

Л. М. СУЩЕНЯ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ *ARTEMIA SALINA* (L.)

Среди гетеротрофных организмов, играющих большую роль в продукционном процессе водоемов, одно из ведущих мест принадлежит планктонным животным — фильтраторам. Основная масса первичного органического вещества, образующаяся в толще воды, потребляется этими животными, трансформируется в их теле и передается на более высокие трофические уровни. В связи с этим очевидна важность получения количественных показателей, характеризующих питание и трансформацию энергии у планктонных фильтраторов.

В настоящей работе изложены результаты экспериментального изучения фильтрационного питания рачка *Artemia salina*. Артемия широко распространена в различных лиманах и соленых озерах и зачастую достигает в них большого количественного развития. Она хорошо развивается и в лабораторных условиях, что указывает на возможности массового культивирования этого рачка в качестве живого корма для рыб. Этому может содействовать также сравнительная легкость добывания инкубационного материала артемий. Яйца этих животных после выброса из яйцевых сумок зачастую выносятся в огромных количествах на береговые отмели водоемов, где сбор их не представляет особого труда.

В гидробиологической литературе имеется ряд работ, посвященных росту, дыханию и другим физиологическим особенностям артемий, но почти отсутствуют данные об их питании. Между тем как для характеристики продукционного значения артемий в различных водоемах, так и для целей массового культивирования, количественные данные об их питании и фильтрационной активности совершенно необходимы.

Материал и методика

В нашем распоряжении была культура артемий, выведенная из яиц, собранных в черноморских лиманах Болгарии и любезно предоставленных нам М. А. Долгопольской.

Опыты проводились при солености воды около 35‰. При этой солености артемии болгарской расы достигали длины 10—12 мм. Кормление животных в культуре производилось взвесью дрожжей и мелких жгутиковых водорослей.

Питание рачков изучалось в лабораторных условиях при температуре 20—25°C. В опытах участвовали артемии среднего возраста и взрослые животные. Проведено около ста опытов по определению интенсивности питания и скорости фильтрации. Продолжительность

опытов была стандартной и равнялась 4 часам. Кроме того, проведены три серии 12-дневных опытов по определению баланса энергии у артемий 15-дневного возраста.

Во время опытов животных помещали в небольшие сосуды (объемом 20—50 мл), расположенные на вращающемся барабане для поддержания пищевых частиц во взвешенном состоянии. При изучении закономерностей фильтрационного питания планктонных животных данное обстоятельство является особенно важным, так как неподвижное состояние сосудов приводит к быстрому осаждению пищевой взвеси и выключению ее из поля действия фильтрационного аппарата животных (Ryther, 1954). Вращение барабана обеспечивалось электрокимографом. Скорость вращения была равной 1,5 оборота в минуту. В качестве пищи использовалась отмытая от среды взвесь дрожжевых клеток. Вода, служившая для приготовления дрожжевой взвеси, освобождалась от посторонней микрофлоры путем фильтрации через мембранный фильтр № 5. Для того, чтобы исключить развитие бактерий в воде, во время опыта в нее вносился пенициллин (кристаллическая натриевая соль) из расчета 50 мг на 1 л. Как показано в физиологических опытах с ракообразными, добавление пенициллина не сказывается отрицательно на активности питания подопытных животных (Marshall, Orr, 1958).

Количество потребленной пищи определялось по разнице концентрации дрожжей в начале и конце опыта. Подсчет клеток производился в камере Горяева для форменных элементов крови. На основании результатов подсчета определялся суточный рацион животных. Для этого определялся сухой вес дрожжевых клеток и их калорийность. Последняя определялась методом бихроматного сжигания с соответствующими пересчетами кислорода, использованного на окисление дрожжей, в калории. Оксикалорийный коэффициент брался равным 3,4 (Винберг, 1954). Метод бихроматного сжигания также дает достаточно надежные данные при определении сухого веса организмов (Сушеня, 1957).

Определение интенсивности питания производилось при концентрациях дрожжей от 0,1 до 3,5 млн. клеток в 1 мл. В опытах по определению баланса энергии у растущих артемий использовались три концентрации дрожжей: 0,2; 0,5 и 1,0 млн. кл/мл. Для расчета энергетического баланса использовалось балансовое равенство, приведенное в работах В. С. Ивлева (1939а, 1945), согласно которому:

$$P = T + \Pi + H,$$

где «Р» — общее количество энергии, заключенное в потребленной пище; «Т» — траты энергии пищи на нужды обмена, соответствующие интенсивности дыхания или «энергетическому обмену»; «Π» — энергия прироста биомассы животных; «Н» — энергия, заключенная в неусвоенной части пищи.

На основании данных по балансу энергии можно оценить эффективность использования энергии всей потребленной пищи (Р) и усвоенной ее части (Т + Π) на прирост биомассы животных. Для этого необходимо рассчитать коэффициенты использования энергии первого и второго порядка — K_1 и K_2 (Ивлев, 1938, 1939а, 1939б, 1945);

$$K_1 = \frac{\Pi}{P}; \quad K_2 = \frac{\Pi}{T + \Pi}$$

Степень усвоения потребленной пищи (q) будет определяться следующим отношением:

$$q = \frac{T + \Pi}{P}$$

На основании результатов, полученных в опытах по питанию, была рассчитана скорость фильтрации воды артемиями. Расчет производился по формуле К. А. Воскресенского (1959):

$$v = \frac{W}{t \times n} \left[(\ln C_0 - \ln C_t) - (\ln C_0 - \ln C'_t) \right] = \frac{W}{t \times n} (\ln C'_t - \ln C_t),$$

где « V » — скорость фильтрации в мл/экз./час, « W » — объем взвеси в опытном сосуде, « t » — продолжительность опыта в часах, « n » — количество животных, « C_0 » — начальное количество пищевых частиц в опытном сосуде, « C'_t » — количество пищевых частиц в контроле в конце опыта, « C_t » — количество пищевых частиц в опытных сосудах в конце опыта.

Результаты опытов

Интенсивность питания. На рис. 1 показано изменение пищевых рационов молодежи и взрослых артемий в зависимости от концентрации дрожжевых клеток. Как видно, интенсивность питания обеих групп возрастала по мере увеличения концентрации пищевых частиц. Однако это возрастание происходит лишь при увеличении плотности пищи примерно до 1,2—1,4 млн. кл./мл. При этих значениях рацион достигает своего максимального значения. Дальнейшее увеличение плотности взвеси практически не меняет его величину. У взрослых рачков максимальный рацион (R) составляет около 1,4 млн. кл./экз./час.

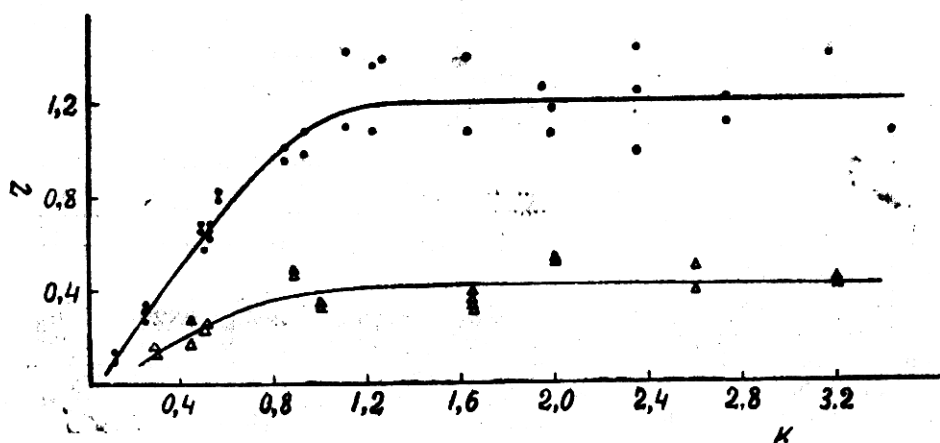


Рис. 1. Зависимость величины рациона *Artemia salina* (г, в млн. кл./экз./час) от концентрации пищи (K, в млн. кл./мл.).
Кружки — взрослые, треугольники — молодь.

У молодых артемий зависимость интенсивности питания от концентрации пищи имеет сходный характер. С увеличением концентрации дрожжей фактический рацион (r) изменялся у них от 0 до 0,42 млн. кл./экз./час. R составлял 0,42 млн. клеток и достигался при тех же, что и у взрослых животных, плотностях взвеси (1,2—1,4 млн. кл./мл.).

В таблице 1 приведены величины суточных рационов подопытных рачков при различных концентрациях пищевых частиц. В расчете на 1 экземпляр взрослых животных (сухой вес 0,59 мг) потреблялось от 0,069 до 0,832 мг сухого веса дрожжей. Это составляет 11,76—141,10% от веса тела животных. Суточные рационы молоди находятся в пределах 31,68—166,50% от сухого веса рачков, равного 0,175 мг.

Таблица 1

Суточные рационы *Artemia salina* при различных концентрациях пищи. $t = 20^\circ\text{C}$.

Возрастная группа	Концентрация пищи, тыс. кл./мл	Р а ц и о н	
		В мг сух. веса/экз.	В % от веса тела
Молодь 15-дневного возраста	200	0,0554	31,68
	400	0,1318	75,30
	800	0,2359	135,00
	1200	0,2774	158,50
	1400	0,2844	162,50
	1600	0,2914	166,50
Взрослые	100	0,0694	11,76
	200	0,1596	27,04
	400	0,3538	60,00
	800	0,6936	116,60
	1200	0,8184	138,80
	1400	0,8323	141,10

Если величину максимального рациона принять равной R , то как отмечает В. С. Ивлев (1955), отношение между реальным рационом (r) и плотностью пищи (K) должно быть пропорционально разности между максимальным и реальным рационами:

$$\frac{dr}{dk} = \xi (R - r),$$

где ξ — коэффициент пропорциональности.

Интегрируя это уравнение, получим:

$$r = R (1 - e^{-\xi k}).$$

Для расчетов это основное уравнение удобнее переписать в виде

$$r = R (1 - 10^{-ak}),$$

заменив натуральные логарифмы десятичными и соответственно заменив коэффициент пропорциональности.

На основании эмпирических данных по этому уравнению можно рассчитать величину максимального рациона (R) и коэффициент пропорциональности (a). В нашем случае данное уравнение в численной форме выражается следующим образом:

$$\text{для молодежи} — r = 0,42 (1 - 10^{-0,1566 k}),$$

$$\text{для взрослых} — r = 1,40 (1 - 10^{-0,1270 k}).$$

Рассчитанная по этим уравнениям зависимость между рационом и плотностью пищи отражена в таблице 2. В соответствии с этими данными приведены также кривые на рис. 1.

Таблица 2

Рассчитанная по уравнению зависимость величины рационов от плотности пищевой взвеси

Плотность пищевой взвеси, млн. кл/мл	Величина рациона, в млн. клеток экз./час	
	Взрослые рачки	Молодь
0,1	0,170	0,061
0,2	0,310	0,113
0,4	0,556	0,195
0,6	0,746	0,256
0,8	0,892	0,300
1,0	1,005	0,332
1,2	1,094	0,356
1,6	1,215	0,386
2,0	1,289	0,402
2,4	1,333	1,410
2,8	1,360	0,415
3,2	1,376	0,417

Подтверждением того, что указанное выше отношение между размером рационов и концентрацией пищи соответствует действительности, является рис. 2, на котором функциональная связь, данная на рис. 1, выражена в виде линейной зависимости $\lg (R - r)$ от «K». Как видно из рисунка, все точки для обеих групп артемий хорошо укладываются на прямой, указывая на то, что отношение реального рациона к плотности пищи пропорционально разности между R и r.

Приведенные данные представляют интерес в биологическом отношении, так как они указывают на отсутствие прямолинейной зависимости между концентрацией пищи и ее потреблением. Полученная математическая зависимость свидетельствует о том, что для планктонных

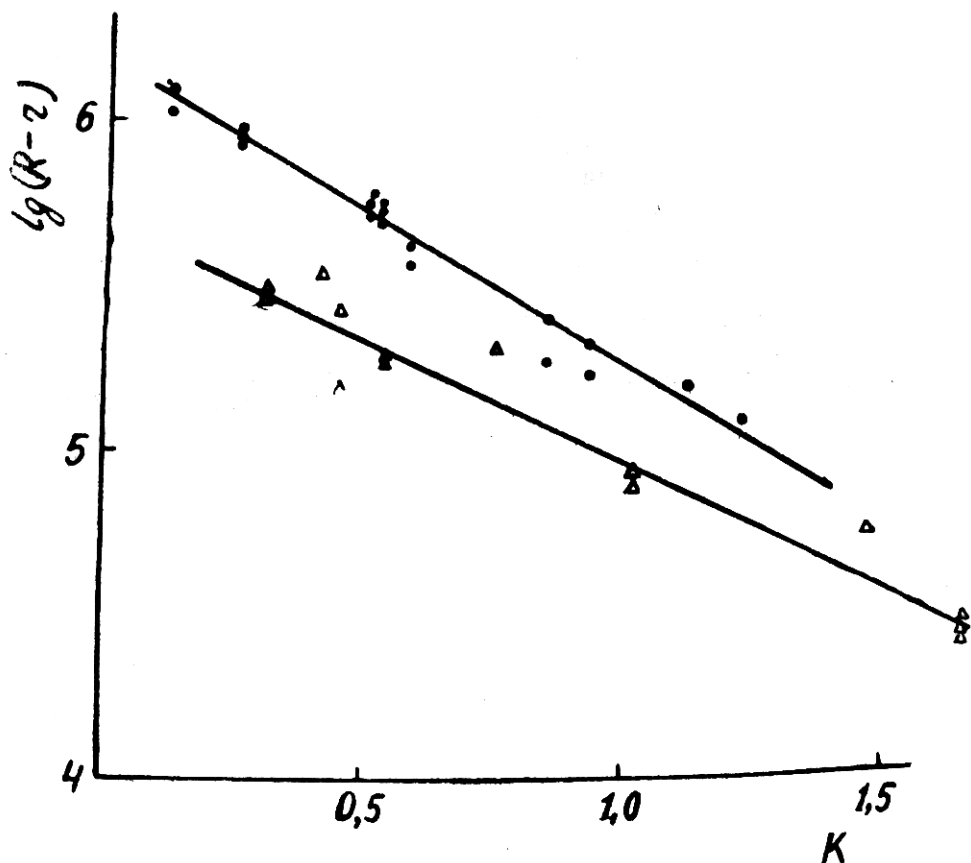


Рис. 2. Функциональная связь, данная на рис. 1, выраженная в виде линейной зависимости $\lg(R-r)$ от K . Обозначения те же, что на рис. 1.

фильтраторов характерна закономерность, отмеченная ранее для рыб (Ивлев, 1955) и указывающая на существование у них максимально возможного рациона, характеризующего физиологическое состояние полной насыщенности животных. В определенных пределах нарастания концентрации пищи реальный рацион животных тоже увеличивается и приближается к некоторой предельной величине. Но выше последней он уже не поднимается, несмотря на дальнейший рост плотности пищи. Эта закономерность была также отмечена и у пресноводных рачков-фильтраторов (Сушеня, 1958).

Величина суточных рационов и пищевые потребности артемий. Для оценки относительной величины суточных рационов необходимо сравнить их с пищевыми потребностями животных. Последние, как известно, определяются энергетическими затратами организма в данный период, которые выражаются в виде дыхания («энергетический обмен»), и энергией прироста животного («пластический обмен»). Зная интенсивность газообмена, мы можем сравнить энергетический обмен животных (T) с величиной их суточного рациона (r). На рис. 3 приведено отношение рационов к дыханию ар-

темий в % при разных концентрациях пищи. Из графика видно, что затраты на энергетический обмен у взрослых животных при низкой плотности пищи составляют около 50—60% от величины рациона. При повышении концентрации пищи величина рациона возрастает, и соответственно этому отношение T/g резко снижается. При концентрации дрожжей около $1/4$ млн. кл. в мл энергетический обмен равен 12% от размера рациона. Таким образом, у взрослых артемий величина максимального рациона в 8 с лишним раз превышает затраты животных на энергетический обмен.

У молодых артемий T/g изменяется аналогичным образом. Величина этого отношения с повышением плотности пищи снижается и при максимальном рационе достигает постоянного значения, равного 16%. R у молодых артемий превосходит затраты на энергетический обмен в 6 с лишним раз.

Для полной оценки величины суточных рационов необходимо учесть также и пластический обмен. К сожалению, данных о росте и балансе энергии у низших ракообразных чрезвычайно мало. В работе Ричмэна (Richman, 1958) показано, что у молоди *Daphnia pulex* пластический обмен равен энергетическому. У взрослых животных этого вида он примерно в 10 раз ниже энергетического. В наших опытах по

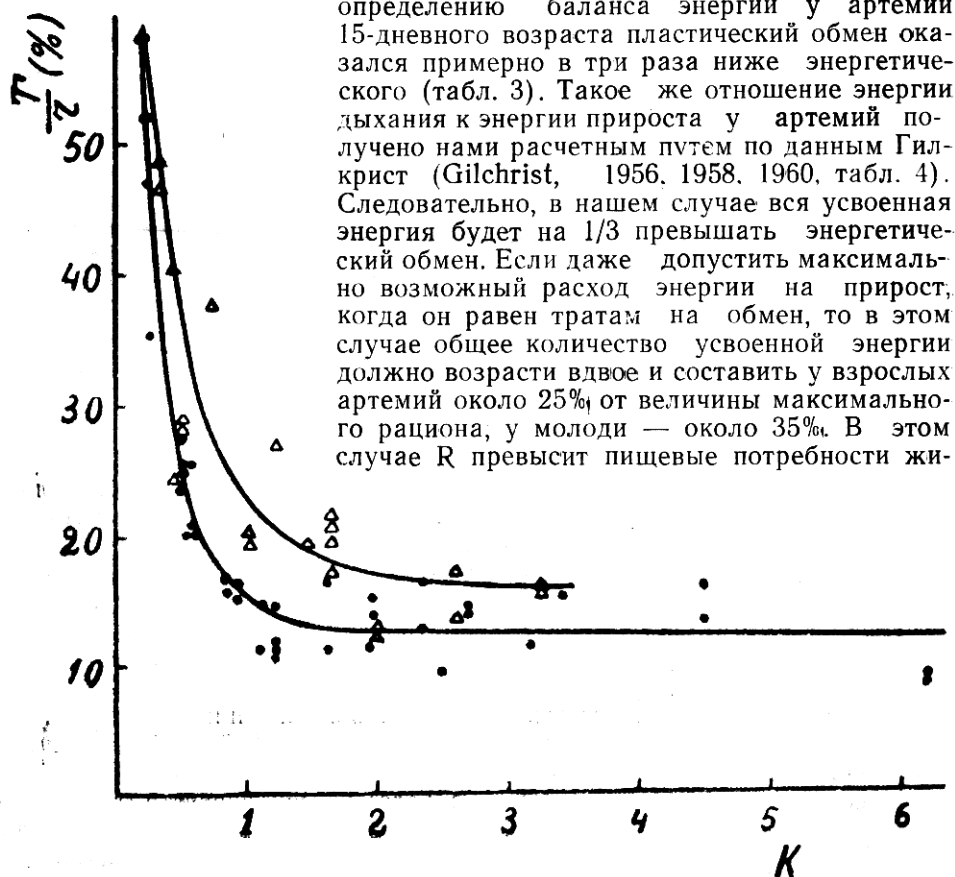


Рис. 3. Отношение величины рационов (g) к дыханию животных (T) при разных концентрациях пищи (K). Обозначения те же.

вотных соответственно в 4 и 3 раза. Таким образом, даже при крайне высоком приросте полученный размер рациона следует признать достаточным.

С другой стороны видно, что количество пищи, потреблявшееся артемиями при фильтрации, даже при очень высоких плотностях пищевой взвеси, превышает пищевые потребности животных лишь в несколько раз. Пищевые индексы (табл. 1) в этих условиях также невелики (около 150% при максимальных концентрациях дрожжей). В связи с этим здесь нет оснований говорить о чрезмерном, так называемом «избыточном» питании животных, при котором, по мнению ряда авторов, количество потребленной пищи может быть в десятки раз выше веса тела животных.

Баланс энергии *Artemia salina*. В 12-дневных опытах по определению баланса энергии у артемий (табл. 3) использовались животные со средним начальным сухим весом 0,055 мг. В течение опытов в сосудах поддерживались три различных концентрации дрожжей: 0,2, 0,5 и 1,0 млн. кл. в мл. В каждой из этих концентраций содержалось по 50 экземпляров рачков. Учитывалось дыхание животных и ежесуточное потребление пищи. Определен средний прирост веса тела 1 экземпляра за время опыта. При трех концентрациях дрожжей он оказался равным соответственно 0,107, 0,147 и 1,162 мг. В процентах от начального веса это составляет 195, 267 и 295%. Прирост в калориях равен 0,374; 0,515 и 0,570 кал/экз. Определив суммарное дыхание, выразив его в калориях и прибавив к приросту, мы получим общее количество энергии, ассимилированное 1 животным за время опыта. При концентрации 0,2 млн. кл/мл оно равно 1,581; при 0,5 — 1,940 и при 1,0 — 2,077 кал/экз. Процент ассимиляции соответственно равен 78,31, 50,75 и 32,87.

Таблица 3

Баланс энергии *Artemia salina* за 12 дней роста при трех концентрациях дрожжей (в калориях). $t = 25^{\circ}\text{C}$

Концентрация дрожжей, млн. кл. мл	Потребленная энергия, Р (кал.)	Энергия прироста, П (кал.)	Энергия дыхания, Т (кал.)	Неусвоенная энергия, Н (кал.)	Усвоение пищи, в % q	$\frac{П}{Р} = K_1$ (в %)	$\frac{П}{Т + П} = K_2$ (в %)
0,2	2,019	0,374	1,207	0,438	78,31	18,52	23,65
0,5	3,939	0,515	1,425	1,940	50,75	13,07	26,55
1,0	6,320	0,570	1,507	4,243	32,87	9,02	27,44

Таким образом, из приведенных выше данных видно, что при увеличении концентрации пищи в 5 раз потребление ее возросло примерно в 3 раза, а доля усвоенной энергии снизилась с 78 до 33%. Уменьшилась и доля энергии, используемая на рост (коэффициент использования энергии первого порядка). При увеличении рациона в три раза K_1 снизился вдвое.

В биологическом отношении исключительно важным представляется тот факт, что доля ассимилированной энергии, используемая на рост (K_2), была во всех трех сериях почти одинаковой, хотя и наблюдалась некоторая тенденция к ее увеличению при возрастании плотности дрожжевой взвеси. Практически разница между максимальным и минимальным значениями K_2 не превышает 4%, что не дает достаточных оснований говорить об изменении величины этого коэффициента в зависимости от размеров рациона.

Кроме изложенных экспериментальных наблюдений, нами использованы также литературные данные по дыханию, линейному и весовому росту артемий ((Gilchrist, 1956, 1958, 1960) для расчета энергетического и пластического обмена у этих животных (табл. 4). В опытах Гилкрист кормление артемий производилось взвесью водоросли *Dunaliella tertiolecta* Butcher. Обработав методом наименьших квадратов приводимые этим автором эмпирические точки, связывающие интенсивность газообмена и вес тела артемий при 25°C, мы получили следующее уравнение:

$$Q = 0,51 \times W^{0,662}$$

где Q — дыхание в мл O_2 /экз./час, W — вес тела животных в г. На основании этого уравнения рассчитано дыхание для 5 возрастных групп артемий за каждые 5 дней после выклева. По соответствующим кривым, приводимым Гилкрист, определен средний весовой прирост 1 экземпляра в каждой из этих групп. Дыхание (энергетический обмен) и прирост (пластический обмен) выражены в калориях.

Таблица 4

Соотношение пластического и энергетического обмена, рассчитанное по данным Гилкрист (Gilchrist, 1956, 1958, 1960)

Дни после выклева	Длина тела (мм)	Сухой вес (мг)	Прирост за 5 дней, в мг	Прирост за 5 дней, в калориях (П)	Энергия дыхания за 5 дней, в кал. (Т)	$\frac{T}{П}$
5	1,50	0,032	—	—	—	—
10	3,30	0,080	0,048	0,168	0,204	1,2
15	6,00	0,230	0,150	0,525	0,912	1,7
20	7,20	0,340	0,110	0,385	1,380	3,6
25	8,30	0,520	0,180	0,630	1,800	2,9

Как видно из таблицы 4, у артемий 5-дневного возраста отношение Т/П близко к 1. Это совпадает с приведенными выше данными Ричмэна для молоди *Daphnia pulex*. У артемий 15-дневного возраста энергетический обмен превышает пластический примерно в два, а в более позднем возрасте — в три раза. Последнее хорошо согласуется с нашими данными (табл. 3). Следует однако отметить, что величина прироста артемий 4-й группы (15—20 дней), по данным Гилкрист, оказывается несколько меньшей, чем в предыдущей и последующей группах. В связи с этим отношение Т/П для этой группы оказалось сравнительно большим в пользу энергетического обмена. Это обстоятельство

можно, по-видимому, объяснить процессами полового созревания артемий, которые как раз приходятся на этот возраст.

Скорость фильтрации воды. На основании данных по питанию была рассчитана скорость фильтрации воды взрослыми и молодыми артемиями (рис. 4). Все данные, нанесенные на график, приведены к температуре 20°C. При этом было принято, что между скоростью фильтрации и температурой существует такое же отношение, как между температурой и интенсивностью дыхания. В связи с этим для приведения всех опытных данных к одной температуре были использованы коэффициенты «нормальной кривой» Крога. Возможность такого допущения подтверждается работой Голда (Gauld, 1951).

Как видно из рис. 4, скорость фильтрации воды взрослыми животными в диапазоне низких концентраций дрожжей довольно быстро возрастает по мере увеличения плотности взвеси, достигая максимума

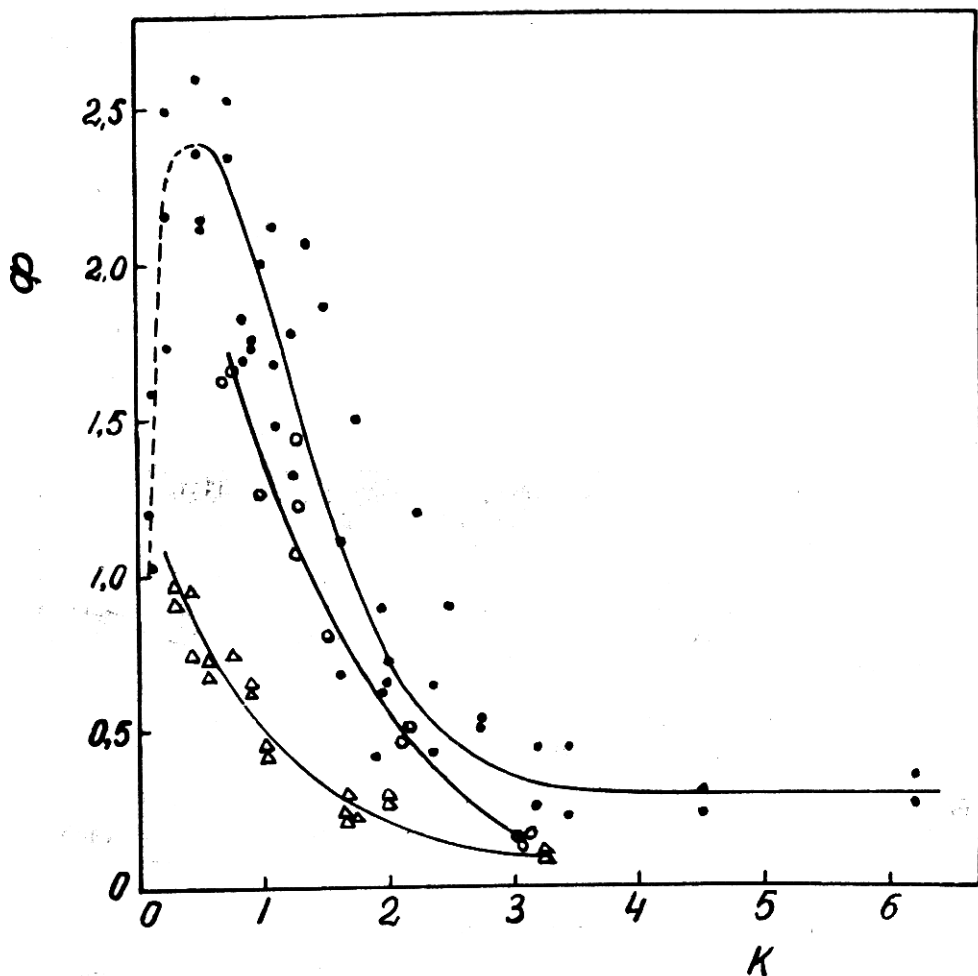


Рис. 4. Зависимость скорости фильтрации (Φ , в мл/экз./час) от концентрации пищи (K , в млн. кл./мл). Взрослые животные: ● — 4-часовые опыты; ○ — суточные опыты; ▲ — молодь.

примерно около 0,5 млн. кл./мл. Дальнейшее увеличение плотности взвеси приводит к резкому снижению скорости фильтрации. При концентрациях выше 3 млн. кл./мл она становится стабильной и равна 0,3 мл/экз./час. Максимальная скорость фильтрации у взрослых рачков равна 2,5 мл/час или 60 мл/сутки; минимальная — 7,2 мл/сутки. 12 суточных определений скорости фильтрации дали величины, близкие к тем, что получены в предыдущих опытах длительностью 4 часа.

Максимальная скорость фильтрации у молоди составляет около 24 мл/экз./сутки при концентрации дрожжей 0,3 млн. кл./мл; минимальная (при 3 млн. кл./мл) — примерно 3 мл/сутки.

В расчете на 1 мг сухого веса рачков взрослые животные профильтровали от 12 до 100 мл в сутки, молодь — от 17 до 137 мл.

В приведенных данных обращают на себя внимание два момента. Во-первых, повышение скорости фильтрации при возрастании концентрации дрожжей до 0,5 млн. кл./мл. Как было показано для пресноводных рачков-фильтраторов, с повышением концентрации пищи скорость фильтрации закономерно падает (Сушеня, 1958а). В данном случае в диапазоне низких концентраций мы наблюдаем обратную картину. Это обстоятельство объясняется, видимо, тем, что фильтрационный аппарат артемий в условиях низких плотностей взвеси мелких пищевых частиц, какими являются дрожжи, не обеспечивает достаточно эффективного захвата. Лишь при достижении определенной плотности пищевых частиц захват их становится максимальным. Если и дальше увеличивать плотность взвеси, то скорость фильтрации подчиняется той же закономерности, что и у пресноводных рачков. Захват частиц достигает предела, определяемого физиологическим состоянием полной насыщенности животных, и соответственно этому расчетная скорость фильтрации уменьшается пропорционально возрастанию плотности пищи.

Вторым моментом, который следует отметить, являются сравнительно низкие величины скорости фильтрации в расчете на 1 мг сухого веса артемий по сравнению с более мелкими ракообразными. Так, например, значительно меньший по весу *Calanus finmarchicus* фильтрует около 50 мл на 1 мг сухого веса (Lorgensen, 1955). Максимальная скорость фильтрации у взрослых артемий равна всего 100 мл, у молоди — 137 мл/мг/сутки. Эту разницу можно объяснить двумя обстоятельствами. Во-первых, скорость фильтрации зависит от размеров и веса тела животных (Gauld, 1951, Сушеня, 1958б). Рассчитанная на единицу веса, она закономерно падает с увеличением размеров и индивидуального веса рачков. Во-вторых, сравнительно низкая скорость фильтрации у артемий может объясняться также малой эффективностью захвата мелких дрожжевых клеток в связи с большим расстоянием между щетинками на фильтре. Для окончательного суждения по этому вопросу необходимы исследования избирательного питания артемий в плане морфо-анатомического соответствия различных пищевых частиц особенностям строения фильтрационного аппарата этих животных.

ВЫВОДЫ:

1. Исследована интенсивность питания *Artemia salina* при концентрациях дрожжей от 0,1 до 3,5 млн. кл./мл. Полученные эмпирические данные указывают на отсутствие прямолинейной зависимости между степенью концентрации пищи и степенью ее использования. При уве-

личении концентрации пищевой взвеси рацион достигает максимальной величины, которая лишь в 3—4 раза превышала пищевые потребности животных. Отношение реального рациона к концентрации пищи пропорционально разности между максимальным и реальным рационами.

2. В трех сериях 12-дневных опытов определены величины основных элементов энергетического баланса артемий при различных концентрациях дрожжей. Увеличение концентрации взвеси дрожжей с 0,2 до 1,0 млн. кл./мл вызвало падение ассимиляции пищи с 78,31 до 32,87%. Коэффициент использования энергии первого порядка снизился с 18,52 до 9%. Коэффициент использования энергии второго порядка во всех случаях оставался постоянным и был близок к 25%.

3. При исследовании количественных закономерностей фильтрации воды артемиями подтверждена установленная ранее для пресноводных рачков-фильтраторов обратная зависимость между скоростью фильтрации воды и концентрацией пищи.

ЛИТЕРАТУРА:

- Винберг Г. Г., 1954. Некоторые количественные данные по биомассе планктона озер БССР. Ученые Зап. БГУ им. В. И. Ленина, сер. биол. вып. 17; 20—37.
- Воскресенский К. А., 1959. Осветление воды над грунтом, заселенным унионами, и данные об интенсивности их водообмена. Труды V научн. конф. по изучению внутр. вод. Прибалтики, Минск; 38—43.
- Ивлев В. С., 1938. О превращении энергии при росте беспозвоночных. Бюлл. МОИП, отд. биол., т. 47, вып. 4; 267—278.
- Ивлев В. С., 1939а. Энергетический баланс карпов. Зоол. журн., т. 18, вып. 2; 303—318.
- Ивлев В. С., 1945. Биологическая продуктивность водоемов. Успехи совр. биол., т. 19, вып. I; 98—120.
- Ивлев В. С., 1955. Экспериментальная экология питания рыб. Пищепромиздат, М.
- Сущеня Л. М., Ветрова С. Н., 1957. Весовая характеристика некоторых представителей пресноводного зоопланктона. Ученые Зап. БГУ им. В. И. Ленина, вып. 33; 219—226.
- Сущеня Л. М., 1958а. Зависимость скорости фильтрации у планктонных ракообразных от концентрации пищевых частиц. Гидробиологические исследования на рыбоводн. прудах БССР. Сб. (Труды биол. ст., на оз. Нарочь), вып. I; 241—260.
- Сущеня Л. М., 1958б. Количественные данные о фильтрационном питании планктонных рачков. Научн. докл. высшей школы, отд. биол. наук, № 1; 16—20.
- Gilchrist B. M., 1956. The oxygen consumption of *Artemia salina* (L) in different salinities. *Hydrobiologia*, vol. VIII, N 1—2, 54—65.
- Gilchrist B. M., 1958. The oxygen consumption of *Artemia salina* (L.) *Hydrobiologia*, vol. XII, N 1, 27—37.
- Gilchrist B. M., 1960. Growth and form of brine shrimp *Artemia salina* (L). *Proc. R. Soc. Lond.*, vol. 134, part 2, 221—235.
- Gauld D. T., 1951. The grazing rate of planctonic Copepods. *Journ. Mar. Biol. Ass. U. K.*, vol. XXIX, N 3, 695—706.
- Ivlev V. S., 1939a. Transformation of energy by Aquatic Animals. *Internat. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr.*, vol. 38, 449—458.
- Jorgensen C. B., 1955. Quantitative aspects of filter feeding in invertebrates. *Biol. Rev.*, vol. 30, 391—454.
- S. M. Marshall a. A. P. Orr, 1958. Some uses of antibiotics in physiological experiments in sea water. *Y. Mar. Res.*, vol. 17, 341—346.
- Richman S., 1958. The Transformation of Energy by *Daphnia pulex*. *Ecol. Mon.*, vol. 28, 273—291.
- Ryther J. H., 1954. Inhibitory effects of phytoplankton upon the feeding of *Daphnia magna* with reference to growth, reproduction, and survival. *Ecology.*, vol. 35, N 4, 522—533.