

ПРОБ 2017

ПРОБ 13

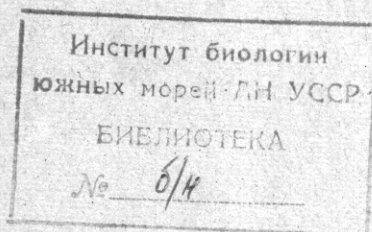
АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

БИОЛОГИЯ МОРЯ

Вып. 19

ПРОДУКЦИЯ И ПИЩЕВЫЕ СВЯЗИ
В СООБЩЕСТВАХ ПЛАНКТОННЫХ
ОРГАНИЗМОВ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»

КИЕВ — 1970

Тр. ин-та биологии внутренних вод, 12 (15). Планктон и бентос внутренних водоемов. "Наука", М.-Л., 1966.

Я н о в с к а я Т.Я. Питание веслоногих ракообразных и их личинок в Черном море. I. *Centropages kroyeri* G i e s b r .

В кн.: Тр. Всесоюзн. гидробиол. об-ва, 7, 1956.

M a r s h a l l S.M. a.O g r A.P. On the biology of *Calanus finmarchicus*, 7 Factors affecting egg production. - J. marine biol. assoc., 30, 3, 1952.

БАКТЕРИАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ ПЛАНКТОННОГО РАЧКА *PENILIA AVIROSTRIS* D A N A ИЗ ЧЕРНОГО МОРЯ

Е.В.Павлова, Ю.И.Сорокин

Ветвистоусый рачок *Penilia avirostris* D a n a , относящийся к группе тонких фильтраторов, в теплое время года развивается в массовых количествах в планктоне Черного моря. Предыдущие исследования показали, что пенилия, благодаря морфологическому строению фильтрационного аппарата, способна отфильтровывать из воды частицы размером не крупнее 8 мк. Поэтому пищей этому рачку могут служить мелкие водоросли, бактерии и частицы мелкого детрита, подходящие по размеру (Павлова, 1959). Активного выбора пищи у пенилии не наблюдается, поскольку вид относится к пассивным фильтраторам. Обычно рацион этого рачка рассчитывался на основании количественных соотношений пищевых компонентов в море и скорости фильтрации рачка в течение суток. Бактерии учитывались чаще всего вместе с детритом. Способны ли пенилии отфильтровывать в достаточном количестве дисперсно распределенных бактерий и удовлетворять за их счет свои пищевые потребности до сих пор с определенностью выяснено не было. Этому способствовали методические трудности: большая ошибка при количественном учете бактерий, невозможность отделить бактерий, полученных с пищей, от бактериальной флоры кишечника подопытного животного и отсутствие достаточно эффективного метода получения жизнеспособных стерильных животных.

Применение радиоуглеродного метода, описанного Ю.И.Сорокиным, дало возможность по-новому подойти к решению вопросов, связанных с проблемой бактериального питания морских планктонных животных. Кормление рачков мечеными C^{14} бактериями, с

одной стороны, исключило необходимость подсчета бактериальных клеток и стерилизацию животных, а с другой - значительно увеличило объективность оценки результатов эксперимента и точность определения усвоения и усвояемости пищи.

Методика

Радиоуглеродный метод в применении к изучению питания пресноводных животных описан ранее одним из авторов (Сорокин, 1966). Ниже описывается общая схема постановки опытов и специфические особенности их выполнения в морской среде. Данный метод был применен для исследования питания планктонных ракообразных Черного моря. В качестве корма использовали одноклеточных водорослей, простейших и бактерий. Штамм бактерий для опытов был выделен из морской воды на простой минеральной среде, приготовленной на морской воде с добавкой 0,5 г/л глюкозы. Бактерии из рода *Pseudomonas* имели объем клеток $0,72 \mu^3$, выращивались на той же среде, содержащей меченую C^{14} глюкозу, и давали на этой среде гомогенную взвесь. Бактерий отделяли от среды центрифугированием. Из осадка клеток бактерий готовили густую суспензию, в которой определяли численность бактерий и обратную удельную активность углерода их тел (C_r).

Культуры различных водорослей были выращены Л.А.Ланской по разработанной ею методике^{*}. Водоросли метили C^{14} , выращивая их на среде Адлена-Нельсона, приготовленной на морской воде, из которой был предварительно удален $HCOT$. Удаление иона $HCOT$ производилось с целью повышения удельной активности углерода карбоната - C^{14} , вносимого в среду. Для удаления иона $HCOT$ морскую воду подкисляли 0,3 мл концентрированной HCl , кипятили 5 - 10 мин, охлаждали и нейтрализовали до pH-8 щелочью, очищенной от CO_2 . Водоросли отделяли от среды фильтрацией через мембранные фильтры, отмывая их от остатков карбоната C^{14} несколькими порциями морской воды. Осадок смывали в небольшой объем морской воды. В приготовленной взвеси подсчитывали число клеток в камере Фукса-Розенталя и затем использовали в опытах по кормлению рачков. Одновременно из той же культуры

^{*} Авторы глубоко признательны Л.А.Ланской за любезное участие в работе и разведение культур водорослей.

водорослей готовили взвесь на дистиллированной воде для определения величины C_p . Радиоактивность взвеси корма при определении C_p анализировали, подсчитывая ее на стеклянных мишенях. На мишени наносили точный объем взвеси, распределяли ее на площади круга в 3 см^2 и высушивали. Органический углерод во взвешях определяли мокрым сжиганием при титровании хромовой смеси.

Подопытных рачков отлавливали из проб свежесобранного оетного планктона и использовали в опытах без предварительной их адаптации к условиям лаборатории. При этом полагали, что такая адаптация может изменить естественный уровень их активности, обмена и пищевые потребности. Температура воды в опытах соответствовала той, которая наблюдалась в море. В опытах изучали: спектр питания, зависимость интенсивности питания от концентрации пищи, элементы пищевого балансового равенства. В качестве показателя интенсивности и эффективности потребления и усвоения разных видов корма при определениях спектра их питания использовали величину C_y/C . Опыты для получения исходных компонентов, необходимых для определения элементов пищевого балансового равенства, производили следующим образом. Животные, отловленные из планктона в количестве 50 - 100 экз. были помещены в сосуд с морской водой, профильтрованной через мембранный фильтр № 3. В сосуды вносили меченый корм в соответствующей концентрации, рассчитанной, исходя из численности водорослей или бактерий в исходной взвеси меченого корма. Конечная концентрация меченого корма также контролировалась, при этом использовали сосуды разного объема. Продолжительность экспозиции животных в сосуде с меченым кормом была равна времени, необходимому для однократного заполнения пищи кишечника животных.

После окончания экспозиции животных отмывали от меченого корма и переносили в сосуд с 40 - 50 мл воды, обедненной на 90% ионом HCO_3 и имеющей pH около 8,2, в которую добавляли немеченый корм. Сроки экспозиции животных в сосуде с неактивным кормом были выбраны в соответствии с временем, необходимым для полного переваривания порции захваченной пищи. Затем животных фиксировали подогреванием, отбирали из сосуда и отмывали последовательным перенесением в серию сосудов с дистиллированной водой. Отмытые животные растирались в ступке.

Полученный гомогенат переносили на мишени, высушивали. Радиоактивность гомогената учитывалась под счетчиком в условиях счета, абсолютно аналогичных таковым при определении величины обратной удельной активности корма (C_r). Величина радиоактивности животных (R_2) рассчитывалась в имп/сек. Эта величина представляет собой часть усвоенного и отложенного в теле вещества при однократном заполнении кишечника. В воде, оставшейся после экспозиции животных, определяли величины R_2 и R_p , то есть радиоактивность HCO_3 или выделенной при дыхании CO_2 , и радиоактивность фекалий. Для этого воду подщелачивали 0,2N раствором КОН и профильтровывали через мембранный фильтр № 4. На фильтре оставались фекалии, радиоактивность которых подсчитывали под счетчиком на высушенном фильтре, вводя поправочный коэффициент, отражающий приведение к условиям счета препаратов на стеклянной мишени при определении C_r . В наших опытах этот коэффициент был равен 1,08. Полученную величину радиоактивности фекалий - твердой части неусвоенной пищи - относили к одному рачку (R_f). В фильтрате определяли R_c - энергетические затраты за счет меченой пищи. Для этого в приборе Ю.И.Сорокина из подкисленного фильтрата отгоняли CO_2 , улавливали последнюю щелочью и осаждали в виде $BaCO_3$ при добавлении 1 мл 10%-ного раствора $BaCl_2$. Радиоактивность осадка $BaCO_3$ определяли на фильтре № 2, вводя поправку на самопоглощение и упомянутый выше коэффициент 1,08.

В некоторых опытах была сделана попытка учесть также и потери меченого органического вещества в процессе его усвоения в виде растворенной фракции, формирующейся за счет жидких выделений животных и при размывании фекалий. Для этого фильтрат после отделения фекалий выпаривали досуха на водяной бане. Сухой остаток заливали 3 - 5 мл 70%-ной H_2SO_4 , тщательно перемешивали и оставляли стоять в течение нескольких часов. За этот срок большая часть карбонатов и хлоридов разрушается с выделением CO_2 и газообразного хлора. Затем жидкость количественно переносили в пробирку для сжигания в приборе Сорокина, через который продували воздух в течение получаса. За это время жидкость почти нацело освобождается от CO_2 и хлоридов, мешающих мокрому сжиганию органического вещества. Далее в пробирку для сжигания вносили 50 мг сухого $K_2Cr_2O_7$ и кристаллик Ag_2SO_4 , а поглотитель заполняли 0,2N раствором КОН. Сжигание

длилось 15 мин. Связанная щелочью CO_2 осаждалась в виде BaCO_3 , как и при определении r_c , и ее радиоактивность определялась в осадке, отфильтрованном на мембранный фильтр № 2. Радиоактивность жидких выделений, найденная при введении тех же поправок, что и при определении величины r_c , рассчитывалась на одно животное (r_a). Радиоактивность потребленной животными пищи (R_f) находили по сумме компонентов баланса за время кратковременного опыта: $R_f = R_2 + r_c \cdot r_f + r_a$. Переход от величины радиоактивности к абсолютному количеству органического вещества в виде углерода осуществляли путем умножения этих величин на обратную удельную активность исходного корма (C_r). Перевод в калории производили по соотношению: 1 мгС=9,361 кал. (Винберг, 1960). Определение суточного баланса поступления и расхода вещества, то есть суточного рациона (R), суточного прироста (P), суточных трат на обмен (T) и неусвоенной за сутки пищи (F) в виде фекалиев (E) и растворенной органики (D) дается при описании результатов.

В настоящей работе исследовалось бактериальное питание ветвистоусых рачков *Penilia avirostris*, развивавшихся в планктоне прибрежных вод Восточного Крыма в октябре 1967 г. в больших количествах. Все эксперименты проведены на базе Карадагского Отделения Института биологии морей АН УССР.

Облов слоя 0-20 м производили планктонными сетями Джеди с газом № 49. В лаборатории планктон разбавляли чистой фильтрованной водой. Наиболее активно плавающие экземпляры пенилий отбирали и дважды последовательно переносили в стаканы с водой, фильтрованной через мембранный фильтр. Время пребывания рачков в этих сосудах не превышало одного часа.

При определении спектра питания пенилий о степени усвоения предложенной пищи судили по "индексу усвоения". Концентрация пищи во всех опытах была одинаковой - около 0,7 г/м³, время экспозиции - 7 час дневного времени, температура воды - одинаковой и постоянной.

Опыты по потреблению пенилией бактерий при разной концентрации последних проводились во второй половине дня - в 16-19 час чтобы исключить влияние разной интенсивности питания в течение суток. Объемы опытных сосудов подбирали с расчетом, чтобы при данной концентрации убыль пищи не превышала 10%-ной начальной концентрации. Время экспозиции - два часа, количество рачков в опыте - около 50 экз.

При проведении балансовых опытов для определения рации пенилий продолжительность экспозиции животных в сосудах с меченым кормом составляла 10 мин, время их преизвания в воде с немеченым кормом - 20 мин. В качестве корма использовали бактерий и культуры мелких жгутиковых водорослей размером не более 8 мк.

Результаты

Спектр питания. Было поставлено несколько опытов с целью выяснить, в какой степени пенилии способны отфильтровывать взвешенных в воде бактерий и каково их усвоение по сравнению с излюбленной пищей - мелкими жгутиковыми водорослями и детритом.

"Индекс усвоения" дисперсно распределенных бактерий (7,0%) оказался одинаковым с C_y/C мелких жгутиковых водорослей - *Pedinella* sp. (8,2%) и *Platymonas viridis* (10,0%). Это убедительно показывает, что бактериальные клетки улавливаются фильтрационным аппаратом пенилий и достаточно хорошо усваиваются. Интересно, что "индекс усвоения" водоросли *Euglenesium parvum* оказался необычайно низким, несмотря на подходящий размер клеток. Эту водоросль, видимо, следует признать неподходящим кормом для пенилии, поскольку усваивается она очень плохо - $C_y/C=0,7\%$ (рис. 1). Об усвоении пенилиями детритной пищи можно составить некоторое представление по "индексу усвоения" мертвых клеток *Pl.viridis* (18,0%). C_y/C при питании этим кормом вдвое выше, чем при потреблении бактериальной пищи. Весьма вероятно, что в данном случае мы имеем дело со смешанной пищей (бактерии и мертвые водоросли) и добавка бактерий к водорослям значительно увеличивает ее усвояемость.

Потребление бактерий. Серией опытов была выявлена зависимость количества потребляемых пенилиями бактерий от их концентрации. Следовало выяснить, при какой концентрации бактериальной пищи ее усвоение достигнет предельной величины. Оказалось, что при концентрации бактерий выше 330 тыс. клеток, или $0,7 - 1,4 \text{ г/м}^3$, потребление бактерий происходит практически с одинаковой скоростью. Вероятно, концентрацию бактериальной пищи около $0,6 - 0,7 \text{ г/м}^3$ можно принять оптимальной. Результаты опытов представлены в табл. 1, а ход кривой, показывающей зависимость количества потребленной пищи от концентрации бактерий, на рис. 2.

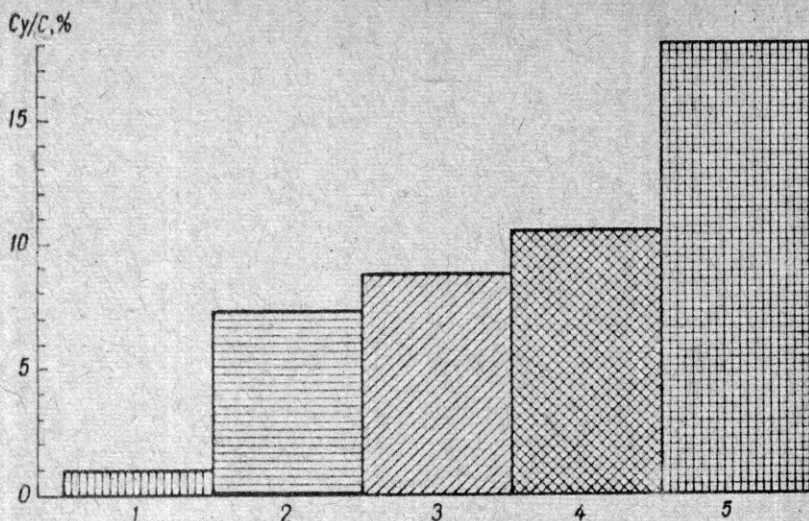


Рис. I. Сравнительная интенсивность усвоения *Penilia avirostris* при кормлении разными видами пищи: - *Primmesium parvum*, - дисперсно распределенные бактерии, - *Pedinella* sp., - *Platymonas viridis* /живая культура/, - *Platymonas viridis* /мертвая культура/.

Определение элементов пищевого балансового равенства. Как уже говорилось, в балансовых опытах измерялось накопление меченой пищи в теле рачков (R_2), количество выдыхаемой CO_2 (R_6) и радиоактивность выделенных фекалий (r_f), что в итоге дало возможность определить усвоение предложенной пищи и общее количество потребленной за время опыта (R_1). Результаты разовых опытов представлены на табл. 2. Для сравнения полученных величин на бактериальном корме было проведено три опыта при оптимальной концентрации мелких жгутиковых водорослей *Pedinella* sp. В двух параллельных балансовых опытах при кормлении водорослями, наряду с количеством твердых фекалий, было определено растворенное органическое вещество, выделяемое подопытными животными из порции потребленной меченой пищи. Оказалось, что жидкие органические выделения у пенилий составляют около 30% количества всей неусвоенной пищи (твердые + жидкие выделения) и около 10% потребленной.

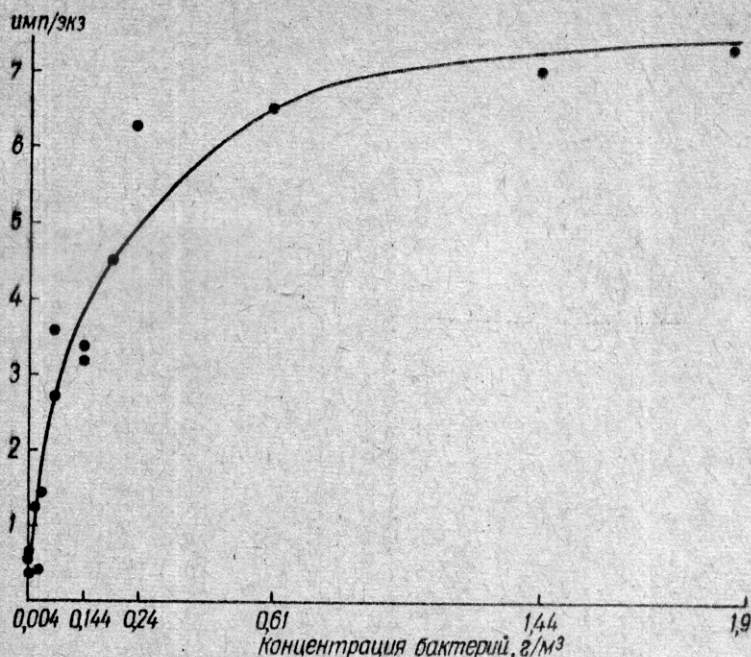


Рис. 2. Зависимость интенсивности усвоения *Penilia avirostris* от концентрации бактериального корма.

Для расчета общего рациона и количества усвоенной пищи в расчете на сутки был принят во внимание суточный ритм в питании *P. avirostris*, изображенный на рис. 3. Суточный ритм питания был выявлен на основании полевых материалов и по круглосуточным наблюдениям в лаборатории (Павлова, 1960). В период максимального питания рачков время заполнения кишечника и время переваривания пищи было равно 10 мин, при минимальном питании (в вечерние и утренние часы суток) это время увеличивается вдвое.

После каждого опыта перед растиранием рачков и приготовлением препарата фиксированные рачки просматривались под биноклюром. Кишечники рачков во всех случаях были заполнены пищей, что еще раз подтверждает правильность выбранного времени экспозиции пенилий в меченой пище. За 14 часов интенсив-

Т а б л и ц а I

Изменение интенсивности питания в зависимости
от концентрации бактериальной пищи

Объем воды в опыте, мл	Количество животных в опыте	Количество бактерий		мкг С/экз
		экз/мл	мг/л	
2000	46	5000	0,004	0,00279
2000	45	5000	0,004	0,00150
2000	49	12000	0,0084	0,00123
2000	45	12000	0,008	0,00150
2000	51	25000	0,018	0,00358
2000	50	25000	0,018	0,00126
2000	49	50000	0,036	0,00489
1000	50	100000	0,072	0,00846
1000	54	100000	0,072	0,01101
700	49	200000	0,144	0,00969
700	50	200000	0,144	0,00924
800	50	300000	0,215	0,01326
1000	50	330000	0,240	0,02070
500	48	850000	0,610	0,01926
200	52	2000000	1,440	0,02100
200	54	2600000	1,900	0,02241
100	44	3300000	2,400	0,02361

ного питания в течение суток один рачок в этом случае заполнит свой кишечник 84 раза, за 10 часов минимального питания — 30 раз. Следовательно, чтобы рассчитать суточное потребление меченой пищи все величины разового потребления за 10 минут нужно взять 11,4 раз (если опыт по разовому потреблению проведен во время суток, когда отмечено интенсивное питание). Если кормление меченой пищей проведено во время суток, когда имеет место ослабленное питание, то величину разового потребления за 10 минут следует удвоить и умножить на 11,4.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Вопрос о том, способны ли клadoцеры-тонкие фильтраторы к

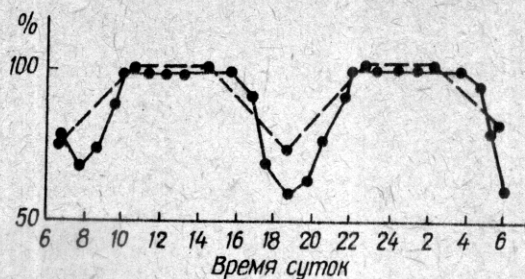


Рис. 3. Суточный ритм в питании самок *Penilia avirostris* по полевым материалам — — — и лабораторным наблюдениям — — — .

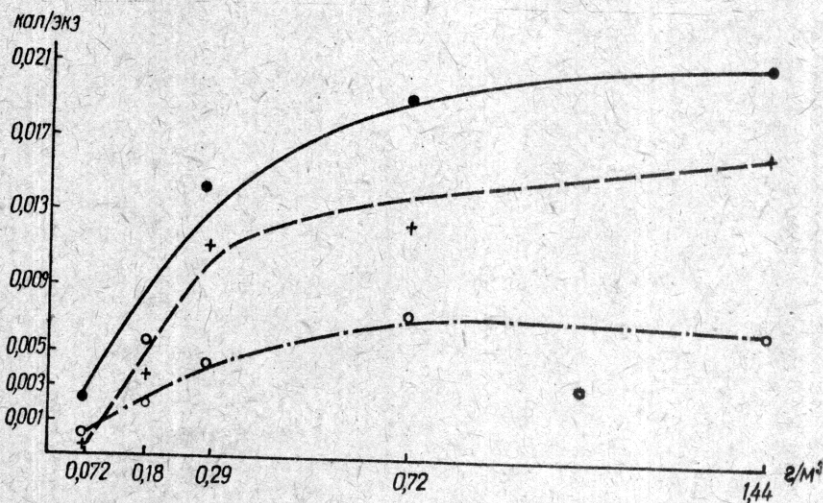


Рис. 4. Соотношение элементов балансового равенства при суточном потреблении *Penilia avirostris* меченых бактерий разной концентрации: * — — — рацион; + — — — неусвоенная пища; о — — — усвоенное органическое вещество.

которым относится и пенилия, отфильтровывать из воды взвешенных бактерий был решен ранее (Родина, 1948, 1949; Павлова, 1959, и др.). Полученные данные на меченом корме лишь подтвердили этот вывод. Оставалось невыясненным, в какой степени бактериальная пища усваивается организмом и может ли она быть полноценным кормом. Опыты по сравнительному усвоению

Результаты определений накопления
выдыхаемой CO_2 (r_c) и количества фекалий (r_f)
Penilia avirostris бактериальной

$t^\circ\text{C}$ воды	Время суток, час	Число рачков в опы- те, экз	C_r корма, мкгС/имп	Вид корма	Концентрация корма		R_2
					кл/мл	г/м ³	
17,5	16	100	0,00300	Бактерии	100000	0,07	0,13
17,5	15	99	0,00300	"	250000	0,18	0,50
21,0	15	95	0,00300	"	400000	0,29	0,81
18,0	18	97	0,00300	"	1000000	0,72	1,26
20,5	16	136	0,00300	"	2000000	1,44	0,92
20,0	16	96	0,00031	<i>Redinella sp.</i>	7000	0,62	23,50
20,0	17	198	0,00036	"	7000	0,62	5,00
20,0	17	197	0,00036	"	7000	0,62	4,60

x/ Выделенная растворенная органика (r_d) =

пенилией различных пищевых объектов - водорослей, бактерий и детрита (мертвых водорослей) показали, что при одинаковой концентрации бактериальный корм усваивается примерно в той же степени, что и водорослевый (рис. 1). Балансовые опыты дали возможность получить количественные данные по соотношению величин потребленного, усвоенного и неусвоенного вещества при кормлении бактериальной пищей.

Кратковременные балансовые эксперименты с применением радиоактивного углерода дают количественные данные о распределении в организме одной порции активного корма, равной объему кишечника пенилии. Общее количество ассимилированного вещества из этой порции пищи определяется суммой отложенного в теле меченого вещества и части его, пошедшей на

органического вещества в теле (R_2),
при кратковременном кормлении
и водорослевой пищей

r_c	r_f	R_2	r_c	r_f	R_2	r_c	r_f	R_2
имп/экз			мкгС/экз $\times 10^{-3}$			кал/экз $\times 10^{-4}$		
0,25	0,24	0,39	0,75	0,72	0,036	0,070	0,067	0,173
0,36	1,01	1,50	1,08	3,03	0,140	0,101	0,284	0,525
0,30	3,30	2,48	0,90	9,90	0,232	0,084	0,927	1,243
0,33	1,57	2,16	1,00	4,71	0,202	0,094	0,534	0,830
0,88	4,84	2,76	2,64	14,50	0,258	0,247	1,357	1,862
18,20	17,20	7,28	5,64	5,27	0,681	0,528	0,493	1,702
4,18	2,30	1,81	1,51	0,83 ^{хх/}	0,169	0,141	0,078	0,388
2,70	2,60	1,66	0,98	0,94 ^{хх/}	0,155	0,092	0,088	0,335

$$0,00021; \text{хх/} r_a = 0,00058.$$

дыхание за время пребывания в немеченном корме. Расчет примерного суточного рациона ленилий на пище разной концентрации представлен табл. 3.

Общая величина суточного рациона при питании бактериальной пищей колеблется в пределах от II до III% от веса тела, выраженного в калориях, что обусловлено различной концентрацией бактерий в опыте. С повышением концентрации бактерий от 0,07 до 0,72 г/м³ суточный рацион увеличивается в 10 раз, дальнейшее повышение концентрации до 1,44 г/м³ приводит лишь к незначительному повышению величины суточного рациона. Усвояемость пищи с повышением концентрации падает примерно в два раза.

Соотношение элементов балансового равенства при различной концентрации бактериальной пищи представлено графически на рис. 4. С увеличением концентрации до $0,72 \text{ г/м}^3$ количество усвоенного органического вещества заметно нарастает, при дальнейшем повышении до $1,44 \text{ г/м}^3$ несколько снижается. Количество же неусвоенной пищи значительно повышается с увеличением концентрации бактерий: при максимальной концентрации не усваивается большая часть рациона - 86% веса тела, выраженного в калориях. Можно полагать, что оптимальной концентрацией пищи для пенилий нужно считать $0,7 \text{ г/м}^3$, поскольку примерно при этой концентрации суточный рацион устанавливается на одном уровне и величины усвоенной и накопленной в теле энергии имеют максимальные значения.

Чтобы определить, какая часть ассимилированного вещества пошла на дыхание, а какая на прирост и размножение, следует сопоставить суточную величину ассимилированного вещества с величиной дыхания этого организма за сутки, определенной каким-либо другим методом, например, кислородным. Для пенилии такие данные были получены на популяции в Севастопольской бухте (Павлова, 1961); на основании этих величин были рассчитаны суточные расходы на энергетический обмен по кислородному методу (табл. 4). Оказалось, что при концентрации бактериального корма $0,07 \text{ г/м}^3$ ассимилированного вещества недостаточно даже чтобы покрыть необходимые энерготраты на дыхание. Увеличение концентрации в 2,5 раза ($0,18 \text{ г/м}^3$) дает возможность пенилии покрыть ассимилированным веществом эти затраты. При концентрации бактерий в 4 раза выше начальной ($0,29 \text{ г/м}^3$) усвоенное вещество несколько больше величины, расходуемой на дыхание, но, видимо, не настолько, чтобы осуществить нормальные линьки и прирост организма. По опубликованным данным при нормальном росте и размножении, какое имеет место в природе, самки пенилий расходуют в среднем за сутки (при температуре около 20°) на обмен - 26%, прирост - 21% и на размножение - 53% всего ассимилированного вещества (Павлова, 1964).

Бактериальный корм только в количестве $0,72 \text{ г/м}^3$ дает возможность рачкам для нормального роста и размножения. Водорослевый корм при концентрации $0,62 \text{ г/м}^3$ также обеспечивает пенилиям потребности на дыхание, рост и размножение (табл. 4). Сравнение элементов балансового равенства при кормлении пенилий бактериальной и водорослевой пищей примерно оптималь-

Таблица 3
Суточный баланс поступления и расходования энергии самками *Penilia avirostris*
при кормлении бактериями и водорослями

Усвоено (U)		Не усвоено (F)		Рацион (R)		Усвояемость, % R
кал/экз	% калорийности тела	кал/экз	% калорийности тела	кал/экз	% калорийности тела	
0,0012	6,7	0,0008	4,2	0,0020	II	60
0,0027	15,0	0,0032	18,0	0,0059	33	45
0,0036	20,0	0,0106	58,7	0,0142	80	25
0,0067	37,2	0,0123	67,8	0,0189	105	35
0,0058	32,2	0,0155	85,9	0,0213	118	27
0,0138	76,7	0,0056	31,9	0,0194	108	71
0,0071	39,4	0,0018	9,9	0,0089	50	80
0,0056	31,1	0,0020	11,2	0,0076	43	74

Примечание. Калорийность I экз. - 0,018 кал.

Т а б л и ц а 4

Распределение ассимилированной энергии у *Penilia avirostris*
при кормлении пищей разной концентрации

Усвоенное вещество, кал/экз за сутки	Дыхание по методу Винклера, кал/экз за сутки	Накормлено в теле	
		кал/экз за сутки	% всего усвоенного вещества
0,0012	0,00205	0	0
0,0027	0,00205	0	0
0,0036	0,00279	0,0008	29
0,0067	0,00213	0,0046	68
0,0058	0,00258	0,0032	56
0,0138	0,00258	0,0112	80
0,0026	0,00258	0,0045	63
0,0028	0,00279	0,0028	50

ной концентрации представлено на рис. 5. Средняя величина рациона при бактериальном питании несколько больше, нежели при водорослевом, количество усвоенного и накопленного органического вещества одинаково при обоих видах корма. Видимо, можно с достаточным основанием считать, что процессы накопления органического вещества в организме при потреблении бактерий происходят в пределах тех же количественных соотношений, что и при потреблении водорослевой пищи, то есть что дисперсно распределенные в воде бактерии могут быть полноценным кормом для кладоцер, если их концентрация достигает оптимальных величин.

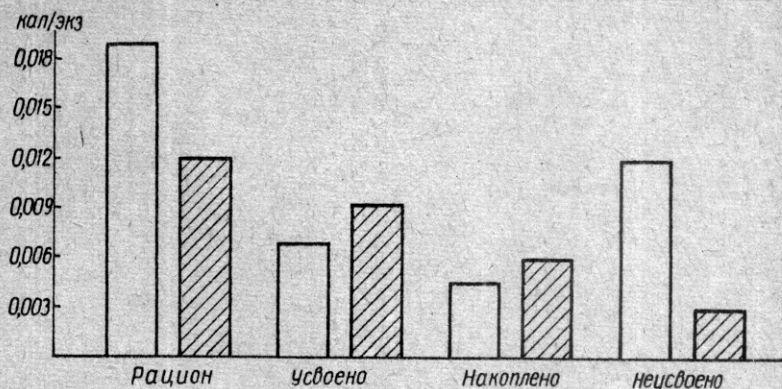


Рис. 5. Сравнение элементов балансового равенства при кормлении *Penilia avirostfis* бактериальной и водорослевой пищей в одинаковых концентрациях.

Проведение серии опытов по определению усвояемости бактериального корма в зависимости от концентрации бактерий выявило интересную особенность морских кладоцер отфильтровывать одиночных бактерий из среды с очень малой их концентрацией. 5000 клеток в 1 мл ($0,004 \text{ г/м}^3$) — минимальная величина концентрации бактерий в наших опытах — достаточно хорошо отлавливалась фильтрационным аппаратом пенилий. К сожалению, не было поставлено опытов с еще более низкой концентрацией. Видимо, морские кладоцеры приспособились к более низким концентрациям пищи в среде, чем пресноводные.

Л и т е р а т у р а

В и н б е р г Г.Г. Первичная продукция водоемов. - Изд-во АН БССР, Минск, 1960.

П а в л о в а Е.В. О питании *Penilia avirostris* Д а н а, - В кн.: Тр. Севастоп. биол. ст., 11, Изд-во АН СССР, М., 1959.

П а в л о в а Е.В. Биология *Penilia avirostris* Д а н а в Черном море. Автореф. канд.дисс. Севастополь, 1960.

П а в л о в а Е.В. Поглощение кислорода некоторыми планктонными рачками Севастопольской бухты. - В кн.: Тр. Севастоп. биол. ст., 14, Изд-во АН СССР, М., 1961.

П а в л о в а Е.В. Пищевые потребности и их удовлетворение у черноморской кладоцеры *Penilia avirostris*. - В кн.: Тр. Севастоп. биол. ст., 15. Изд-во АН СССР, Севастополь, 1964.

Р о д и н а А.Г. Бактерии и дрожжевые грибки как пища для *Gladocera*. - ДАН СССР, 29, 3, 1940.

Р о д и н а А.Г. Роль бактерий и дрожжевых грибов в питании *Gladocera*. - В кн.: Тр. Зоол. ин-та, 8, 3, 1948.

С о р о к и н Ю.И. О применении радиоактивного углерода для изучения питания и пищевых связей водных животных. - В кн.: Тр. Ин-та биологии внутренних вод, 12 (15). Планктон и бентос внутренних водоемов. "Наука", М.-Л., 1966.