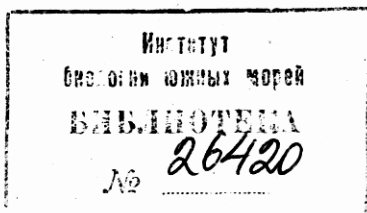


АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В ТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ОКЕАНА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ - 1975

- Вернадский В.И. 1967. Биосфера. "Мысль", М.
- Виноградов А.П. 1972. Изменения атмосферы под влиянием человеческой деятельности. - Геохимия, № 1.
- Давитая Ф.Ф. 1971. Загрязнение земной атмосферы и изменение ее газового состава. - Изв. АН СССР, серия географ., № 4.
- Дубинин Н.П. 1970. Общая генетика. "Наука", М.
- Кинг Л. 1967. Морфология Земли. "Прогресс", М.
- Кондратьев К.Я., Нийлоск Х.Ю. 1963. К вопросу о тепловом излучении углекислого газа в атмосфере. - В сб.: Проблемы физики атмосферы. Вып.2. Изд.ЛГУ.
- Миронов О.Г. 1973. Нефтяное загрязнение и жизнь моря. "Наукова думка", К.
- Монин А. С. 1972. Вращение Земли и климат. Гидрометеиздат, Л.
- Петросьянц А.М. 1972. От научного поиска к атомной промышленности. Изд.2. "Атомиздат", М.
- Пласс Г.Н. 1966. Влияние молекул газов, поглощающих инфракрасное излучение, на климат. - В сб.: Солнечная активность и изменения климата. Гидрометеиздат, Л.
- Поликарпов Г.Г. и др. 1971. Нефтяные поля как экологическая ниша. - Природа, № 11.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. 1967. Краткий очерк теории эволюции. "Наука", М.
- Федоров Е.К. 1972. Актуальные проблемы взаимодействия общества и природной среды. - Коммунист, № 14.
- Шварц С.С. 1969. Эволюционная экология животных. Свердловск.
- Шмальгаузен И.И. 1968. Факторы эволюции. "Наука", М.
- Шулейкин В.В. 1968. Физика моря. Изд.4. "Наука", М.
- Юнге Х. 1965. Химический состав и радиоактивность атмосферы. "Мир", М.
- Keeling Ch. 1970. Is carbon dioxide from fossil fuel changing man's environment? - Proc. Amer. Philos. Soc., 114, N 1.
- Peterson E. 1969. Carbon dioxide affects global ecology. - Environ. Sci. and Technol., 3, N 11.
- Strickland J. 1965. Production of organic matter in the primary stages of the marine food chain. - Chemical Oceanography, N 4. London, Acad. Press.

ИССЛЕДОВАНИЕ АССИМИЛЯЦИИ УГЛЕРОДА-14 ФИТОПЛАНКТОНОМ СУБТРОПИЧЕСКОЙ И ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ НА ОСНОВЕ КИНЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Г.В.Бариннов, Л.Н.Лещенко

В гидробиологии принято считать, что первичный продукционный процесс в океане в функции от времени протекает с некоторой постоянной скоростью (Богоров, 1970; Steeman-Nielsen, 1951). На основе этих постулируемых представлений разработан ряд статических методов исследования первичной продукции в морских и пресноводных водоемах (Винберг, 1960). Однако, как совершенно справедливо отмечает В.Г.Богоров (1970), общепринятые методы исследования первичной продукции дают представление лишь о порядке вели-

чины. Заметим также, что постулируемая некоторыми гидробиологами постоянная скорость фотосинтеза и первичной продукции противоречит общим физиологическим и биофизическим теоретическим представлениям, согласно которым скорость фотосинтеза и продукции растений является, как правило, некоторой переменной, а не постоянной величиной (Рабинович, 1959; Бассем, 1972; Курсанов, 1972; Ничипорович, 1972; Хит, 1972).

Автором статьи в течение ряда лет разрабатывается кинетический подход к исследованию различных биофизико-экологических процессов, в том числе поглощению морскими водорослями карбонатных ионов (Баринов, 1961, 1965, 1966).

Сущность кинетического подхода к исследованию первичной продукции состоит в экспериментальном определении вида функции и параметров процесса поглощения фитопланктоном карбонатных ионов, выделения кислорода, изменения общей биомассы или количества пигментов. В связи с высокой степенью чувствительности процесса к изменению факторов внешней среды не представляется возможным априори постулировать какой-то определенный вид функции процесса и постоянные значения его параметров. Производная от вида функции процесса поглощения карбонат-ионов (или другого эквивалентного процесса) дает величину продукции за 1 час, если наблюдение проводилось в течение нескольких часов, или за 1 сутки, если процесс исследовался за ряд дней. В простейшем случае прирост продукции может определяться по разности между двумя экспериментально найденными величинами продукции, например, за 12 и 6 час, или за 2 и 1 сутки наблюдения процесса. Если прирост равен 0, следовательно, "чистая" продукция также равна 0. Как будет показано в экспериментальном разделе, последнее не есть теоретическая абстракция, а реально и сравнительно часто наблюдаемый экспериментальный факт.

Согласно принятому в гидробиологии статическому подходу расчет продукции проводится по одной экспериментальной точке, равной, как правило, величине продукции за половину дня. Но через две точки (одна из них - нуль координат) можно провести бесконечное число различных кривых, отображающих возможный ход продукционного процесса. Поэтому общепринятый статический подход дает расчетные величины первичной продукции, находящиеся неопределенно далеко от реальных величин.

Ниже приводятся результаты исследований ассимиляции фитопланктоном меченых бикарбонат-ионов, полученные в 7-м рейсе

нис "Академик Вернадский", маршрут которого проходил по Черному, Средиземному и Карибскому морям и северной части Тропической Атлантики в мае - августе 1973 г.

М е т о д и к а

Для исследования кинетики ассимиляционного процесса необходимо брать как минимум 6-7 временных точек через равные интервалы времени в течение светового дня или каждый день в продолжение нескольких дней. Так как наблюдается сравнительно высокая вариабельность между повторностями, то их число должно быть не менее 5. Нами в специальных методических опытах было обнаружено, что в условиях высокого значения рН морской воды радиоактивный углерод в виде бикарбоната или карбоната очень медленно обменивается с углекислотой атмосферы, поэтому в кратковременных опытах потерями углерода-14 на обмен с атмосферой можно пренебречь. Это дает возможность использовать для кинетических опытов открытые аквариумы. Нами использовались аквариумы емкостью 10 л, которые устанавливались в лаборатории под тягой в хорошо вентилируемом помещении или на открытой палубе корабля на рассеянном свете. В аквариум отбирается поверхностная вода предварительно отфильтрованная через газ № 38. На 7-8 л воды вносится 1-2,5 мс радиоактивного углерода. Для олиготрофных вод количество вносимого углерода-14 может быть увеличено так, чтобы радиоактивность фильтров в несколько раз превышала естественный радиоактивный фон. На каждую временную точку отбирается 1 л воды, которая отфильтровывается через мембранные фильтры порциями по 200 мл. Нами использовались чешские мембранные фильтры Симпор *SAHFS* с размером пор 1,5 м. Вода в аквариуме перед взятием пробы должна тщательно перемешиваться во избежание оседания фитопланктона. Опыт, как правило, начинался в 6-7 час утра и заканчивался в 18-19 час, что в условиях тропиков охватывает практически весь световой день.

Для количественного определения биомассы фитопланктона отбирается 200-300 мл воды, которая фиксируется 4%-ным формалином.

Радиоактивность фильтров определялась счетчиком заряженных частиц МСТ-17, с точностью порядка нескольких процентов. В связи с отсутствием стандартов углерода-14 (международных, общесоюзных, государственных) ассимиляция бикарбонат-ионов фитопланктоном выражена в относительных единицах, т.е. импульсах в 1 мин на фильтр. Температура воздуха в лаборатории 21-22°C, а в тени на палубе 26-29°C. Освещенность в лаборатории колебалась в пре-

делах 10^3 - 10^4 лк. Пробы воды отбирались с поверхностного горизонта эмалированным ведром или через специальное приспособление в борту на ходу судна. Ниже приводятся результаты 14 опытов.

Результаты исследований и их обсуждение

Процесс ассимиляции бикарбонат-ионов поверхностным фитопланктоном Тропической и Субтропической Атлантики, а также Средиземного моря в функции от времени имел следующие особенности. В 9 из 14 проведенных опытов кинетика процесса ассимиляции в течение светового дня сравнительно быстро (в пределах 2 час) достигает стационарного состояния, а радиоактивность фильтров колеблется относительно некоторого постоянного значения (опыты № 1, 3-5, 9-12). Это значит, что в районах, где были проведены эти опыты, в исследуемый момент времени отсутствовал прирост "чистой" продукции, а валовый прирост органического вещества в процессе фотосинтеза был равен его тратам в процессе дыхания. Такие результаты наблюдались как в условиях судовой лаборатории, так и на палубе судна.

В центральных районах субтропической и тропической зоны Атлантического океана сравнительно редко имел место прирост "чистой" продукции в наблюдаемый момент времени летнего сезона. Период стационарного состояния, когда "чистая" продукция планктонного фитопланктона отсутствует, может длиться несколько дней (опыты № 2-4). Исключение представляет опыт № 5, где на вторые сутки отмечен существенный прирост продукции.

В исследуемый период продукция наблюдалась только в отдельных районах - в Карибском и Средиземном морях на небольших глубинах (до 100 м). Увеличение радиоактивности фильтров происходило по закону, близкому к экспоненциальному (опыты № 5-7), или закону прямой пропорциональной зависимости (опыты № 8 и 14).

В опыте № 6 радиоактивность фильтров к концу светового дня возросла почти в 20 раз, что соответствует более, чем 4-х кратному удвоению первоначальной радиоактивности фильтров.

В опыте № 7 радиоактивность фильтров увеличилась в 55 раз, т.е. в этом опыте радиоактивность фильтров после 2-часовой экспозиции удваивалась более чем в 5 раз. Если каждое удвоение радиоактивности фильтра эквивалентно делению клетки, то соответственно за время опыта № 7 произошло 5-6 делений клеток. При этом наиболее интенсивно процесс протекал в последние два часа, за которые фитопланктон района пролива между островами Тринидад

и Тобаго делился дважды. Опыт № 7 проводился в пасмурный дождливый день и в 17 час было включено электрическое освещение. В некоторых опытах наблюдалась тенденция к увеличению ассимиляции во второй половине дня (опыты № 1,3,13).

Из полученных данных следует, что первичная продукция является вероятностным процессом и характеризуется не постоянной, а некоторой переменной скоростью процесса. При этом периодически изменяются не только параметры процесса, но и вид кинетической функции. Одна из характерных особенностей хода продукционного процесса во времени - периодическое чередование стационарных (чистая продукция отсутствует) и нестационарных фаз, частота смены которых, по-видимому, определяется конкретными экологическими особенностями места и времени. Полученные данные находятся в согласии с представлениями, что продукционный процесс наблюдается преимущественно вблизи берегов, где выше концентрация питательных веществ и биомасса фитопланктона (Богоров, 1970; Сорокин, 1973). Это не исключает, однако, возможности проявления "обратной зависимости", т.е. отсутствия или более медленного темпа первичной продукции в районах с богатой биомассой по сравнению с бедными районами (Кобленц-Мишке, Ведерников, 1973). Однако второе явление должно в общем наблюдаться реже, чем первое.

В целом статические методы изучения первичной продукции дают полуколичественную, а не количественную характеристику этого процесса. Для перехода на количественную основу необходимо применение кинетического (динамического) подхода, кинетических схем опыта и кинетических методов.

Выводы

1. Проведенные в 7-м рейсе нис "Академик Вернадский" кинетические исследования ассимиляции бикарбонат-ионов морским и океаническим фитопланктоном в поверхностных водах Тропической и Субтропической Атлантики, Карибском и Средиземном морях показали, что скорость первичного продукционного процесса является не постоянной, а переменной величиной.

2. Примерно в 2/3 проведенных опытов скорость ассимиляции, а следовательно, и продукции фитопланктона, имела нулевое значение за период времени, равный 12-36 час. Другими словами, в этих опытах не наблюдалось увеличение биомассы фитопланктона.

3. Продолжительность стационарной фазы, когда "чистая" продук-

ция отсутствует, а прирост органического вещества в процессе фотосинтеза равен его тратам на дыхание, может быть равна нескольким суткам.

4. Продукция фитопланктона представляет собой вероятностный периодический процесс, состоящий из стационарной (нулевая скорость) и нестационарной (положительное значение скорости процесса) фаз гиперциркадного (больше суток) цикла продукционного процесса.

5. Применяемые в гидробиологии методы изучения первичной продукции, основанные на статическом подходе, постулирующем постоянную скорость процесса, дают неопределенные результаты, которые могут быть далеки от реальных величин.

Поглощение углерода-14 фитопланктоном Предгибралтарского района Атлантики ($\varphi = 36^{\circ}17'N$; $\lambda = 07^{\circ}00'W$)

3.У.73 г. Опыт № 1. Начало опыта 6 час

$t_{асгр.}, \text{час}$	8	10	12	14	16	18
имп/мин	22	20	24	30	30	40

Поглощение углерода-14 фитопланктоном района островов Зеленого Мыса ($\varphi = 15^{\circ}00'N$; $\lambda = 27^{\circ}00'W$)

8.У.73 г. Опыт № 2. Начало опыта 14 час 30 мин

$t_{асгр.}, \text{час}$	24	48	72	96
имп/мин	8420	12420	15870	14290

Поглощение углерода-14 фитопланктоном центральной Атлантики ($\varphi = 07^{\circ}N$; $\lambda = 34^{\circ}00'W$)

15.У.73 г. Опыт № 3. Начало опыта 9 час

$t_{асгр.}, \text{час}$	3	6	9	12	24
имп/мин	8200	16160	15610	17330	8360

Поглощение углерода-14 фитопланктоном Центральной Атлантики ($\varphi = 10^{\circ}30'N$; $\lambda = 41^{\circ}10'W$)

23.У.73 г. Опыт № 4. Начало опыта 10 час 30 мин

$t_{асгр.}, \text{час}$	3	6	9	12	24	48
имп/мин	110	72	27	30	127	72

Поглощение углерода-14 фитопланктоном Центральной Атлантики
 ($\varphi = 09^{\circ}00'N$; $\lambda = 39^{\circ}13'W$)
 26.V.73 г. Опыт № 5. Начало опыта 6 час

$t_{\text{асгр.}} \text{ час}$	3	6	9	12	25	49
имп/мин	8	8	9	3	1	78

Поглощение углерода-14. фитопланктоном Карибского моря
 ($\varphi = 11^{\circ}00'N$; $\lambda = 64^{\circ}42'W$)
 10.VI.73 г. Опыт № 6. Начало опыта 6 час

$t_{\text{асгр.}} \text{ час}$	3	6	9	12	
имп/мин	3	21	25	58	

Поглощение углерода-14 фитопланктоном Карибского моря
 ($\varphi = 11^{\circ}18'N$; $\lambda = 61^{\circ}18'W$)
 13.VI.73 г. Опыт № 7. Начало опыта 6 час

$t_{\text{асгр.}} \text{ час}$	9	11	13	15	17	19
имп/час	68	420	320	420	850	3770

Поглощение углерода-14 фитопланктоном района шельфа
 Южной Америки ($\varphi = 09^{\circ}06'N$; $\lambda = 60^{\circ}00'W$)
 14.VI.73 г. Опыт № 8. Начало опыта 6 час

$t_{\text{асгр.}} \text{ час}$	8	10	12	14	16	18
имп/час	1660	2570	3710	3190	2930	3620

Примечание: Опыт поставлен на палубе, на рассеянном свете.

Поглощение углерода-14 фитопланктоном Карибского моря
 ($\varphi = 11^{\circ}44'N$; $\lambda = 65^{\circ}29'W$)
 12.VII.73 г. Опыт № 9. Начало опыта 6 час

$t_{\text{асгр.}} \text{ час}$	8	10	12	14	16	18
имп/час	1280	1610	1500	960	2920	1990

Поглощение углерода-14 фитопланктоном района шельфа
Южной Америки ($\varphi = 09^{\circ}12'N$; $\lambda = 53^{\circ}16'W$)
17.УП.73 г. Опыт № 10. Начало опыта 6 час

$t_{\text{астр. час}}$	8	10	12	14	16	18
имп/час	560	500	480	430	420	460

Примечание: Опыт поставлен на палубе, на рассеянном свете.

Поглощение углерода-14 фитопланктоном района Канарского течения ($\varphi = 21^{\circ}03'N$; $\lambda = 25^{\circ}11'W$)
25.УП.73 г. Опыт № 11. Начало опыта 6 час

$t_{\text{астр. час}}$	8	10	12	14	16	18
имп/мин	220	300	170	150	180	150

Поглощение углерода-14 фитопланктоном района Канарского течения ($\varphi = 29^{\circ}42'N$; $\lambda = 13^{\circ}55'W$)
31.УП.73 г. Опыт № 12. Начало опыта 6 час

$t_{\text{астр. час}}$	8	10	12	14	16	18
имп/мин	280	320	150	120	190	260

Поглощение углерода-14 фитопланктоном Средиземного моря у берегов Испании ($\varphi = 36^{\circ}29'N$; $\lambda = 03^{\circ}00'W$)
7.УП.73 г. Опыт № 13. Начало опыта 7 час

$t_{\text{астр. час}}$	9	11	13	15	17	19
имп/мин	50	40	45	80	60	125

Поглощение углерода-14 фитопланктоном Средиземного моря у берегов острова Сицилия ($\varphi = 37^{\circ}21'N$; $\lambda = 12^{\circ}16'0$)
13.УП.73 г. Опыт № 14. Начало опыта 7 час

$t_{\text{астр. час}}$	9	11	13	15	17	19
имп/мин	500	990	470	1020	880	1070

Л и т е р а т у р а

Баринов Г.В. 1961. Радиоактивные изотопы в исследовании поступления и передвижения минеральных веществ при внекорневой подкормке растений. - Тр.Ташкентской конференции по мирному использованию атомной энергии, т.3. Ташкент.

- Баринов Г.В. 1965. Изотопный обмен в гидробиологической системе и его значение. - Гидробиол. журнал, т. I, № 2.
- Баринов Г.В. 1966. Биоэнергетические аспекты кинетики накопления C^{14} и P^{32} водорослями. - Гидробиол. журн., т.2, № 5.
- Басоев Д.А. 1972. Регуляция путей метаболизма углерода в фотосинтезе. - В сб.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. "Наука", М.
- Богоров В.Г. 1970. Биогеоценозы пелагиали океана. - В сб.: Программа и методика изучения биогеоценозов водной среды. - "Наука", М.
- Винберг Г.Г. 1960. Первичная продукция водоемов. Изд-во БГУ, Минск.
- Кобленц-Михке О.И., Ведерников В.И. 1973. Ориентировочное сопоставление первичной продукции и количества фитопланктона на поверхности океана. - Океанология, т.13, №1.
- Курсанов А.Л. 1972. Транспорт и утилизация продуктов фотосинтеза. - В сб.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. "Наука", М.
- Ничипорович А.А. 1972. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности. "Наука", М.
- Рабинович Е. 1959. Фотосинтез, т.3, ИЛ, М.
- Сорокин Ю.И. 1973. О продуктивности прибрежных тропических вод западной части Тихого океана. - Океанология, т.13, № 4.
- Steemann-Nielsen E. 1951. Measurement of the production of organic matter in the sea by means of Carbon-14. - Nature, n. 167, N 4252.

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ НЕЙСТОНА И ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАНКТОНА В РАЙОНЕ ВЫСОКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ

Н.С.Рисик, Н.И.Мिशарева, А.Ш.Ахметов,
В.Я.Ткаченко

Радиоэкологические исследования нейстона вызваны специфическими особенностями этого наиболее многочисленного класса сообществ морских организмов. Организмы нейстона, обитая в приповерхностном слое, первыми подвергаются воздействию атмосферных радиоактивных выпадений, а широкие связи нейстона с другими биотопами обуславливают существование биологической миграции радионуклидов в толщу воды. В нейстоне проходят ранние стадии развития многих рыб и беспозвоночных (Поликарпов и др., 1970).

В связи с этим в 26-м рейсе нис "Михаил Ломоносов" нами производился сбор проб нейстона и поверхностного планктона для идентификации в них искусственных радионуклидов.

Для сравнения данных определяли искусственные радионуклиды