

Пров. 1980

Пров 98

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

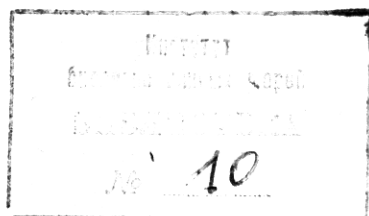
БИОЛОГИЯ МОРЕЯ

РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Основан в 1965 г.

Выпуск 42

ДИНАМИКА ПОВЕДЕНИЯ
И ЭЛЕМЕНТЫ БАЛАНСА ВЕЩЕСТВА
И ЭНЕРГИИ В СООБЩЕСТВАХ МОРСКИХ
ОРГАНИЗМОВ



Это приводит к различиям и в количественном содержании планктона в отдельных сравниваемых слоях.

В верхних слоях разница в количестве планктона, собираемого несколькими орудиями, может определяться многими причинами, вызывающими различное вымывание планктона из сетей. В частности, волнение моря или течения могут подбрасывать сеть, отклонять ее от вертикального хода при подъеме и т. п. и в результате вымывать из нее часть планктона, особенно подвижного.

Еще более существенные различия наблюдаются при использовании в сетях старого и нового сита. Резкое уменьшение количества планктона, обнаруженное в пробах автоматического собирателя по сравнению с сетяными пробами после 1,5 месяцев работы (см. таблицу), было вызвано более скорым «старением» сита в сети автоматического собирателя. Действительно, непрерывный облов вертикальной толщи автоматическим прибором происходит в четыре-пять раз быстрее, чем сетью. Следовательно, сито в приборе изнашивается скорее.

Измерение отверстий фильтрующего сита параллельно в приборе и планктонной сети показало, что после 1,5 месяцев работы суммарная площадь отверстий сита прибора на 27% меньше суммарной площади отверстий сита сети. Это сокращение площади отверстий, через которые выходит профильтрованная вода, и вызвало соответствующее уменьшение количества планктона, собранного автоматическим прибором. Сокращение площади отверстий происходит вследствие разбухания и растрепывания нитевой сети при частой работе.

Таким образом, сравнение улавливающей способности планктонной сети и автоматического прибора «Автопланктон БСД» свидетельствует о равной возможности использования в практике гидробиологии обоих орудий. Следует, однако, иметь в виду, что только однородность условий подъема орудий лова с соответствующей необходимой скоростью, без остановок и замедления движения, а также учет времени взятия проб и степени изношенности сита обеспечит наиболее полные и сравнимые уловы, как и правильную картину распределения планктона в море. Необходимо также помнить, что мельничное сито № 49 или № 38 пропускает в значительной мере мелкий планктон и плохо улавливает наиболее подвижные крупные виды.

Автоматический собиратель имеет ряд преимуществ перед планктонными сетями: сокращение затрачиваемого времени за счет облова шести слоев за один спуск прибора, автоматическое управление работой прибора с борта судна и получение более четкой картины распределения планктона.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР
Всесоюзный научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства
и океанографии

Поступила в редколлегию
22.VI 1976 г.

УДК 578:546.26:591.524.12(26)

С. Г. Африкова, С. В. Люцарев,
Т. С. Петипа, А. В. Сметанкин

ПРЯМОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА В ОТДЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗМАХ ЗООПЛАНКТОНА

Количество углерода является одним из основных показателей содержания органического вещества в живых организмах. В единицах углерода можно выразить биомассу организмов, количество взвешен-

ного и растворенного органического вещества, определить величину потока вещества и энергии между разными трофическими уровнями.

Описанные в литературе методики определения углерода [2] существенно отличаются от предлагаемой, так как большинство методов рассчитано на применение навески свыше сотен микрограммов углерода. Однако часто в планктонных организмах содержание органического углерода составляет менее десятка микрограммов. Поэтому для навески необходимо отбирать несколько десятков или сотен животных, одинаковых по виду, размеру, полу, упитанности, что не всегда возможно, особенно в экспедиционных условиях.

В предлагаемой работе сделана попытка определить содержание органического углерода в отдельных планктонных организмах с помощью прибора, разработанного для определения органического углерода в морской воде [4, 5].

Материал и методика. Материал собирали в 17-м рейсе НИС «Академик Курчатов» в тропической зоне Тихого океана в январе 1973 — апреле 1974 гг. Пробы брали сетями Джеди по отдельным слоям до глубины 500 м. Собранных животных с определенной глубины помещали в большие сосуды с водой, после чего их отбирали по видам и размерам. Если анализ задерживался по какой-либо причине, то организмы фиксировали слабым раствором серной кислоты.

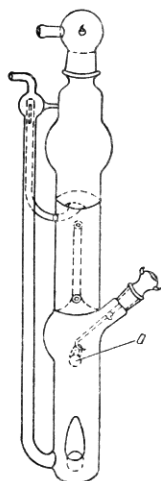
Перед анализом пипеткой отбирали одно животное, проводили необходимые измерения его размеров, оценку возраста, упитанности и т. п. и помещали в стеклянную чашечку специальной формы, которую предварительно обрабатывали горячей серно-хромовой смесью и промывали дистиллированной водой. В случае, если пробу планктона предварительно консервировали в формалине, отобранный организм обязательно отмывали от него. Для этого пипеткой животное переносили последовательно в несколько стаканчиков с дистиллированной водой. Такая «проводка» через дистиллированную или чистую морскую воду обеспечивает удаление формалина, но необходимо следить за целостностью оболочки организма во избежание потерь клеточной плазмы.

После проведения анализа результаты, полученные в микрограммах углерода, переводили в калории на экземпляр из расчета, что 1 мг углерода равен 10 кал [1]. Всего выполнено 200 определений.

Основной метода является традиционное окисление пробы серно-хромовой смесью. Особенность метода заключается в очистке смеси непосредственно в приборе при непрерывном контроле чистоты реактивов в ходе процесса окисления. Серно-хромовая смесь включает в себя концентрированную серную кислоту, бихромат калия и бихромат серебра. Смесь готовится непосредственно в приборе внесением в реактор автоматической пипеткой 15 мл серной кислоты и добавлением порошкообразных солей бихромата калия (около 1 г) и бихромата серебра (около 0,3 г). С помощью ламп накаливания смесь нагревается до температуры 130° С, которая автоматически поддерживается на этом уровне в течение всего времени анализа. В процессе анализа через окислитель постоянно продувается воздух, очищенный от углекислого газа аскаритом. При окислении органического вещества в серно-хромовой смеси образуется двуокись углерода, которая вымывается током чистого воздуха (газ-носитель) и, проходя через газпромывные сосуды с раствором гипофосфита и иодида калия, освобождается от возможных загрязнений хлором. Далее газ-носитель поступает в кулонометрическую ячейку, где электрогенерированная гидроокись бария поглощает двуокись углерода.

Автоматическое кулонометрическое титрование позволяет непрерывно контролировать ход процесса сжигания пробы или очистки окислителя и по записи на ленте самописца рассчитать содержание органического углерода в исследуемой пробе.

Конструкция прибора отличается полной герметизацией. При этом в приборе циркулирует один и тот же объем газа-носителя и исключается возможность подсоса или потерь. Многократное прохождение газа-носителя через поглотитель в кулонометрической ячейке обеспечивает полноту поглощения двуокси углерода. Все эти меры в сочетании с точным кулонометрическим титрованием позволяют исключить субъективные ошибки. Автоматизация основных операций позволяет экономить время оператора, который на отдельное определение расходует 10—15 мин, хотя общая продолжительность анализа составляет 40—60 мин. Чувствительность метода близка к 1—3 мкг С, точность — $\pm 5\%$ при содержании 50 мкг С в пробе.



Реактор:
а — чашечка с
организмом.

Последовательность операции при определении органического углерода в отдельных организмах зоопланктона следующая [5]. В нижнюю часть реактора через горловину с притертой пробкой заливают серную кислоту и с помощью небольшой воронки всыпают бихромат серебра и бихромат калия. Включают подогрев нижней части реактора до 130°C . Температура контролируется контактным термометром и поддерживается на этом уровне с помощью реле, управляющего лампами накаливания. Чашечку с подготовленным организмом, подвешивают на крючок пробки реактора, которую вводят в реактор (рисунок). Через реактор направляется воздух. По достижении температуры 130°C в окислительной серно-хромовой смеси происходит сжигание примесей органических веществ, загрязняющих реактивы. Автоматический кулонометр регистрирует процесс очистки смеси, который считают оконченным, если линия на самописце становится прямой. В этот момент, не нарушая герметичности прибора, осторожно поворачи-

Таблица 1

Среднее содержание углерода в телах планктонных животных в зоне экваториального апвеллинга Тихого океана, январь—март 1974 г.

Вид	Размер, мм	N*	Содержание углерода		Содержание энергии, кал/экз
			в пробе, мкг	мкг/экз	
<i>Euchaeta marina</i> (без ova)	3,0	1	66,02	66,0	0,660
<i>Euchaeta marina</i> (с ova)	3,4	6	479,20	79,80	0,798
<i>Paracalanus copepodit</i>	0,75	8	43,12	5,70	0,057
<i>Paracalanus aculeatus</i>	0,98	16	76,6	4,79	0,048
<i>Eucalanus wolfendeni</i>	2,6	1	38,64	38,64	0,386
<i>Eucalanus attenuatus</i>	4,37	4	238,78	59,69	0,597
<i>Eucalanus sp.</i>	6,2	3	117,0	39,00	0,390
<i>Nauplii eucalanus sp.</i>	0,55	6	44,62	7,43	0,074
<i>Nannocalanus sp.</i>	1,44	4	134,66	33,66	0,337
<i>Clausocalanus sp.</i>	1,57	8	146,71	17,12	0,171
<i>Rhincalanus cornutus</i>	3,37	6	312,41	52,07	0,521
<i>Undinula darvini</i>	1,5	1	22,54	22,54	0,225
<i>Oithona sp.</i>	1,2	4	12,42	3,10	0,031
<i>Acartia tonsa</i>	1,2	6	41,50	6,91	0,069
<i>Candacia sp.</i>	2,3	1	34,00	34,00	0,340
<i>Pontellidae</i>	1,95	2	44,5	22,25	0,222
<i>Oncaea</i> (с ova)	1,03	14	97,88	6,99	0,070
<i>Oncaea</i> (без ova)	1,09	7	44,86	6,41	0,064
<i>Corycaeus</i>	1,3	8	78,66	9,83	0,098
<i>Temoray stylifera</i>	2,38	4	83,24	20,81	0,208
<i>Copilia sp.</i>	4,7	2	25,26	12,63	0,126
<i>Tunicata</i>	5,2	1	40,48	40,48	0,405

* Число организмов в пробе экз.

Сравнительное содержание углерода у морских копепоид

Вид	Размер, мм	Содержание углерода		Автор исходных данных
		мг/экз	% сухого вещества	
Pontellidae	3,0	0,038	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Pontellidae	2,0	0,022	—	Наши данные
Acartia sp.	1,3	0,004	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Acartia tonsa Dana	1,2	0,007	80	Наши данные
Acartia clausi Giesbrecht	—	—	36	G. Champalbert, R. Gaudy, P. Keram- brun, 1973
Euchaeta marina Prestandrea	3,3	0,075	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Euchaeta marina Prestandrea	3,4	0,080	—	Наши данные
Euchaeta marina Prestandrea	3,4	0,090	—	Т. В. Павловская, А. П. Павлютин, С. Г. Африкова, Л. В. Царева, 1975
Euchaeta marina Prestandrea	3,7	0,100	—	Е. А. Пастухова, В. Д. Чмыр, 1975
Euchaeta marina Prestandrea	2,9	0,089	—	Е. А. Пастухова, В. Д. Чмыр, 1975
Eucalanus attenu- atus Dana	3,8	0,044	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Eucalanus attenu- atus Dana	4,4	0,060	—	Наши данные
Eucalanus sp.	6,2	0,039	30	Наши данные
Eucalanus elonga- tus Dana	—	—	33	G. Champalbert, R. Gaudy, P. Keram- brun, 1973
Eucalanus elonga- tus Dana	7,2	0,329	—	Т. В. Павловская, А. П. Павлютин, С. Г. Африкова, Л. В. Царева, 1975
Eucalanus elonga- tus Dana	7,0	0,207	—	Е. А. Пастухова, В. Д. Чмыр, 1975
Rhincalanus cor- nutus Dana	3,3	0,074	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Rhincalanus cor- nutus Dana	3,4	0,052	—	Наши данные
Rhincalanus nasu- tus Giesbrecht	4,1	0,153	—	Е. А. Пастухова, В. Д. Чмыр, 1975
Rhincalanus nasu- tus Giesbrecht	—	0,123	—	Т. В. Павловская, А. П. Павлютин, С. Г. Африкова, Л. В. Царева, 1975
Temora stylifera Dana	2,4	0,021	52	Наши данные
Temora stylifera Dana	1,8	0,021	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Temora stylifera Dana	—	—	38	G. Champalbert, R. Gaudy, P. Keram- brun, 1973
Oncaea sp.	1,2	0,005	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Oncaea sp.	1,1	0,006	—	Наши данные
Copilia sp.	3,2	0,014	—	Т. С. Петипа, Е. В. Павлова, Ю. И. Со- рокин, 1971
Copilia sp.	4,7	0,013	—	Наши данные

Примечание. Расчетные величины содержания углерода (в % сухой массы) получены на основа-
нии средних сырых масс копепоид [3]

чивают пробку с крючком так, чтобы чашечка с пробой упала в окислительную смесь. Процесс сжигания пробы наблюдают по изменению наклона линии на ленте самописца. Анализ можно считать законченным, когда линия вновь становится прямой и имеет тот же наклон, что и до опрокидывания чашечки. По окончании анализа чашечка извлекается из прибора изогнутой проволокой из нержавеющей стали или чистой меди. Одну порцию окислительной смеси можно использовать для нескольких определений. Общая продолжительность анализа составляет 40—60 мин.

Линия постоянного наклона (на ленте самописца) проводится так, чтобы можно было отсчитать суммарное время электролиза в кулонометрической ячейке [4]. Зная силу тока, проходящего через генераторные электроды, можно подсчитать количество электричества, эквивалентное поглощенной в ячейке двуокиси углерода, и определить количество углерода в пробе по формуле $P=0,0623it$, где P — количество углерода в пробе (мкгС), i — сила тока через генераторные электроды (мА), t — время электролиза (с).

Результаты и обсуждение. Результаты анализа углерода в телах животных представлены в табл. 1. Сравнение наших данных с полученными на основании других методик для копепод из разных районов Мирового океана [6—9] показало, что порядок величин содержания углерода в телах копепод примерно одинаков (табл. 2).

Однако наш метод, обладая большой чувствительностью, имеет преимущество, так как при его применении можно пользоваться очень малой навеской вещества или определять содержание углерода в одном организме. Прибор позволяет исследовать индивидуальную изменчивость в содержании углерода у различных организмов в тех или иных популяциях. Особенно резкие различия в количестве углерода наблюдаются у рачков, способных накапливать жир, в частности у *Rhincalanus* и *Eucalanus* (табл. 2).

Метод нетрудоемок и прекрасно зарекомендовал себя в экспедиционных и лабораторных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винберг Г. Г. Первичная продукция водоемов. Минск. Изд-во АН БССР, 1960. 328 с.
2. Витюк Д. М. К методике определения содержания углерода в планктоне и его количество в культурах некоторых водорослей.— В кн.: Исследования планктона южных морей. М., 1966, с. 122—130.
3. Канаева И. П. Средний вес *Copepoda* центральной и северной Атлантики, Норвежского и Гренландского морей.— Тр. ВНИРО, 1962, № 46, с. 253—266.
4. Люцарев С. В. Автоматизированный прибор для определения углерода органических веществ в природных водах.— Гидрохимич. материалы, 1969, № 49, с. 207—213.
5. Люцарев С. В. Низкофоновый метод определения органического углерода в морской воде.— В кн.: Современные методы рыбохозяйственных морских гидрохимических исследований. М., 1973, с. 114—126.
6. Павловская Т. В., Павлютин А. П., Африкова С. Г., Царева Л. В. Питание и трансформация энергии потребленной пищи у тропического планктона.— В кн.: Экспедиционные исследования в южной Атлантике и Средиземном море. К., 1975, с. 181—190.
7. Пастухова Е. А., Чмыр В. Д. Определение энергетических эквивалентов массы тела планктонных животных.— В кн.: Экспедиционные исследования в южной Атлантике и Средиземном море. К., 1975, с. 116—120.
8. Петипа Т. С., Павлова Е. В., Сорокин Ю. И. Изучение питания массовых форм планктона тропической области Тихого океана радиоуглеродным методом.— В кн.: Функционирование пелагических сообществ тропических районов океана. М., 1971, с. 123—140.
9. Champalbert C., Gaudy R., Kerambrun P. Resultats preliminaires sur la composition chimique elementaire comparee en carbone, hydrogene et azote de quelques especes de copepodes recoltées dans le Golfe de Marseille.— Oceanogr. biol., 1973, C. R. Acad. Sc., Paris, p. 277—279.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР
Институт океанологии АН СССР

Поступила в редколлегию
12.V 1976 г.