

ЭКОЛОГИЯ МОРЯ



24
—
1986

**TROPIC COPEPODS PRODUCTION
IN VARIOUS PELAGIC ACCUMULATIONS
OF THE INDIAN OCEAN**

Summary

In March-June of 1980, reproduction of 23 mass species and growth of 3 model species of copepods was studied in different regions of the Indian Ocean. It is found that intensive reproduction of the predominant phytophages occurs in local plankton accumulations formed by the cyclonic circulations. This reproduction increases the generative part in the total gain. A decrease in productivity of the region leads to the lowering of the rate of phytophage reproduction, to the gradual increase in the somatic gain significance at the expense of predatory species having small generative production.

Spawning into water peculiar to the most of phytophages and euriphages is an ecological character aimed at the rapid increase of the population in the local, often short-term, highly productive systems, arising in the open ocean areas.

УДК 592/599:593.17

Н. Н. НАЙДЕНОВА

**СКОРОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ И ПРОДУКЦИЯ
ИНФУЗОРИИ-ЭПИБИОНТА ZOOHAMNIUM SP.
НА ACARTIA CLAUSI (COPEPODA) ЧЕРНОГО МОРЯ**

Оценка функциональной роли организмов в сообществах основана прежде всего на таком важном параметре, как скорость размножения. Она является важным показателем продуктивности живых организмов. Имеется сводка данных по темпам деления свободноживущих инфузорий [4], в основном равно- и спиралересничных. В большинстве случаев наблюдения проводились при постоянной температуре [4, 5]; некоторые данные были эпизодическими, полученными при изучении других аспектов экологии инфузорий. Есть единичные наблюдения по скорости размножения прикрепленных инфузорий [7, 8, 10, 11], обитающих в пресных водоемах. Особый интерес представляют работы [9, 11], в которых установлена зависимость скорости размножения инфузорий от температуры воды.

Как в пресноводных, так и в морских водоемах обитает обширная группа инфузорий-эпибионтов. Их численность сопоставима с численностью свободноживущих форм [12]. В Черном море ранней весной продукция обычного эпибионта акарции *A. clausi* инфузории *Zoothamnium* sp. составляет значительную часть продукции рачка. Время генерации *Zoothamnium* sp. определено в 5 сут (средняя температура воды в это время в море около $+10^{\circ}\text{C}$) [4], но, исходя из литературных данных, следует ожидать более высокий темп деления. Нами установлено, что эпибионт обитает на акарции круглый год. В отдельные сезоны его численность достигает значительных величин, а биомасса составляет до 30% биомассы рачка. Важнейшим фактором, определяющим скорость размножения инфузорий [8], является температура. Поэтому мы исследовали влияние температурного режима определенного сезона года на темп деления *Zoothamnium* sp. Это необходимо для более достоверного расчета величин годовой продукции.

Материал и методика. Для получения данных по скорости размножения *Zoothamnium* sp. из сетных уловов планктона отбирали зараженных акарций и отсаживали в микроаквариумы вместимостью 50 мл морской воды. Для стимуляции синхронного образования бродяжек в аквариумах меняли температурный режим. На ночь их переносили в холодильник с температурой $+10^{\circ}\text{C}$, а днем выдерживали при есте-

ственном освещении и температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Изменение температуры на $8-10^{\circ}\text{C}$ в течение суток вызывало массовое образование бродяжек. Когда в аквариумах большинство зооидов переходило в стадию бродяжек, к ним подсаживали непораженных рачков *A. clausi*. Обладая четко выраженной избирательной способностью по отношению к субстрату, бродяжки никогда не оседали ни на стенки аквариума, ни на водоросли. Стремительно плавая задним концом тела вперед и вращаясь вокруг продольной оси, бродяжки оседают на рачков не сразу, а после нескольких попыток. Обычно они оседали на рачков спустя $1,5-2$ ч после подсадки. Под микроскопом МБС-1 мы фиксировали момент и место прикрепления бродяжек к хозяину.

После прикрепления к рачку двух-трех бродяжек зараженных рачков отсаживали в отдельные микроаквариумы. Затем один раз в сутки считали количество зооидов в определенных колониях. Акарции в опыте выдерживались до 5 сут. В дальнейшем рост колоний *Zoothamnium* sp. прекращался, происходило интенсивное образование бродяжек и расселение их по телу рачка с возникновением новых колоний. Это затрудняло подсчет зооидов. Максимальное развитие колонии в опытах не достигалось, хотя рачки жили в этих же условиях неопределенно долго.

Учитывая тесную связь скорости роста колоний с температурой воды, мы стремились сохранить соответствие между температурными режимами опыта и природной морской воды в определенный сезон. Ежедневно три раза в сутки (в 8, 13 и 18 ч) измеряли температуру воды в бухте и устанавливали соответствующий режим в опыте.

Наблюдения за ростом колоний, находящихся в одинаковых условиях, показывают, что интервалы между делениями зооидов возрастают по мере роста колоний. Максимальный темп деления отмечается в первые сутки, затем замедляется и на третьи сутки устанавливается на более или менее определенном уровне. Время между двумя последующими делениями зооидов (время генерации) определяли как среднее за период наблюдения и рассчитывали по формуле [3]

$$g = \frac{t \lg 2}{\lg N_2 - \lg N_1},$$

где N_1 — численность зооидов в колонии в начале опыта и N_2 — в конце опыта; t — время опыта, сут.

Численность инфузорий определялась методом прямого счета на рачках каждые 12 ч.

Результаты и обсуждение. Колонии *Zoothamnium* sp. на акарции достигают максимального развития в море в зависимости от сезона на 6—10-е сутки. Но на 4—5-е сутки происходит дифференцировка зооидов — появляются макрозоиды. На макрозооиде образуется задний венчик ресничек, интенсивно работая которыми он отрывается от колонии и превращается в бродяжку. По истечении срока жизни материнской колонии наблюдается массовая миграция зооидов с образованием свободноплавающих бродяжек. Обычно на рачке наряду с развитыми колониями всегда имеются пустые голые стебельки старых колоний. При ухудшении условий жизни, независимо от возраста колонии и числа особей в ней, зооиды также переходят в стадию бродяжки и покидают хозяина. Они могут активно плавать в воде около суток.

Мигрирующие бродяжки имеют дисковидное тело, длина которого не превышает $1/5-1/4$ части длины зооида. Прикрепляясь задним концом тела к поверхности рачка, бродяжка интенсивно растет. В течение 10—15 мин она приобретает коническую форму. Реснички заднего венчика в это время замедляют движение и резорбируются. Образуется стебелек, который через 2 ч по длине равен зооиду и представляет собой прозрачную протоплазматическую трубку. Затем начинается образование мионемы — внутреннего мускульного волокна. Через 4—5 ч

длина стебелька достигает трех длин зооида, мионема занимает треть стебелька. Обычно на этой стадии происходит первое деление зооида.

Инфузория *Zoothamnium* sp., как уже отмечалось, встречается на акарции круглый год и не прекращает размножения даже при низких температурах. Гидрологические сезоны в Севастопольской бухте можно характеризовать следующей схемой [1]:

	Продолжительность, сут	Средняя температура, °C
Лето, июнь — сентябрь	127	21
Осень, октябрь—декабрь	93	15
Зима, январь — март	92	8
Весна, апрель — май	53	12

Однако в отдельные годы в зависимости от метеорологических факторов продолжительность сезонов изменяется. В период исследо-

Таблица 1. Влияние температуры на скорость размножения *Zoothamnium* sp.

Температурный режим, °C	Время генерации, сут		
	среднее	минимальное	максимальное
6—8	2,0	1,7	2,75
17—19	1,23	0,99	1,4
20—22	1,59	1,26	2,5
Колебание температуры от 10 до 20 в течение суток	0,65	0,4	0,82

ваний нами зарегистрированы среднемесячные температуры воды в Севастопольской бухте (в °C): январь 6, февраль 8, март 10, апрель 12, май 15, июнь 19, июль 22, август 23, сентябрь 20, октябрь 17, ноябрь 15, декабрь 12.

Весной и осенью в Черном море отмечаются значительные изменения температуры воды в верхнем слое. Весной идет интенсивный прогрев за счет солнечной радиации, осенью — быстрое охлаждение верхнего слоя за счет более низкой температуры воздуха. Температурная стратификация стимулирует массовое образование и расселение бродяжек на многочисленное в эти сезоны поколение копеподитных стадий акарции (новое поколение популяции хозяина). В табл. 1 приведены данные скорости деления *Zoothamnium* sp. при разной температуре. Максимальная интенсивность деления в опытах наблюдалась при значительных изменениях температуры в течение суток, что соответствует условиям весны и осени в бухте. Наиболее низкий темп деления отмечен при температуре, характеризующей зимние условия в Черном море.

Для организмов, размножающихся делением пополам, свойственна следующая зависимость между суточной удельной продукцией и временем генерации [3]:

$$C = \frac{0,693}{g},$$

где g — время генерации.

Результаты расчета удельной продукции по месяцам в соответствии с ходом температурного режима приведены в табл. 2. Полученные данные позволяют рассчитать продукцию эпибионта (табл. 2) по формуле [4]

$$P = B \cdot C \cdot t,$$

где B — биомасса инфузорий данного месяца; C — суточная удельная скорость продукции; t — продолжительность исследуемого периода времени, сут.

Таблица 2. Сезонная динамика продукции эпибионта *Zoothamnium* sp. в Севастопольской бухте ($\text{мг/м}^3 \cdot 10^{-3}$)

Месяц	Биомасса (B)	Время генерации (g), сут.	Суточная удельная продукция (C)	Суточная продукция (P)	Продукция за месяц (P)
Январь	5	2,0	0,35	1,75	54,25
Февраль	2,4	2,0	0,35	1,00	28,00
Март	10,0	0,65	1,07	10,7	331,7
Апрель	26,0	0,65	1,07	27,8	834,6
Май	6,0	0,65	1,07	6,4	19,84
Июнь	130,0	1,23	0,57	74,1	2223,0
Июль	10,0	1,59	0,44	4,4	136,4
Август	8,0	1,59	0,44	3,5	108,5
Сентябрь	20,0	1,59	0,44	8,8	264,0
Октябрь	4,0	1,23	0,57	2,3	71,3
Ноябрь	110,0	0,65	1,07	117,7	3531,0
Декабрь	250,0	0,65	1,07	267,5	8292,5

Изменение биомассы инфузорий по сезонам изучено нами ранее. Величины продукции (P) приведены в табл. 2. Эти данные позволяют определить средние величины P/B коэффициентов для отдельных сезонов (табл. 3).

Результаты расчета показывают, что наименьшая скорость воспроизводства *Zoothamnium* sp. характерна для лета и зимы. Суточный

Таблица 3. Средние величины суточных и сезонных коэффициентов P/B для *Zoothamnium* sp.

Сезон	Продукция, $\text{мг м}^3 \cdot 10^{-3}$		P/B общий по сезонам
	суточная	общая	
Зима, январь — февраль	1,37	82,25	13,7
Весна, март — май	14,9	1186,1	74,3
Лето, июнь — октябрь	22,7	2731,9	65,0
Осень, ноябрь — декабрь	129,2	11894,8	97,4

прирост в эти сезоны составляет 50%. Таким образом, постоянные температуры как низкие, так и высокие угнетают жизнедеятельность эпибионта. Наиболее высокие P/B коэффициенты характерны для сезонов с резкими изменениями температуры воды — для весны и осени. Суточный прирост здесь достигает 100%.

Используя полученные данные, оцениваем величину продукции популяции *Zoothamnium* sp. на «малой» форме черноморской акарции за год в $15,9 \text{ мг/м}^3$, откуда годовой P/B коэффициент равен 341.

Итак, репродуктивный сезон у *Zoothamnium* sp. продолжается круглый год. Анализ полученных результатов свидетельствует о высоких продукционных возможностях эпибионта. В табл. 4 приведены некоторые данные, позволяющие оценить относительную величину про-

Таблица 4. Продуктивность некоторых планктонных организмов неритической зоны Черного моря

Вид	Биомасса мг/м^3	$P_{\text{сут.}}$ мг/м^3	Суточный P/B коэффициент	$P_{\text{год.}}$ мг/м^3	Годовой коэффициент P/B	Источник
<i>Acartia clausi</i>	5,15	0,152	0,035	66,8	13,0	[1]
<i>Centropages krøyeri</i>	1,2	0,092	0,007	13,8	11,5	[1]
<i>Zoothamnium</i> sp.	0,046	0,044	0,66	15,93	341,0	Наши данные

дукции *Zoothamnium* sp. на черноморской акарции. Два массовых вида копепод неритической зоны Черного моря — эвритермный *A. clausi* и теплолюбивый *S. krøyeri* (биомасса которых выше, чем у *Zoothamnium* sp., в десятки раз) — дают продукцию, сравнимую с продукцией инфузории. Годовая продукция всех видов копепод в неритической зоне Черного моря равна $1,67 \text{ г/м}^3$ [2].

Таким образом, несмотря на незначительную биомассу, высокая интенсивность репродуктивного процесса определяет большую роль инфузории эписимона *Zoothamnium* sp. в общей продукции зоопланктона.

1. Грезе В. Н., Балдина Э. П. Динамика популяций и годовая продукция *Acartia clausi* Giesbr. и *Centropages krøyeri* G. в неритической зоне Черного моря. — Труды Севастоп. биол. станции, 1964, 17, с. 249—261.
2. Грезе И. И., Грезе В. Н. Относительная продукция популяции некоторых амфипод Черного моря. — Зоол. журн., 1969, вып. 3, с. 350—355.
3. Заика В. Е. О методах расчета продукции бактерий. — Океанология, 1976, 7, вып. 3, с. 527—533.
4. Заика В. Е. Удельная продукция водных беспозвоночных. — Киев: Наук. думка, 1970. — 143 с.
5. Заика В. Е., Павловская Т. В. Питание морских инфузорий одноклеточными водорослями. — В кн.: Продукция и пищевые связи в сообществах организмов. Киев: Наук. думка, 1970, с. 82—96.
- 5а. Петрова М. А., Смирнова Т. П. К экологии планктонных инфузорий вторичного олиготрофного озера. — Гидробиол. журн., 1974, 10, № 3, с. 25—31.
6. Петрова М. А., Смирнова Т. П., Агеева Т. А., Халтурина Г. В. Планктонные инфузории в двух озерах Горьковской области. — Гидробиол. журн., 1976, 12, № 2, с. 31—36.
7. Суханова К. М. Температурные адаптации у простейших. — М.; Л.: Наука, 1968. — 267 с.
8. Чорик Ф. П., Викола М. М. Индивидуальный вес, удельная продукция и коэффициент использования пищи (K_2) некоторых видов свободноживущих инфузорий. — В кн.: Тез. XV науч. конф. по биол. основам рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана. Душанбе, 1976, с. 50—52.
9. Шубернецкий И. В., Чорик Ф. П. Скорость размножения прикрепленных кругоресничных инфузорий как показатель интенсивности обменных процессов. — Изв. АН МССР. Сер. биол. и хим. наук, 1980, № 5, с. 46—50.
10. Faure Fremiet E. Growth and differentiation of the colonies of *Zoothamnium alternans* (Clap. a. Lachm.). — Biol. Bull., 1930, 88, p. 28—51.
11. Hirsche von H. Jür. Die Copepoden *Eurytemora affinis* Poppe und *Acartia tonsa* Dana und ihre Besiedlung durch *Myoschiston centropagidarum* Precht (Peritricha) in der Schlei. — Kiel. Meeresfor., 1974, 30, H. 2, S. 43—64.

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

Получено 12.11.84

N. N. NAIDENOVA

REPRODUCTION RATE AND PRODUCTION OF ZOOHAMNIUM SP. ON ACARTIA CLAUSI (COPEPODA) IN THE BLACK SEA

Summary

The reproduction rate, production, daily and annual coefficients P/B of *Zoothamnium* sp. are calculated, basing on all-year-round observations of its development. Despite small biomass, the high intensity of reproduction process determines these infusoria as equal zooplankton members.