

ПРОВ 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

Ордена Трудового Красного Знамени
Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского

ПРОВ 2010

Экология морских организмов

Материалы Всесоюзной
научно-технической конференции

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 30348

КИЕВ «НАУКОВА ДУМКА» 1981

УДК 597.08:552.3

В. Д. Чмыр, Ю. А. Загородняя
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОУГЛЕРОДНОГО МЕЧЕНИЯ
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЗООПЛАНКТОНА

В мае 1977 г. были проведены эксперименты по накоплению и выведению естественным черноморским зоопланктоном радиоуглеродной метки. Результаты этих исследований позволили определить трофическую структуру зоопланктона, а также изучить принципиальную возможность использования подобных экспериментов для оценки интенсивности прироста и обмена животных в условиях естественного сообщества.

Значительное количество *Acartia clausi* в составе зоопланктона позволило дать характеристику распределения всех возрастных стадий этого вида в трофической цепи сообщества. Для нескольких возрастных стадий *A. clausi* проведена ориентировочная оценка вероятных значений обмена и прироста по интенсивности выведения радиоуглеродной метки голодающими и питающимися животными.

Воду, взятую утром с поверхности моря у мыса Херсонес (район Севастополя), наливали в 20-литровые бутылки и сцеживали затем через сифон, входной конец которого был оборудован воронкой, затянутой ситом № 76. Таким образом достигали концентрации зоопланктона, в 5 раз превышающую естественную. В каждую из бутылок было добавлено 130 мл культуры меченой по C^{14} водоросли *Nephrochloris salina* общей радиоактивностью около $3,34 \cdot 10^6$ имп/мин. Температура воды в море и в опыте составляла около $18^{\circ}C$.

После двухсуточной экспозиции воду, содержащую меченые водоросли, сцеживали через сифон, оборудованный ситом. Оставшийся зоопланктон трижды промывали от радиоактивных водорослей, заливали свежей, фильтрованной через сито морской водой с добавкой неме-

ченой культуры *N. salina* и выдерживали в ней в течение 3 ч для выведения радиоактивного пищевого комка.

После специжвания и промывки от взвеси меченый зоопланктон делили на три части. Первую часть фиксировали для определения исходной радиоактивности зоопланктона (контроль), вторую и третью использовали для опыта. Вторую часть помещали в фильтрованную через плотный мембранный фильтр воду, чтобы создать условия, близкие к условиям полного голодания. Третью часть помещали в фильтрованную через сито естественную воду при концентрации меченого зоопланктона, близкой к естественной. Зоопланктон в опытах на выведение радиоактивности экспонировали в течение 12 часов, после чего также фиксировали.

Фиксированные пробы зоопланктона были разобраны под бинокляром по возрастным стадиям отдельных видов и промерены. Группы одноразмерных животных одного вида помещали на покровные стекла. После высушивания определяли их радиоактивность. Массу животных определяли по кривым зависимости массы от длины тела, построенным для отдельных видов по литературным данным [3], а для младших стадий — по номограммам [12].

Накопление метки организмами в подобных экспериментах зависит от ряда факторов: от трофического уровня данного организма и от способности организмов одного трофического уровня улавливать предлагаемый меченый корм. У различных организмов одной трофической группы накопление метки находится также в зависимости от интенсивности обмена, поэтому для оценки места организмов в трофической цепи сообщества радиоактивность их была отнесена как к массе, так и непосредственно к величине их суточного обмена, т.е. были рассчитаны не только удельная радиоактивность R/W , но и удельная радиоактивность R/T . Это позволило более четко выразить различия, связанные с особенностями питания животных [13].

Разделение по трофическим уровням можно получить только при непродолжительной экспозиции, так как при длительном мечении достигается равномерное мечение всех животных сообщества. При непродолжительном мечении организмы первых трофических уровней, а также более мелкие организмы одного трофического уровня, младшие стадии одного вида с меньшей массой и с большей интенсивностью обменных процессов успевают получить большую удельную метку.

Обмен радиообразных рассчитывали по формуле [11]

$$T = 0,2 W^{0,777},$$

где W — сырая масса животных (г); T — обмен (мл O_2 /ч).

При расчетах учитывали температурную поправку.

Если в опыте на выведение радиоуглеродной метки в условиях голодания рачки прекращали линейный рост, а радиоактивность их изменялась в основном за счет трат меченой органики в процессе обмена, то различие радиоактивности одноразмерных животных в контроле и в опыте позволяло провести оценку интенсивности обмена по уравнению [14]

$$r' = \frac{1}{t} \ln \left[\left(1 - \frac{\Delta R}{R_0} \right)^{-W} \right],$$

где R_0 - радиоактивность животных в контроле; ΔR - различие в метке между контролем и опытом на голодание у одноразмерных особей после экспозиции в неактивной среде; t - продолжительность опыта в сутках; T - суточные траты вещества на обмен (мкг сырой массы); W - сырая масса животных (мкг).

Изменение радиоактивности особи находили по вертикальному расстоянию между кривыми зависимости радиоактивности животных от их массы в контроле и после опыта на голодание.

Сравнение радиоактивности одноразмерных питающихся особей до и после опыта на выведение показывает более значительные ее изменения за счет линейного роста питающихся животных в условиях естественного сообщества. Изменение массы особи находили по горизонтальному расстоянию между кривыми зависимости радиоактивности от массы животных, фиксированных после опытов на выведение метки в условиях голодания и питания.

Интенсивность прироста определяли по уравнению [2]

$$C = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1} = \frac{2,3}{\Delta t} \lg \left(\frac{W_2}{W_1} \right),$$

где W_1 и W_2 - сырая масса животных в момент времени t_1 и t_2 соответственно; $t_2 - t_1 = \Delta t$ - продолжительность опыта на выведение метки в сутках. Для сравнения с литературными данными величины прироста выражали в процентах.

Данные по калорийности и сухой массе А. clausi, необходимые для пересчетов, взяты из литературы [6].

Для оценки распределения организмов по трофическим уровням использованы усредненные значения радиоактивности животных в контроле и в опыте.

Через точки, соответствующие радиоактивности отдельных возрастных стадий рачков в контроле и в опытах на выведение метки голодающими и питающимися животными, были проведены линии, парал-

Т а б л и ц а I. Результаты радиоуглеродного мечения организмов

В и д	Стадия	Количество опытов	n	Активность препарата, имп/мин
<i>Paracalanus parvus</i>	Н	I	I	
	I	4	I	
	II	3	I	
	III	5	I	
	IV	2	I	
	У	2	I	
	♀	4	I	
<i>Acartia clausi</i>	Н	3	53	51
	III-IV	3	69	106
	У-IV	3	29	53
	I	9	39	123
	II	9	40	537
	III	9	15	423
	IV	9	5	206
	У	8	3	190
	♀	6	2	120
	♂	2	4	162
<i>Calanus helgolandicus</i>	I	2	I - 4	I5 - I42
	II	I	I	
<i>Oithina nana</i>	I-II	I	57	34
	III	5	82	84
	IV	4	64	98
	У	3	108	67
	♀	6	45	43
	♂	2	7	5
<i>Pontella mediterranea</i>	Н	2	2-3	7
	I	2	I - 2	10
	II	I	I	
	III	I	I	
	IV	2	I	
	У	3	I	119
	♀	4	I	153
<i>Larvae Bivalvia</i>	♂	I	I	198
				60
<i>Larvae Polychaeta</i>		3	25	89
		2	2-3	7

П р и м е ч а н и е. $\bar{K}$ - средняя активность в одной особи, мен одной особи за сутки, мкал; $\bar{n}$ - среднее количество особей в

данный данному участку осредненной кривой зависимости радиоактивности животных от массы. Вертикальные и горизонтальные расстояния между этими линиями и были использованы для расчетов обмена и прироста.

Полученные данные по трофической структуре сообщества приве-

планктонного сообщества

$\bar{K}$	$\bar{W}$	$\bar{T}$	$\bar{K}/\bar{W}$	$\bar{K}/\bar{T}$
2,3	0,9	0,41	2,60	5,8
6,8	1,1	0,48	6,20	14,3
12,3	1,5	0,61	8,20	20,1
29,4	3,1	1,07	9,48	27,5
49,7	6,0	1,78	8,28	27,9
50,0	9,3	2,50	5,38	20,0
100,4	13,1	1,83	7,66	54,7
92,0	20,0	4,55	4,60	20,2
I, I	0,5	0,25	2,23	4,4
I,5	1,0	0,45	1,49	3,3
I,8	1,6	0,64	1,11	2,8
3,2	2,2	0,96	1,40	3,3
13,8	5,2	1,60	2,65	8,6
26,5	10,2	2,70	2,60	9,8
35,0	14,0	3,44	2,50	10,2
45,2	31,2	6,42	1,45	7,0
23,4	48,3	10,60	0,50	2,2
39,2	35,5	8,40	1,11	4,7
24,2	24,0	5,24	1,01	4,6
203,7	60,0	10,67	3,40	19,1
0,6	1,0	0,45	0,60	1,3
1,0	1,4	0,57	0,74	1,8
1,6	2,4	0,87	0,65	1,8
1,6	3,1	1,07	0,51	1,5
1,0	3,9	1,27	0,26	0,8
0,7	3,8	1,25	0,18	0,5
3,2	5,0	1,55	0,64	2,1
7,4	23,0	5,06	0,32	1,4
10,1	40,0	7,78	0,25	1,3
14,9	90,0	14,61	0,16	1,0
118,8	220,0	29,27	0,54	4,1
158,6	453,0	51,20	0,35	3,1
195,8	612,0	64,80	0,32	3,0
60,2	1200,0	109,36	0,05	0,6
3,7	17,0		0,22	
3,0	30,0		0,10	

имп / мин; $\bar{W}$ - средняя масса одной особи, мкг; $\bar{T}$ - средний об-
группе.

дены в табл. I и на рис. I. Показано накопление радиоактивности у животных разных трофических уровней, при этом очень четко прослеживается их разделение в зависимости от характера питания. Наиболее высокие значения удельной радиоактивности отмечены в популяции типичного тонкого фильтратора *Paracalanus parvus*. Отличия в

способности организмов разных возрастов *P. parvus* накапливать радиоуглеродную метку связано, вероятно, с различиями в строении ротового аппарата. Удельная радиоактивность возрастает от науплиальных стадий (2,6) до III копепоидов (9,5). Минимальные ее вели-

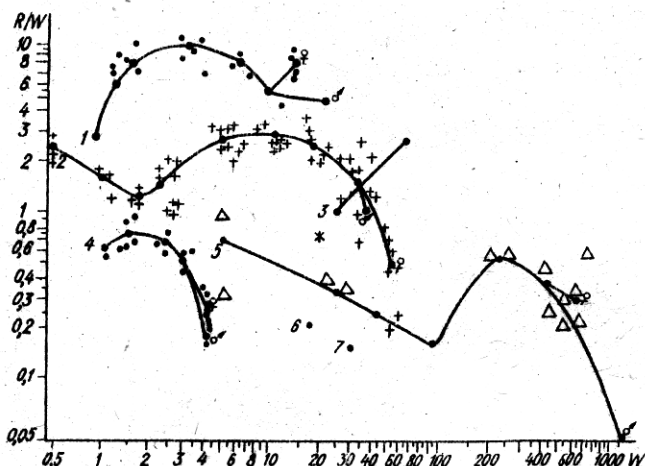


Рис. I. Удельная радиоактивность планктонных животных в зависимости от их массы: 1 - *P. parvus*; 2 - *A. clausi*; 3 - *G. helgolandicus*; 4 - *O. nana*; 5 - *P. mediterranea*; 6 - larvae Bivalvia; 7 - larvae Polychaeta.

чины у науплиусов, по-видимому, связаны с несовершенством их ротового аппарата. У У копепоидов и самцов удельная радиоактивность снова снижается до 4,6 - 5,4. Наши результаты подтверждают имеющиеся литературные данные о том, что у самцов *P. parvus* значительно редуцированы ротовые конечности [9] и они питаются заметно слабее самок [1].

У эврифага *A. clausi* удельная радиоактивность ниже, чем у *P. parvus* тех же возрастных стадий в 3-4 раза, но ее изменения с возрастом у обоих видов схожи. Низкие величины удельной радиоактивности у У копепоидов и половозрелых особей *A. clausi* свидетельствуют о резком изменении характера их питания. Вероятно, начиная с У стадии в питании *A. clausi* преобладают захват более крупных пищевых объектов, а также хищничество, что характеризует ее как типичный эврифаг [4,5].

Удельная радиоактивность единичных копепоидов I и II возраст-

ных стадий *Calanus helgolandicus* была приблизительно на одном уровне с *A. clausi*.

У типичного хищника *Oithona nana* значения удельной радиоактивности на порядок ниже, чем у фильтратора *P. parvus*, причем эти значения возрастают у младших копепоидных стадий и резко снижаются у половозрелых особей, что соответствует приведенным данным о смешанном питании *O. nana* [8].

У *Pontella mediterranea* удельная радиоактивность такая же низкая, как и у хищника *O. nana*, что хорошо согласуется с данными о смешанном характере питания этих рачков с преимущественным хищничеством [7].

Для личинок *Bivalvia* и *Polychaeta* получены низкие значения удельной радиоактивности. Это противоречит более ранним данным [13], которые, вероятно, связаны с накоплением радиоуглерода в створках раковин при более длительном мечении (от 3 до 16 сут) благодаря поглощению C^{14} из водного раствора.

Таким образом, радиоактивность, отнесенная к массе, у животных одного вида уменьшается у старших копепоидов и возрастает у младших. Если радиоактивность относить к обмену, то оказывается, что удельная радиоактивность несколько увеличивается у старших возрастных стадий животных. Это касается *P. parvus* и *A. clausi*. У *O. nana* сохраняются ранее отмеченные различия в радиоактивности старших и младших стадий, хотя они несколько и сглаживаются. Для *P. mediterranea* характерно в целом падение удельной по массе радиоактивности с возрастом. Радиоактивность, отнесенная к обмену у старших возрастных групп, сохраняется на том же уровне и резко снижается только у самцов.

При оценке интенсивности обмена и прироста недостаточная продолжительность экспозиции в опытах по выведению (12 час) обусловила в большинстве случаев незначительные различия в значениях радиоактивности контрольных, голодающих и питающихся особей. Оценка интенсивности обмена и прироста была проведена для трех возрастных стадий *A. clausi*, для которых было получено достаточно четкое различие радиоактивности (табл. 2).

На рис. 2 представлены построенные графическим способом по этим данным линии зависимости радиоактивности от массы у растущих организмов популяции *A. clausi* (на примере последних науплиальных стадий и I копепоидов), по которым и были рассчитаны величины прироста и обмена.

Таблица 2. Величины прироста (C') и обмена (T') *A. clausi*, рассчитанные по выведению радиоуглеродной метки (M - средняя сырая масса рачка, мкг; R - средняя активность рачка, имп/мин)

[illegible]

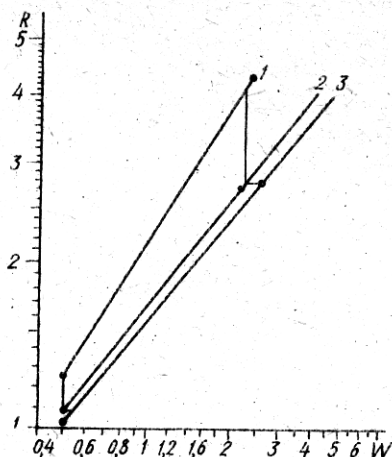


Рис. 2. Радиоактивность растущей популяции *A. clausi*:
1 - контроль; 2 - голода-
ние; 3 - питание.

Сопоставление полученных радиоуглеродным методом величин обмена и прироста с соответствующими значениями, полученными традиционными методами; дает расхождение не более чем в 2 раза. Такие расхождения обычны и при измерениях достаточно проверенными общепринятыми методами. Для дальнейшего совершенствования радиоуглеродного метода определения обмена и прироста планктонных организмов в условиях естественного сообщества необходимы надежные различия радиоактивности животных при более продолжительных опытах на выведение метки. С этой целью имеет смысл применять двухсубточную экспозицию как для мечения, так и для опытов на выведение радиоактивности. Элементы предлагаемой методики могут быть использованы для разработки модели накопления и выведения радиоуглеродной метки планктонными животными.

1. Делало Е.П. Предварительные данные по питанию *Paracalanus parvus* (Claus) в Черном море. - Тр. Севастоп. биол. станции АН УССР, 1961, 14, с. 126 - 134.

2. Методы определения продукции водных животных / Под ред. Г.Г. Винберга. Минск : Высшая школа, 1968. - 246 с.

3. Петипа Т.С. О среднем весе основных форм зоопланктона Черного моря. - Тр. Севастоп. биол. станции АН УССР, 1957, 9, с. 37-57.

4. Петипа Т.С. Питание веслоногого рачка *Acartia clausi* Giesbr. - Тр. Севастоп. биол. станции АН УССР, 1959а, 11, с. 72-100.

5. Петипа Т.С. Питание *Ascartia clausi* Giesbr. и *A. latissima* Kritcz в Черном море. - Тр. Севастоп. биол. станции АН УССР, 1959, 12, с. 130 - 152.
6. Петипа Т.С. Соотношение между приростом, энергетическим обменом и рационами у *Ascartia clausi* Giesbr. - В кн.: Физиология морских животных. М.: Наука, 1966, с. 82 - 91.
7. Петипа Т.С. О питании гипонейстонного рачка *Pontella mediterranea* (Claus) в Черном море. - Биология моря, Киев, 1969, 17, с. 54 - 65.
8. Петипа Т.С., Павлова Е.В., Миронов Г.Н. Структура пищевых сетей, передача и использование вещества и энергии в планктонных сообществах Черного моря. - Биология моря, Киев, 1970, 19, с. 3 - 43.
9. Петипа Т.С. Происхождение и классификация основных экологических типов питания *Scoropoda*, *Calanoida*. - Биология моря, Киев, 1975, 33, с. 19 - 49.
10. Сажина Л.И. Рост массовых копепод Черного моря в лабораторных условиях. - Биология моря, Киев, 1973, 28, с. 41 - 51.
11. Сушеня Л.М. Интенсивность дыхания ракообразных. - Киев: Наук. думка, 1972. - 195 с.
12. Численко Л.П. Номограммы для определения веса водных организмов. - Л.: Наука, 1968. - 206 с.
13. Чмыр В.Д. Трофическая структура сообществ морского зоопланктона по данным радиоуглеродного метода. - Биология моря, Киев, 1976, 37, с. 12 - 19.
14. Чмыр В.Д., Шадрин Н.В. Перспективы применения радиоуглеродного метода для определения продукции и обмена зоопланктона в условиях естественной популяции. - Биология моря, Киев, 1976, 39, с. 25 - 38.

УДК 595.2.34 + 578.087.75

Л.С.Светличный

ПЛОТНОСТЬ ТЕЛА ПЛАНКТОННЫХ КОПЕПОД

Изучение биологии планктонных организмов часто связано с измерениями их физических параметров, среди которых средняя плотность тела представляет интерес в связи с вопросами гидростатики и парения [8]. Между тем малые размеры и обитание в воде делают весьма трудным определение плотности по объему и массе организма. У планктонных ракообразных это обстоятельство осложняется еще особенностями формы тела, не поддающейся геометрическому описанию. А.Г.Лаундесом [27] было показано, что массу и объем отдельных особей мелких планктонных организмов нельзя определить с помощью прямых методик. Остаточную массу копепод в воде он определял по изменению массы миниатюрного пикнометра, заполненного водой, а объем - по различию осадка галлоидного серебра, выпавшего после добавления азотнокислого серебра в морскую воду с организ-