чем у акарции (0,004—0,1 мм). Основную роль в питании в естественных условиях играют организмы до 10 и 10—20 мкм, составляя 41,2—67,2 и 20—31,5% по численности потребленных организмов соответственно, по биомассе доминируют пищевые объекты размером 20—40 мкм.

¹ Автор выражает благодарность Л. А. Дуке и А. Д. Гординой за определение видов личинок рыб.

**Виды фитопланктона, обнаруженные в составе пищи
A. clausi (I), P. elongatus (II) в Черном море**

Отдел, вид	Форма клеток	Размер, мкм	I	II
Отдел Bacillariophyta *				
Melosira moniliformis	Эллипсоидные	28—90×10—15	+	+
Skeletonema costatum	Цилиндрические	8—14×4—8		+
Thalassiosira parva	"	12—30×6—15	+	
Thalassiosira sp.	"	20—60×10—20	+	
Rhizosolenia alata	Цилиндрические с шипом	30—100×8—13	+	
R. calcar-avis	То же	60×28	+	
Leptocylindrus danicus	Цилиндрические	35—40×3—5		+
L. minimus	"	14—20×2—3	+	+
Chaetoceros affinis	Цилиндрические со щетинками	12—22×5—12		+
C. curvisetus	То же	16—20×10—14		+
C. densus	" "	20—30×16—25	+	
C. insignis	" "	8—23×6—20		+
C. teres	" "	16—30×20—25	+	
C. socialis	" "	8—10×6—8		+
Cerataulina bergonii	Цилиндрические	30—7×20—34		+
Thalassiothrix frauenfeldii	Палочковидные	84×3	+	
T. mediterranea	"	98×3	+	
Amphora sp.	Гитаровидные	16—30×14—16	+	
Nitzschia closterium	Палочковидные	28—40×3—4	+	+
N. seriata	"	30—50×5	+	
N. delicatissima	"	40—92×2	+	
Pleurosigma sp.	Ланцетные	50×6	+	
Отдел Pyrrophyta				
Exuviaella compressa	Широкоовальные	30—42×25—30	+	
E. marina	Яйцевидные	35×25	+	
Phalacroma rotundatum	Округло-яйцевидные	20—35×20—30	+	
Dinophysis ovum	Неправильно-яйцевидные	60×40	+	
Oxyrrhis marina	Яйцевидные	22—32×15—20		+
Amphidinium klebsi	Округло-овальные	25×20		
Amphidinium sp.	Округло-яйцевидные	16—48×10—25		+
Gymnodinium kowalevskii	Эллипсоидные	14—16×10—12		+
G. najadeum	Овальные	30×20		
G. lanskaja	Удлиненно-овальные	16—20×10—12		+
G. splendens	Яйцевидные	56×30	+	+
G. wulfii	Широкоокруглые	8—28×6—25	+	
Gymnodinium sp.	Овальные	16—28×10—20	+	
Gyrodinium pingue	Удлиненно-яйцевидные	40—70×30—35	+	
Gyrodinium sp.	Веретеновидные	25×10	+	
Achradina pulchra	Овальные		+	+
Achradina sp.	"	35×20	+	
Peridinium sp.	Грушевидные	16—25×18—20	+	
Goniaulax minima	Округлые	15—25×15—20	+	
Goniaulax sp.	Удлиненно-грушевидные	40×22	+	
Прочие Peridinea	Овальные	25×20	+	
Hillea fusiformis	"	8—12×6—10	+	+
Отдел Chrysophyta				
Acanthoica quatuorospina	Шаровидные с шипами	8	+	
Coccolithus huxleyi	Шаровидные	6—8	+	
Rhabdosphaera stylifera	Шаровидные с шипами	8—12	+	+
Rhabdosphaera hispida	То же	14	+	
Syracosphaera sp.	Шаровидные	6—12	+	
Прочие Coccolithophoridae	"	4—30		+
Hermisium adriaticum	Ромбические	20×14		+

Отдел, вид	Форма клеток	Размер, мкм	I	II
Отдел Xanthophyta				
<i>Holosphaera viridis</i>	Овальные	18—40		+
<i>Meringosphaera mediterranea</i>	Шаровидные с шипами	8—10	+	+
<i>Nephrochloris salina</i>	Округлые	4—5		+
Отдел Euglenophyta				
<i>Euglena</i> sp.	Удлиненно-овальные	50×23		+
Отдел Ehlorophyta				
<i>Poropila dubia</i>	Овальные, шаровидные	15—20	+	
<i>Pterosperma cristatum</i>	Округлые с шипиками	8—12	+	+
<i>Chlamidomonas</i> sp.	Овальные	8×5		+
<i>Platymonas belobata</i>	"	5—6		+
<i>P. viridis</i>	"	5—6		

* Виды, относящиеся к отделу Bacillariophyta, одиночные или соединены в разнообразные колонии.

Способы и продолжительность поглощения рачками пищевых частиц разной формы и размеров различаются. Округлые клетки перидиниевых водорослей размером 35—38 мкм без выростов заглатываются ими целиком за $0,78 \pm 0,05$ с. Крупные продолговатые диатомовые водоросли рачок разламывает мандибулами, а затем поедает. Весь процесс длится $1,28 \pm 0,05$ с.

Больше времени копеподы тратят на поедание животного корма. *P. elongatus* поедает яйца акарции размером 70—80 мкм за $7,3 \pm 0,7$ с. Рачок надкусывает яйцо и высасывает содержимое. Затем отбрасывает его, при этом округлая оболочка яйца не меняет своей формы. При питании ноктилюкой акарция, удерживая и сжимая ее максиллами и максиллипедами, выдавливает и заглатывает содержимое. При этом постоянно совершает зачерпывающие движения максиллами. Поедание одной ноктилюки длится $14,2 \pm 2,14$ с. Освобожденную от содержимого смятую оболочку рачок отбрасывает. Потребление личинок рыб осуществляется способом, описанным для акарции при питании ее веслоногим рачком *Oithona* [5]. Продолжительность поедания $3,8 \pm 0,65$ мин. Несъедобную часть рачок отбрасывает. Копеподы съедают 0,1—0,2 части тела личинок рыб.

Обсуждение. Анализ качественного состава пищи *A. clausi* и *P. elongatus* показал, что роль той или иной группы организмов в пище меняется в зависимости от сезона. В холодное время года доля диатомовых водорослей в питании копепод выше, чем в другие сезоны. Летом значение диатомей снижается, а перидиней увеличивается, что согласуется с ходом развития этих групп водорослей в планктоне исследуемого района [3]. Так, количество диатомовых достигло максимума в марте, составив 23 млн кл./м³, что в 3—15 раз больше, чем летом. Невысокие показатели количественного развития диатомей отмечены и в зимний период (не более 4—7 млн кл./м³).

Перидиней зимой также были немногочисленные (1—4 млн кл./м³). В теплое время года их численность увеличивалась до 8 млн кл./м³.

Значительное потребление акарцией пищи животного происхождения в зимний и летний периоды, вероятно, связано в первом случае со слабым развитием фитопланктона, во втором — с высокой потре-

ностью рачка в калорийной пище в связи с интенсивным его размножением [5].

Видовой состав и размеры пищевых объектов *A. clausi* и *P. elongatus* оказались шире, чем было известно ранее. Однако благодаря особенностям строения ротового аппарата размеры потребляемых частиц у этих видов различаются. Псевдокалянус не преследует добычу и по способу питания относится к пассивным потребителям, поедая преимущественно водоросли и детрит, а из животных кормов — мало-подвижные инфузории [8]. Верхний и нижний пределы размеров пищевых частиц у *P. elongatus* ниже, чем у *A. clausi*. Акарция наряду с питанием водорослями и детритом приспособлена к активному поиску и захвату животной пищи [5]. Обнаружение новых, не известных ранее объектов питания акарции, в том числе личинок рыб и других относительно крупных животных, дает основание по-новому рассматривать вопрос об обеспеченности пищей копепод и считать трофические взаимоотношения в планктонном сообществе более сложными. Полученные данные свидетельствуют о большой роли эврифагии и хищничества среди планктонных животных и подтверждают известные представления об изменчивости пищевого спектра в зависимости от состава пищи в море [7].

Как показали эксперименты, из большого многообразия водорослей рачки предпочитают клетки определенных размеров и морфологии [4]. Так, при увеличении размеров перидиниевых водорослей округлой формы от 10—12 до 45—65 мкм (концентрация во всех случаях 3,0 г/м³) суточный рацион акарции увеличивается от 44,6 до 96,6, а у псевдокалянуса — соответственно от 21,1 до 62% сырой массы тела. Однако возрастание рациона с укрупнением потребляемых водорослей происходит лишь до определенных размеров этих водорослей. Существенное значение при этом имеют форма клеток и прочность их покровов. Удлиненной формы перидиней (род *Ceratium*) не потреблялись рачками, несмотря на то что некоторые виды этого рода (*C. furca*, 95×45 мкм) по массе клетки не отличались от хорошо поедаемой округлой *Gymnodinium splendens*. Одной из причин этого, очевидно, является высокая механическая прочность покровов клеток, а также наличие выростов. В то же время крупные удлиненные диатомовые водоросли *Cerataulina bergonii*, *Ditylum brightwellii* размером 96—100×45—57 мкм, благодаря наличию хрупкой, ломкой оболочки, охотно поедались копеподами; суточные рационы достигали 95,7 (*P. elongatus*) и 158% (*A. clausi*) сырой массы тела. Наиболее эффективно среди диатомовых потребляются колониальные формы, состоящие из небольших по размерам клеток (род *Chaetoceros*), оснащенные тонкими выростами — щетинками длиной до 280 мкм. Суточный рацион *A. clausi* на такой пище составляет 140% сырой массы тела, несмотря на то что сырая масса клетки *C. curvisetus* на два порядка ниже, чем *D. brightwellii*. Продолговатые уплощенные диатомеи (*Thalassionema*, 98×2,5—3,0 мкм) и мелкие низкоцилиндрические (типа *Thalassiosira*, диаметр 5—6 мкм) поедались в три раза меньше.

В целом же пищевые потребности рачков при кормлении перидиниевой пищей удовлетворяются примерно в два раза меньшим количеством, чем при кормлении диатомовой. Это представляет существенный интерес при выборе кормов для массового выращивания копепод.

Выводы. Получены новые данные о составе и размерах пищевых объектов *A. clausi* и *P. elongatus*.

В составе пищи *A. clausi* впервые обнаружено 43 вида планктонных водорослей и 5 видов животных (*Stenosemella* sp., *Loothamnium* sp., *Noctiluca miliaris*, *Trachurus mediterraneus*, *Gobius* sp.), *P. elongatus* — 28 видов водорослей и яйца копеподов.

Размеры пищевых объектов оказались больше, чем указано в литературе: *A. clausi* — 0,006—2,5 мм, у *P. elongatus* — 0,005—0,1 мм. По численности в пище акарции преобладают организмы размером

20—40 мкм, по биомассе — 40—80 мкм, у псевдокалянуса — соответственно 5—20 и 20—40 мкм.

Увеличение количества потребляемых видов фитопланктона подтвердило установленное ранее количественное соотношение водорослей разных групп в составе пищи рачков. Доля диатомовых максимальна весной и зимой, перидиниевых — летом. Это соответствует сезонному изменению соотношения их численности в районе исследований. Подтверждается зимнее возрастание количества животной пищи у акарции — в период ее интенсивного размножения.

Получены данные о времени поедания копеподами ряда пищевых объектов. Для водорослей округлой формы размером 35—38 мкм оно равно $0,78 \pm 0,05$ с, продолговатой, размером 100×57 мкм — $1,28 \pm 0,05$ с. Яйца копепод (80 мкм), ноктилюка (250—300 мкм), личинки рыб (2,5 мм) поедаются соответственно за $7,3 \pm 0,7$; $14,4 \pm 2,14$ с и $3,8 \pm 0,7$ мин.

Учитывая потребности рачков в животной пище, при их культивировании для уменьшения выедания собственных яиц и молоди можно рекомендовать в качестве одного из компонентов пищи быстроразмножающихся животных.

1. Загородняя Ю. А. Питание и миграции черноморского *Pseudocalanus elongatus* в зимний период // Гидробиол. журн. — 1974. — 10, № 5. — С. 49—56.
2. Загородняя Ю. А. Вертикальные миграции и суточные рационы веслоногого рачка *Pseudocalanus elongatus* Boeck. в Черном море // Биология моря. — Киев. — 1975. — Вып. 33. — С. 11—22.
3. Ковалева Т. М. Сезонные изменения фитопланктона в неарктической зоне Черного моря в районе Севастополя // Там же. — 1969. — Вып. 17. — С. 18—31.
4. Ковалева Т. М. Влияние биотических факторов на питание *Acartia clausi* Giesbr. и *Pseudocalanus elongatus* Boeck. (Crustacea, Copepoda) в Черном море: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1983. — 23 с.
5. Петипа Т. С. Питание веслоногого рачка *Acartia clausi* Giesbr. // Тр. Севастоп. биол. станции. — 1959. — 11. — С. 72—100.
6. Петипа Т. С. Питание веслоногого рачка *Acartia clausi* Giesbr. и *A. latisetosa* Kritz. в Черном море // Там же. — 12. — С. 130—152.
7. Петипа Т. С. Трофодинамика копепод в морских планктонных сообществах. — Киев: Наук. думка, 1981. — 242 с.
8. Павловская Т. В., Печень-Финенко Г. А. Сравнительная оценка роли живого и мертвого органического вещества в питании *Pseudocalanus elongatus* Boeck // Биология моря. — Киев. — 1975. — Вып. 34. — С. 65—71.
9. Пионтовский С. А., Петипа Т. С. Количественное описание поведения веслоногого рачка *Acartia clausi* при питании водорослями // Биология моря. — Владивосток. — 1976. — Вып. 1. — С. 49—56.

Ин-т биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 28.02.86

T. M. KOVALEVA

NEW DATA ON NUTRITION OF MASS COPEPODS ACARTIA CLAUSI GIESBR. AND PSEUDOCALANUS ELONGATUS BOECK. IN THE BLACK SEA

Summary

Data on taxonomic and size composition of the nutritional objects consumed by *A. clausi* and *P. elongatus* are obtained on the basis of field and experimental observations.

43 species of algae and 5 species of animals are found in the food content of *A. clausi*, 28 species of algae and copepod eggs — in *P. elongatus*.

Size range in the nutritional organisms is refined: it amounts to 0,006-2,5 mm in *A. clausi*, 0,004-0,1 mm in *P. elongatus*. The time of eating of qualitatively different organisms by copepods is determined.