

577.472(26)

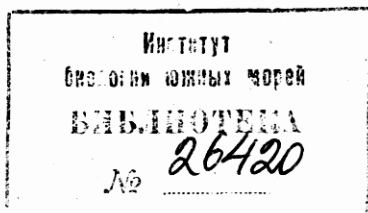
5633

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
В ТРОПИЧЕСКОЙ
ЗОНЕ ОКЕАНА**

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

577 472(26)
Б 633

Пров. 1977

Гидробиология
море

Сборник посвящен результатам биологических исследований, выполненных в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах сотрудниками Института биологии южных морей АН УССР на нис "Михаил Ломоносов" в 1972 г. и "Академик Вернадский" в 1972 и 1973 гг.

Представлены работы по изучению закономерностей количественного распределения фито- и зоопланктона, дается характеристика биолюминесцентного поля Тропической Атлантики, а также анализ популяционной структуры и географического распространения пелагических кальмаров. Несколько работ посвящено изучению нефтяного загрязнения как экологического фактора в море. Представлены некоторые данные по радиационной и химической экологии.

Рассчитан на гидробиологов, зоологов, работников рыбной промышленности, студентов биологических факультетов.

Ответственный редактор чл.-кор. АН УССР
В.Н. Грезе

Редакция информационных изданий

Б 21009 - 655
M221(04)-75

© Институт биологии южных морей
им. А.О.Ковалевского АН УССР, 1975 г.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВЗВЕСИ И БИТУМИНОЗНЫХ ВЕЩЕСТВ В МОРСКОЙ ВОДЕ

О.Г. Миронов

Количество и состав взвеси меняется в зависимости от расстояния от берега, глубины моря, сезона, географической широты места и некоторых других факторов. Взвешенные частицы сорбируют на своей поверхности ряд химических элементов и соединений. Велика роль взвеси в трансформации нефтяного загрязнения.

Сбор материала осуществлялся по всему маршруту следования нис "Академик Вернадский". Количество взвеси определялось весовым методом на мембранных ультрафильтрах № 3. Во взвешенном веществе устанавливалось содержание битумов.

Японское море

Распределение взвеси по поверхности Японского моря (рис.1) весьма неравномерно, что может быть обусловлено пятнистым распределением планктонных организмов (Лисицын, 1956). Высокая концентрация взвесей отмечалась на большинстве станций (2,3-5,0 мг/л), однако в некоторых районах она понижалась до 0,9 мг/л. Повышенное содержание взвеси встречено в портах и прилегающих непосредственно к ним районах, что связано с небольшими глубинами, а также загрязнением морской воды.

Моря дальнего Востока и примыкающая к ним часть Тихого океана в целом характеризуются высокими содержаниями взвеси в поверхностных водах, что связано как с высокой биологической продуктивностью вод, так и с деятельностью современных вулканов, а также с поступлением осадочного материала из рек вследствие береговой амбразии, взмучивания осадков и других факторов.

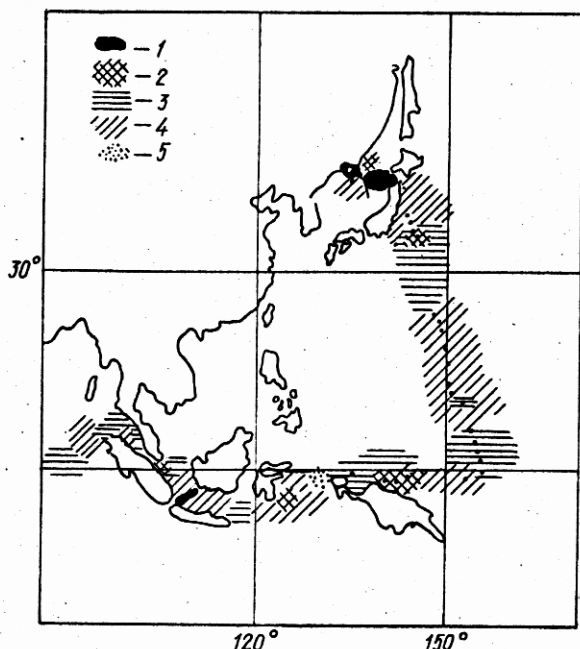


Рис.1. Количественное распределение взвешенного вещества на поверхности Тихого океана. Концентрация взвеси (мг/л):
1 - $> 3,0$; 2 - $3-1,5$; 3 - $1,5-1,0$; 4 - $1,0-0,5$; 5 - $< 0,5$.

Тихий океан

В западной части Тихого океана отмечена обширная площадь минимального содержания взвеси ($0,5-0,9$ мг/л) с небольшими зонами более высокой концентрации ($1,25-2,9$ мг/л). Уменьшение взвеси здесь вызвано приносом Северным пассатным течением довольно чистой воды из центральной части Тихого океана.

Одна из зон повышенной концентрации взвеси связана с зоной тропической дивергенции, где наблюдается значительное повышение биомассы планктона (Богданов, 1965).

Повышенная концентрация взвеси встречается в островных районах и узкостях ($3,25-1,0$ мг/л): в Макасарском проливе - $2,2$ мг/л, проливе Карипата - $3,1$ мг/л, Сингапурском проливе - $2,25$ мг/л.

Содержание взвеси в морях Малайского архипелага колеблется от 0,8 до 3,05 мг/л. Общее увеличение содержания взвеси в этих морях связано с возрастанием концентрации терригенного материала (близость и большая изрезанность берегов), малыми глубинами морей (глубина Южно-Китайского и Яванского морей не превышает 100 м), интенсивным развитием фитопланктона в богатых органическими веществами водах.

Для определения общего количества битуминозных веществ во взвеси использован метод, предложенный Ю.А.Богдановым и Л.И.Овчинниковой (1965). Изучение битумов представляет большой интерес, так как битумы взвеси являются важным источником органического вещества донных осадков, а затем и нефти в осадочных породах (Горская, Глебовская, 1965). Наличие битумов может служить и показателем загрязнения поверхностных вод углеводородами, в частности нефтью и нефтепродуктами.

В растворе хлороформа битумы имеют голубовато-зеленоватый цвет люминесценции и невысокую интенсивность свечения. Это обусловливается небольшим содержанием в составе битумов смолистых веществ, в основном низкомолекулярных.

В Тихом океане, по данным Ю.А.Богданова и Л.И.Овчинниковой (1965), во взвеси содержится от 0,01 до 1,56 мг/л битумов.

По полученным материалам, в Тропической зоне Тихого океана концентрация битумов измерялась десятками мкг/л. К северу от этой зоны содержание битумов постепенно повышалось (0,1–0,17 мг/л). Эта четкая широтная зональность в распределении битуминозных веществ повторяет закономерности распределения планктона в Тихом океане (Лисицын, 1967).

Наибольшие концентрации битумов приходятся на взвеси портовых районов (выше 1,0 мг/л), а также на районы многочисленных островов (0,345–0,350 мг/л). Повышенное содержание битуминозных веществ отмечается почти во всех морях Малайского архипелага (0,1–0,15 мг/л), воды которых очень богаты фитопланктоном.

В составе взвешенного вещества битумы были определены в количестве 2–10% от веса сухой взвеси. На долю хлороформенного экстракта приходится 3,14–8,33% веса взвеси.

Индийский океан

Количество взвешенного вещества в поверхностных водах Индийского океана (рис.2) различно и колеблется от долей мг/л до 3-4 мг/л.

Минимальное количество взвеси (0,4-0,5 мг/л) отмечается в водах, примыкающих к центральной части Индийского океана и к югу Аравийского моря (0,3-0,8 мг/л). У западного побережья Индии концентрация взвеси достигает максимальных величин, повышаясь в районе порта Бомбей до 27 мг/л.

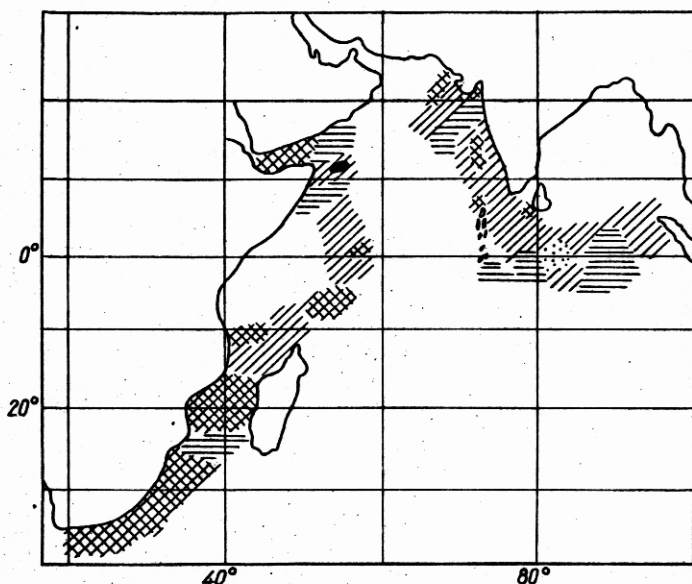


Рис.2. Количественное распределение взвешенного вещества на поверхности Индийского океана. Условные обозначения те же, что на рис.1.

Повышение концентрации взвеси наблюдается в районе островов (Мальдивские острова - 1,5 мг/л), а также в портах и прилегающих к ним акваториях (Коломбо - 2,0-2,5 мг/л).

Южнее острова Цейлон выделяется зона пониженного содержания взвеси, что согласуется с данными Е.И.Гордеева (1970).

Крайне неравномерно распределение взвеси по поверхности Аравийского моря. В северную и восточную часть моря впадают многочисленные реки, несущие большое количество терригенного материала. Это

в значительной мере и определяет распределение взвеси в поверхностном слое Аравийского моря, где можно выделить две зоны: северную и северо-восточную, более богатую взвешенным веществом, где содержание его достигает 2,5 мг/л, и южную часть с более низким содержанием взвеси (0,8-1,0 мг/л).

В восточной части моря зона повышенного содержания взвеси образует вытянутый в западном направлении район (2,0-2,5 мг/л). В западной части моря выделяется акватория с содержанием взвеси 0,3-0,8 мг/л. Южная часть моря характеризуется средними значениями концентраций - 0,9 мг/л.

В Аденском заливе по мере удаления от порта Аден концентрации взвеси несколько понижается (от 4,3-5,8 мг/л в порту до 1,5-1,0 мг/л).

У Восточного побережья Африки выделяется зона с относительно высокой концентрацией взвеси (1,6-1,2 мг/л), образовавшаяся в результате привноса осадочного материала из прибрежных вод Самалийским течением.

Южнее экватора (8-10° ю.ш.) выделяется экваториальная зона повышенного содержания взвеси. На западе эта зона совпадает с полосой высокой концентрации взвеси в районе Сейшельских островов, достигая максимальных величин в порту Виктория (1,5-3,0 мг/л).

На поверхности Индийского океана распределение битуминозных веществ характеризуется климатической зональностью. На долю битумов во взвеси тропических вод приходится 11,6-27%, в водах умеренных широт битумы составляют только 1,3-6,8% от сухого веса взвеси.

Высоким содержанием битумов отличаются районы северной и северо-восточной частей Аравийского моря (1,0-1,6 мг/л), где воды моря особенно богаты терригенным материалом.

Понижение концентрации битумов по поверхности Аравийского моря прослеживается в центральной части, а также на юге, где концентрация битуминозных веществ составляет 0,03-0,05 мг/л.

Весь Аденский залив представляет собой район с высоким содержанием битумов (0,106-0,109 мг/л), а центром максимальной концентрации является порт Аден - 3,48 мг/л, или 60% от сухого веса взвеси, что в значительной степени связано с нефтяным загрязнением порта.

Экваториальная часть Индийского океана характеризуется небольшой концентрацией битумов (0,05 мг/л). Битуминозными веществами обогащены воды западной части Индийского океана, в непосред-

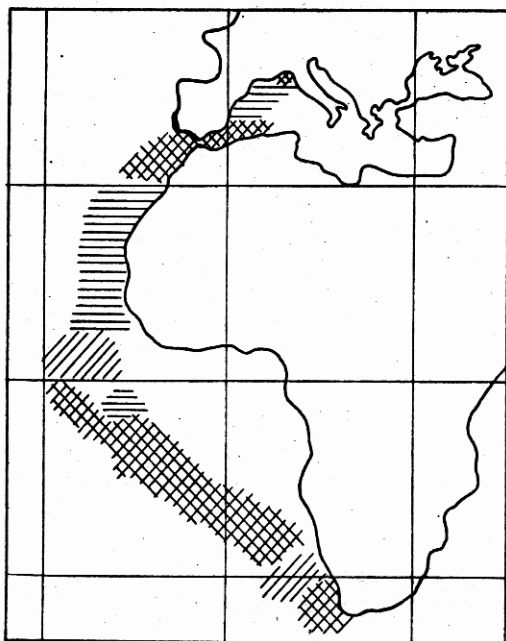


Рис.3. Количественное распределение взвешенного вещества на поверхности Атлантического океана и Средиземного моря. Условные обозначения те же, что на рис.1.

близости от Африканского побережья, где концентрация битумов составляет 0,105–0,107 мг/л. Повышенная концентрация битумов вызвана здесь более интенсивным поступлением терригенного материала из прибрежной зоны, а также некоторыми гидрологическими и географическими условиями.

Содержание взвеси в водах различных районов океана (рис.3) колеблется от 0,9 до 2,25 мг/л.

Атлантический океан

Минимальное содержание взвеси наблюдается в экваториальной зоне (0,5–0,9 мг/л), что связано с понижением развития планктона в этом районе. Вся южная тропическая часть океана характеризуется большим содержанием взвешенного вещества (2,25–1,5 мг/л), и только к экватору наблюдается некоторое понижение его концентрации.

Повышенное содержание взвеси отмечается в водах Канарского течения (1,4 мг/л), что можно объяснить развитием планктона в этом районе (Сущеня, Финенко, 1966). Эта зона прослеживается и далее на север к району Гибралтарского пролива (1,5–1,7 мг/л).

Распределение битуминозных веществ по поверхности Атлантического океана носит пятнистый характер и частично соответствует распределению планктона. Отдельные области с наибольшей концентрацией битумов отмечаются в экваториальной зоне Атлантики (0,10–0,175 мг/л) и около мыса Доброй Надежды в юго-восточной части. Повышенная концентрация битуминозных веществ образует большую зону в районах Канарских островов и островов Зеленого мыса (0,108 мг/л).

К югу от широты Зеленого мыса прослеживается уменьшение количества битумов в воде (0,03–0,04 мг/л). Эта зона простирается далеко на юг, охватывая почти всю центральную часть Атлантического океана.

Средиземное море

В северо-западной части Средиземного моря отобрано 7 проб. Количество данных по распределению взвешенного вещества и содержанию в нем битумов для данного района крайне ограничено. Зона высокой концентрации взвешенного вещества распространяется от Гибралтарского пролива вдоль Африканского побережья (1,5 мг/л). К северу от этой зоны концентрация снижается до 1,0–1,3 мг/л. Порт Генуя, как и подход к нему, характеризуется высоким содержанием взвешенного вещества, которое в порту составляет 2,0 мг/л. Концентрация битуминозных веществ во взвеси порта Генуя и прилегающего района достигает 1,084 мг/л, или 54,2% от веса сухой взвеси, что связано с высокой загрязненностью воды нефтью.

Прибрежная зона северо-западного района моря характеризуется несколько пониженной концентрацией битуминозных веществ, которая, однако, остается высокой, порядка 0,108 мг/л, или 10,8% от общего веса взвеси.

По всей же поверхности остальной части исследуемого района содержание битуминозных веществ незначительно, что составляет 0,03–0,04 мг/л.

Полученные материалы свидетельствуют о том, что в современных условиях на количественное распределение взвешенных веществ в морской воде, а также содержание в нем битуминозных веществ оказывает влияние загрязнение морской среды.

Л и т е р а т у р а

- Богданов Ю.А. 1965. Взвешенное органическое вещество в водах Тихого океана. - Океанология, т.5, в.2.
- Богданов Ю.А., Овчинникова Л.И. 1965. К методике определения битуминозных веществ во взвеси. - Океанология, т.5, в.2.
- Гордеев Е.И. 1970. Количественное распределение взвеси в толще вод северной и центральной частей Индийского океана. - Океанология, т.10, в.1.
- Горская А.И., Глебовская Е.А. 1966. К химической характеристике органического вещества океанских взвесей. - В сб.: Химические процессы в морях и океанах. М.
- Лисицын А.П. 1956. Методы сбора и исследования водной взвеси для геологических целей. - Тр.Ин-та океанологии АН СССР, 4, 19.
- Лисицын А.П., Богданов Ю.А., Овчинникова Л.И. 1967. Некоторые результаты изучения битуминозных веществ в водной взвеси Тихого океана. - Океанология, т.7, в.1.
- Сущеня Л.М., Финенко З.З. 1966. Содержание взвешенного органического вещества в водах Тропической Атлантики и некоторые количественные соотношения между его компонентами. - Океанология, т.6, в.5.

К ВОПРОСУ О НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМАХ В ЮЖНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЯХ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

А.А.Лебедь

Изучение процесса самоочищения морской воды от нефти имеет в настоящее время первостепенное значение в связи со все увеличивающимся загрязнением морей и океанов нефтью и нефтепродуктами. Основная роль в этом процессе принадлежит нефтеокисляющим микроорганизмам, благодаря активности которых происходит разрушение нефти и ее компонентов до простых соединений.

Исследования углеводородооксилюющей микрофлоры в Атлантическом океане были проведены вдоль побережья Африки О.Г.Мироновым (1970, 1971), который дал первые сведения о распространении и видовом составе данной группы микроорганизмов. Выделенные бактерии относились к родам *Pseudobacterium*, *Bacterium*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Bacillus*. В дальнейшем аналогичные исследования были проведены в Северной части Атлантического океана (Миронов, Лебедь, 1972).

В апреле-мае 1972 г. в У рейсе нис "Академик Вернадский" проводилось дальнейшее изучение нефтеокисляющих бактерий в центральной и южной части Атлантики у берегов Африки. По сравнению с предыдущими исследованиями (Миронов, 1970) количество посевного материала было увеличено до 222 мл. Посев проводился методом предельных разведений, что дало возможность проследить за титром бак-

терий в объемах 222-0,1 мл. Отбор поверхностных проб на ходу с борта судна по всему маршруту производился специально изготовленным 1 л батометром. Перед каждым взятием пробы батометр стерилизовался в сушильном шкафу при 180°C.

Помимо поверхностных проб, взятых на ходу, в дрейфе изучалось распределение углеводородокисляющих микроорганизмов по глубинам. Отбор проб производился батометрами Нансена с горизонтов 0; 25; 50; 75; 100 м. Методика отбора проб и дальнейшая обработка материала описана ранее (Миронов, 1970). Параллельно проводили посев морской воды на пептон для определения общего количества гетеротрофных бактерий. Всего было исследовано 153 пробы морской воды, взятых на 68 поверхностных и 17 дрейфовых станциях.

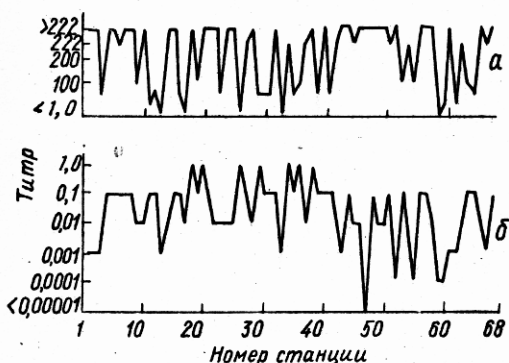


Рис.1. Титр нефтеокисляющих бактерий и общий титр гетеротрофов:

а - титр нефтеокисляющих микроорганизмов; б - титр гетеротрофов.

Из 68 поверхностных станций рост нефтеокисляющих микроорганизмов наблюдался на 35, а чистые углеводородокисляющие культуры были выделены на 23 станциях. В данном случае высеваемость микробов была в 1,5 раза выше, чем в пробах, взятых ранее вдоль побережья Африки (Миронов, 1970) и в 4 раза выше, чем в пробах, взятых в северной части океана (Миронов, Лебедь, 1972). Всего было выделено 109 культур микроорганизмов, из которых 42 (38,5%) развивались на минеральной среде с нефтью. Титр нефтеокисляющих бактерий и общий титр гетеротрофов представлен на рис.1.

По данным А.А.Ворошиловой и Е.В.Диановой (1952), показателем степени загрязнения вод нефтепродуктами является соотношение нефте-

окисляющих и гетеротрофных бактерий, что подтверждается и нашими исследованиями. Исключение составляют отдельные станции (11, 26, 29, 42, 46), на которых изменение титра углеводородокисляющих микроорганизмов не соответствует изменению титра гетеротрофов.

Из 17 дрейфовых станций рост нефтеокисляющих бактерий наблюдался на 15 (рис. 2). Большая половина углеводородокисляющих бактерий выделена в поверхностном слое и на глубине 100 м, где находился слой температурного скачка.

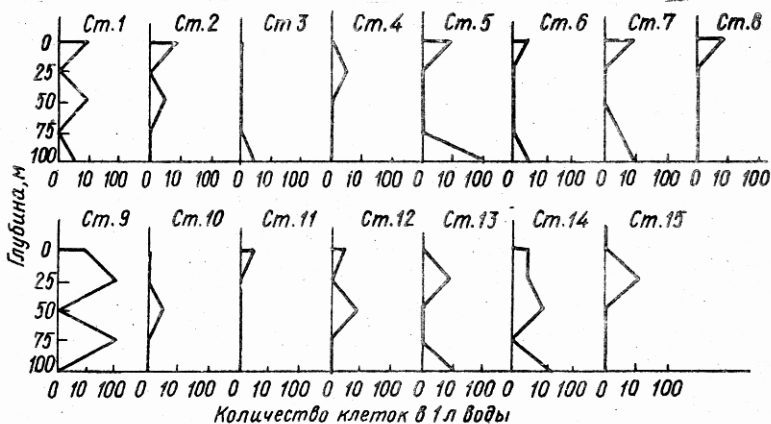


Рис. 2. Распределение нефтеокисляющих микроорганизмов на дрейфовых станциях.

На дрейфовых станциях было выделено 78 чистых культур, 6 из которых дали рост на углеводородах (7,7%).

Всего в южной части Атлантического океана выделено 48 культур микроорганизмов, способных использовать нефть и нефтепродукты в качестве единственного источника углерода. По определителю Н.А. Красильникова (1949) они отнесены к 4 родам и 13 видам: к роду *Pseudobacterium* — 6 видов, к роду *Pseudomonas* — 4, к роду *Bacterium* — 2 и 1 вид отнесен к роду *Microsoccus*.

Для определения интенсивности роста выделенных культур на разных сортах нефти и нефтепродуктах они были высеяны на пять различных нефтей, соляр и флотский мазут (табл. I). Семь культур не дали роста на углеводородах и поэтому в таблицу не включены. Из приведенных данных видно, что основная масса нефтеокисляющих бактерий способна расти на большинстве предложенных нефтей и нефтепродуктов.

Т а б л и ц а I

Рост микроорганизмов на нефти и нефтепродуктах

Вид микро- организмов	Коли- чество штам- мов в опыте	Количество штаммов, растущих на нефтепродуктах						
		со- ля- ре	мазу- те	мал- го- бек- ской неф- ти	анас- тази- евс- кой неф- ти	арча- дино- кой нефти	уру- ое	ромаш- кинской нефти
<i>Psd.sinuosa</i>	10	10	9	9	7	9	9	9
<i>Psd.desmolyticum</i>	6	6	6	6	1	6	6	6
<i>Psb.halosmo- philum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Psb.coccifor- mis</i>	8	8	8	8	8	7	8	8
<i>Psb.ovatum</i>	3	3	3	3	3	2	2	2
<i>Psb.furco- sum</i>	3	3	2	3	3	3	3	3
<i>Psb.intesti- nalis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Psb.qualis</i>	1	1	1	-	1	1	1	1
<i>Bact.album</i>	2	2	2	2	1	2	2	2
<i>Micrococcus albatus</i>	6	6	6	6	6	6	6	6

Т а б л и ц а 2

Рост микроорганизмов на жирных кислотах

Вид микроор- ганизмов	Коли- чество штам- мов	Количество штаммов, растущих на кислотах						
		мура- вьин- ной	уксус- ной	масля-паль- ной	мיתי- новой	олеи- новой	лино- лено- вой	кито- вом жире
<i>Psd.sinuosa</i>	II	-	II	II	9	6	6	10
<i>Psd.desmolyticum</i>	6	1	6	6	6	6	6	6
<i>Psd.liquida</i>	1	1	1	1	1	-	-	1
<i>Psb.halosmophi- lum</i>	2	-	2	2	2	2	1	2
<i>Psb.cocciformis</i>	7	-	7	7	7	7	-	7
<i>Psb.ovatum</i>	3	-	3	3	3	3	-	3
<i>Psb.furcosum</i>	2	-	2	2	2	-	-	2
<i>Psb.qualis</i>	1	-	1	1	1	1	1	1
<i>Bact.album</i>	2	-	1	1	2	1	1	2
<i>Bact.agile</i>	1	-	1	1	-	-	-	-
<i>Microcc. alba- tus</i>	6	2	6	6	6	6	-	6

Таблица 3

Рост микроорганизмов на аминокислотах и пептоне

Вид микроорганизмов	Количество штаммов в опыте	Количество штаммов, растущих на									
		аспарагине	аспарагиновой кислоте	глицине	глутаминовой кислоте	цистеине	триптофане	метионине	серине	валине	пептоне
<i>Ps. sinuosa</i>	10	6	4	6	9	2	2	4	5	8	6
<i>Ps. desmolyticum</i>	6	2	4	5	6	2	1	2	5	6	6
<i>Ps. liquida</i>	1	1	-	-	1	1	1	-	1	1	-
<i>Ps. cocciformis</i>	7	5	-	1	6	4	-	-	1	-	7
<i>Ps. ovatum</i>	3	1	-	-	2	2	1	-	1	1	3
<i>Ps. furcosum</i>	2	1	-	1	1	1	1	-	-	-	1
<i>Ps. halosomphalum</i>	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1
<i>Ps. intestinalis</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Ps. qualis</i>	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1
<i>Bact. album</i>	2	-	-	1	1	2	2	-	1	1	-
<i>Micrococcus albus</i>	6	4	-	-	5	2	1	1	1	1	5

Для определения способности выделенных нефтеокисляющих микроорганизмов использовать в качестве источника углерода другие вещества они были внесены на ряд жирных кислот, аминокислот и китовый жир. Растворимые в воде жирные кислоты брались в опыт в количестве 0,01 моля на 100 мл минеральной среды Ворошиловой и Диановой. Не растворимые в воде жирные кислоты и китовый жир стерилизовались отдельно и вносились в среду после засева микроорганизмов. В опыт было взято шесть кислот: предельные - муравьиная, уксусная, масляная, пальмитиновая; непредельные - олеиновая и линоленовая.

Наиболее слабый рост микроорганизмов наблюдался на муравьиной и линоленовой кислотах (табл.2). На то, что микроорганизмы в редких случаях используют муравьиную кислоту в качестве источника углерода, указывал В.О.Таусон (1950).

Для изучения роста бактерий на аминокислотах последние добавлялись в количестве 500 мг на 1 л минеральной среды Ворошиловой и Диановой. Из данных табл.3 следует, что рост нефтеокисляющих микроорганизмов на аминокислотах менее интенсивен, чем на жирных кислотах. Однако выделение аммиака и сероводорода культурами, рост которых визуально не наблюдался, говорит об окислении аминокислот микроорганизмами. Большинство бактерий хорошо развивалось на пептоне, что подтверждают материалы предыдущих исследований.

В результате проведенной работы получены данные о численности, видовом составе и распространении нефтеокисляющих бактерий в морской воде южной части Атлантического океана. Большинство микроорганизмов, растущих на нефти, способны расти и на других источниках углерода (пептон, китовый жир, аминокислоты и жирные кислоты).

Маршрут экспедиции охватывает некоторые ранее не исследованные в микробиологическом отношении районы Атлантического океана. Поэтому приводимые данные о видовом составе, численности и географическом распространении микроорганизмов дают некоторое представление о микрофлоре этой акватории.

Л и т е р а т у р а

- Ворошилова А.А., Дианова Е.В. 1952. Окисляющие нефть бактерии - показатели интенсивного биологического окисления нефти в природных условиях. Микробиология, т.21, в.4.
Красильников Н.А. 1949. Определитель бактерий и актиномицетов. Изд-во АН СССР, М.
Мироснов О.Г. 1971. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. Изд-во "Наукова думка", К.
Мироснов О.Г. 1970. О роли микроорганизмов, растущих на нефти, в самоочищении и индикации нефтяного загрязнения в море. - Океанология, т.10, в.5.

Миронов О.Г. 1969. К вопросу о самоочищении морской воды от нефтепродуктов. - Гидробиологический журнал, т.5, в.4.
Миронов О.Г., Лебедь А.А. 1972. Угледородоокисляющие микроорганизмы в морской воде северной части Атлантического океана. - Гидробиологический журнал, т.1, в.8.
Таусон В.О. 1950. Основные положения растительной биоэнергетики. Изд-во АН СССР, М.

УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИЕ БАКТЕРИИ НЕКОТОРЫХ РАЙОНОВ ТИХОГО И ИНДИЙСКОГО ОКЕАНОВ

О.Г.Миронов

Изучение численности, закономерности распространения и биохимических особенностей микроорганизмов, способных использовать углеводороды в качестве единственного источника углерода и энергии, представляет большой теоретический и практический интерес. Эта группа бактерий в море до последнего времени почти не изучалась. В то же время углеводородоокисляющие бактерии играют основную роль в процессах разложения углеводородов автохтонного происхождения, включая их тем самым в общий круговорот вещества и энергии в океане. В последнее десятилетие в связи с интенсивным загрязнением морской среды нефтью и нефтепродуктами интерес к этой группе бактерий значительно возрос.

Целью настоящей работы явилось изучение нефтеокисляющих микроорганизмов в ряде районов Тихого и Индийского океанов, где ранее подобных исследований не проводилось. Методика отбора проб и их последующая обработка была в основном прежняя (Миронов, 1970). Новым для настоящего рейса явился отбор проб донных осадков. Схема маршрута представлена на рис.1.

Наблюдается закономерное уменьшение численности нефтеокисляющих микроорганизмов по мере удаления от мест загрязнения (рис.2). Так, в районе Владивостока титр бактерий возрос с 0,01 в районе нефтяного причала до 1,0 у Скрыплевского маяка и далее до III- в открытом море.

Японское море характеризуется весьма низкими величинами содержания в морской воде бактерий данной группы. В подавляющем большинстве случаев рост наблюдался только в 100 мл морской воды и выше, а в трех пробах из девяти был выше 222 мл.

В западном районе Тихого океана, начиная от 41° с.ш. и до экватора (долгота при этом изменялась от 141° в.д. до 155° в.д.) с поверхности отобрано 29 проб морской воды. В 14 пробах, т.е. примерно в половине всех случаев рост бактерий на минеральной среде с углеводородами не наблюдался. В девяти пробах титр был

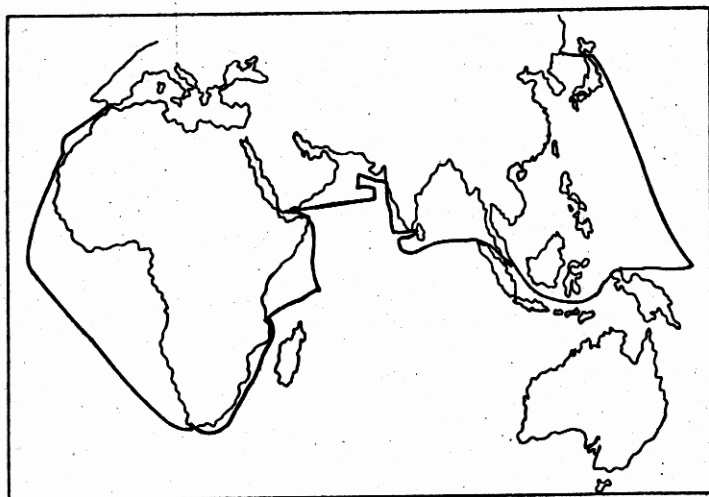


Рис. I. Схема маршрута 5-го рейса нис "Академик Вернадский" в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах.

Т а б л и ц а I

Титр нефтеокисляющих микроорганизмов на различных глубинах в Тихом океане

Горизонт, м		Температура, °C	Титр
стандартный	исправленный		
0	0	29	10
25	26	—	100
50	52	—	100
75	78	—	>222
100	104	28	100
1000	991	4,5	>222
2100	1947	2,3	100

в пределах III-222, в остальных шести пробах — меньше 100, но не опускался ниже 55.

Экваториальный район, который условно ограничен 155° в.д. и 130° в.д., также характеризуется относительно невысокими величинами нефтеокисляющих микроорганизмов. Однако здесь число выделенных чистых культур было более высоким, чем в западном районе Тихого океана (28 культур против 8).

Следующий район Тихого океана охватывает ряд морей Индонезийского архипелага и условно ограничен с запада 100° в.д. Здесь отоб-

2-5-902

БИБЛИОТЕКА

№ 26420

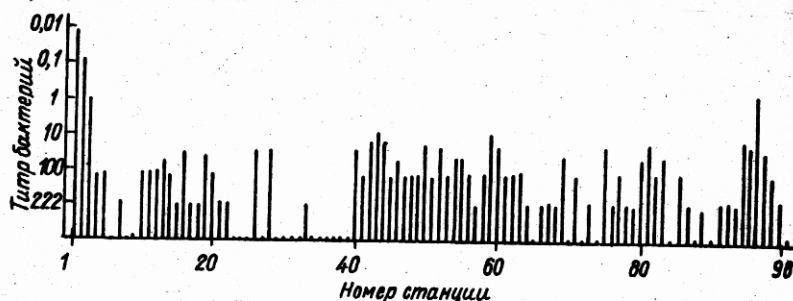


Рис.2. Титр нефтеокисляющих микроорганизмов в Тихом океане.

Т а б л и ц а 2

Титр нефтеокисляющих бактерий на различных
глубинах первого района Индийского океана

Горизонт, м		Температура, °C	Титр
стандартный	исправленный		
0	0	27,6°	100
25	22	27,5°	>222
50	45	26°	>222
75	67	24,1°	222
100	89	24°	>222
800	704	8,4°	10
1200	1097	5,9°	>222

Т а б л и ц а 3

Титр нефтеокисляющих бактерий на дрейфовых
станциях Аравийского моря

Глубина, м	Титр и горизонт роста, м
180	111 (0)
3100	222 (25)
3100	10 (0)
3500	10(0), 10(25), 10(50), 10(75)
3580	10(0), 222(25), 222(100)
140	222(0)
1670	1,0(0), 222(50), 222(1500)
3820	222(100)
3825	44(0)
1510	222(0), 222(75), 222(800)
1510	100(50)

рано 33 пробы морской воды, в 19 из которых титр был 222 и больше. Наиболее низкие величины, как и следовало ожидать, наблюдались в районе Сингапура (до 1,0). Пробы здесь отбирались в районе внешнего рейда, где нефтяное загрязнение не столь интенсивно.

Распределение нефтеокисляющих микроорганизмов по глубинам в Тихом океане проводилось на одной станции. Полученные результаты приведены в табл. I.

Т а б л и ц а 4

Титр нефтеокисляющих микроорганизмов на различных глубинах третьего района Индийского океана

Номер станции	Горизонт, м		Температура, °C	Титр
	стандартный	исправленный		
24	0	0	27,6	222
	25	37	26,8	>222
	50	75	25,3	>222
	75	112	20,4	100
	100	150	17,3	>222
	500	666	8,7	>222
	1000	1276	5,2	>222
25	0	0	29,1	0,1
	25	26	27,9	10
	50	52	24,8	111
	75	78	23,7	>222
	100	104	22,8	222
	600	538	9,2	222
	1500	1347	4,1	>222

Наряду с пробами морской воды на двух станциях отбирались пробы грунта пятиметровой трубкой. После извлечения грунтовой колонки из ее середины с соблюдением стерильности отбиралось около 1 г грунта, из которого готовилась рабочая болтушка. Посев проводился методом предельных разведений на минеральную среду с нефтью в качестве единственного источника углерода и энергии. Нефтеокисляющие микроорганизмы в грунтах не обнаружены.

Маршрут судна в Индийском океане был условно разделен на три района: первый является продолжением станций в морях Индонезийского архипелага на востоке, а на западе ограничивался 71° в.д. и 10° с.ш.; второй - включает станции в Аравийском море и третий - станции, расположенные по разрезу: остров Сакотра - Сейшельские острова - Мозамбикский пролив - мыс Доброй Надежды.

**Сравнительная характеристика роста нефтеокисляющих
микроорганизмов из различных районов Индийского океана**

Район океана	Общее число станций	Число станций с ростом бактерий	Рост бактерий по горизонтам (число проб)					
			0 м		до 100 м		более 10 м	
			всего проб	проб с ростом	всего проб	проб с ростом	всего проб	проб с ростом
Первый район	9	3	9	2	36	2	18	2
Аравийское море	13	11	13	8	52	10	26	2
Третий район	2	2	2	2	10	3	4	1

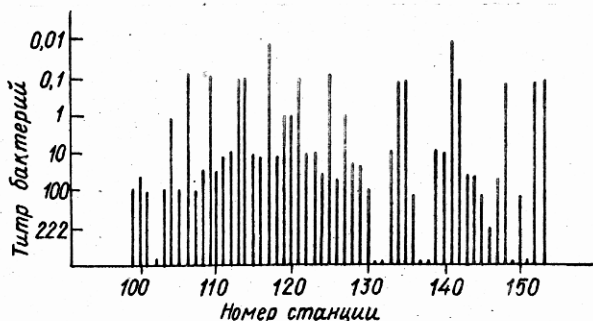


Рис.3. Титр нефтеокисляющих микроорганизмов в первом районе Индийского океана.

Численность нефтеокисляющих микроорганизмов на поверхностных станциях Индийского океана приведена на рис.3-5.

Материалы, приведенные на рис.3-5, свидетельствуют о том, что в Индийском океане процент станций, на которых наблюдался рост микроорганизмов на минеральной среде с нефтью, значительно выше, чем в Тихом. Наиболее низкий титр наблюдался в Аравийском море, что подтверждает полученные ранее данные (Миронов, 1970а).

Распределение микроорганизмов по глубинам в первом районе Индийского океана (станция 2) представлено в табл.2.

На остальных станциях рост микроорганизмов на минеральной среде с нефтью не наблюдался, за исключением станции 4, где на

Таблица 6

Видовой состав нефтеекисляющих бактерий
Тихого и Индийского океанов

Вид	Число культур	
	Тихий океан	Индийский океан
<i>Pseudomonas sinuosa</i>	40	26
<i>Pseudomonas epsteinii</i>	1	-
<i>Ps. liquefaciens</i>	1	4
<i>Ps. desmolyticum</i>	10	14
<i>Ps. liquidia</i>	1	4
<i>Ps. radiobacter</i>	-	1
<i>Ps. muscophaga</i>	-	1
<i>Ps. rubra</i>	-	1
<i>Bacterium album</i>	6	4
<i>Bact. zophii</i>	1	-
<i>Bact. liquefaciens</i>	1	-
<i>Bact. agile</i>	1	4
<i>Bact. thalassium</i>	-	1
<i>Bact. aliphaticum</i>	-	1
<i>Pseudobacterium teoumenticola</i>	1	-
<i>Psb. ovatum</i>	1	7
<i>Psb. furcosum</i>	3	12
<i>Psb. cociformis</i>	3	3
<i>Psb. intestinalis</i>	1	-
<i>Psb. biforme</i>	3	1
<i>Psb. rosea-album</i>	-	1
<i>Psb. halosomophilum</i>	-	4
<i>Psb. rubricum</i>	-	1
<i>Psb. variolalis</i>	-	1
<i>Psb. maris</i>	-	1
<i>Psb. fundiliformis</i>	-	7
<i>Mycococcus albidus</i>	-	1
<i>Mycococcus album</i>	-	1
<i>Vibrio percolans</i>	-	1
<i>Bacillus gomosporus</i>	1	1
<i>Bacillus virgatus</i>	-	1
<i>Bacillus coccideus</i>	-	1

горизонтах 100 м (108 м) и 800 м (724 м) отмечен рост при посеве максимального количества морской воды - 222 мл.

В Аравийском море рост нефтеекисляющих микроорганизмов зафиксирован на II станциях из 13.

В третьем районе Индийского океана распределение бактерий по глубинам было прослежено на двух станциях (табл.4).

На дрейфовых станциях рост микроорганизмов на нефти наиболее часто наблюдался в поверхностном горизонте (табл.5).

Признаки роста в основном отмечались в максимальных объемах посевного материала, хотя на отдельных станциях Аравийского моря

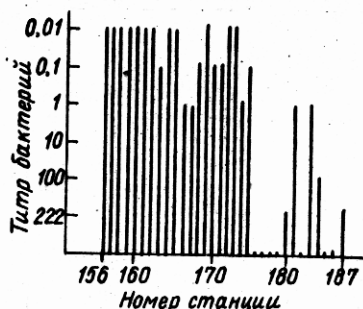


Рис.4. Титр нефтеокисляющих микроорганизмов в Аравийском море.

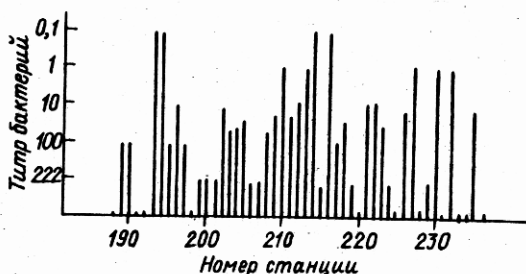


Рис.5. Титр нефтеокисляющих микроорганизмов в третьем районе Индийского океана.

титр падал до 1,0 мл. Такое распределение бактерий можно отчасти объяснить относительно высокими температурами морской воды в 100-метровом слое.

В Индийском океане донные осадки были отобраны на 32 станциях, на трех из которых были выделены бактерии данной группы.

Видовой состав выделенных микроорганизмов приведен в табл.6.

Как и в предшествующих исследованиях, основная масса культур относилась к родам *Pseudomonas*, *Bacterium* и *Pseudobacterium*. Наиболее часто выделялся вид *Pseudomonas* *vinosa*. Впоследствии часть культур потеряла способность роста на нефти в качестве единственного источника углерода и энергии.

Л и т е р а т у р а

1. Миронов О.Г. 1970. К вопросу о выделении из Средиземного моря микроорганизмов, растущих на нефти и нефтепродуктах. - В сб.: Экспедиционные исследования в Средиземном море. "Наукова думка", К.

2. Миронов О.Г. 1970а. К вопросу о роли нефтескисляющих микроорганизмов в самоочищении и индикации нефтяного загрязнения в море. - Океанология, в.5.

ФИТОПЛАНКТОН И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ АРАВИЙСКОГО МОРЯ В ПЕРИОД ЗИМНЕГО МУССОНА

Л.В.Кузьменко

Настоящая работа является продолжением наших исследований фитопланктона Аравийского моря, его систематического состава, количественного распределения и интенсивности фотосинтеза (Кузьменко, 1968, 1971, 1973, 1973а).

Материалом послужили батометрические сборы фитопланктона (200 проб с 41 станции), проведенные в период зимнего муссона. Станции в северной части моря выполнены в январе-феврале 1969 г. во время советско-пакистанской экспедиции, а район южнее 19° с.ш. исследовался в 5-ом рейсе нис "Академик Вернадский" в феврале 1972 г.

Пробы собирали по стандартным горизонтам от поверхности до 100 м. При обработке материала пользовались осадочным методом. Значительная часть клеток растительного планктона в пробах измерялась и на основании полученных данных вычислялись их объемы, рассчитывалась биомасса всего фитопланктона.

Измерение величин первичной продукции проводилось радиоуглеродным методом (Steemann-Nielsen, 1952) по схеме Ю.И.Сорокина (1956, 1958) на 12 станциях параллельно с отбором проб для количественного и качественного анализа фитопланктона. Пробы для измерения интенсивности фотосинтеза на поверхности моря собраны на 22 станциях.

Количественное развитие и распределение фитопланктона

Количественные показатели развития фитопланктона в Аравийском море в период зимнего муссона колебались в широких пределах: от 5 до 361 млн.кл. и $39-1577 \text{ мг/м}^3$ в среднем для слоя 0-100 м.

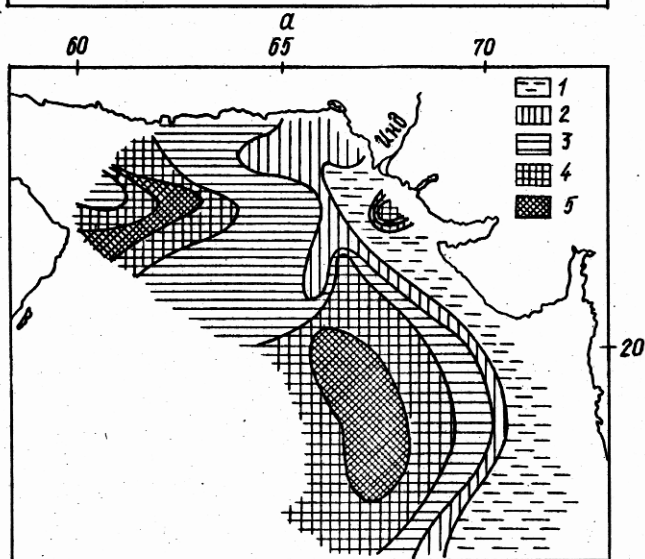
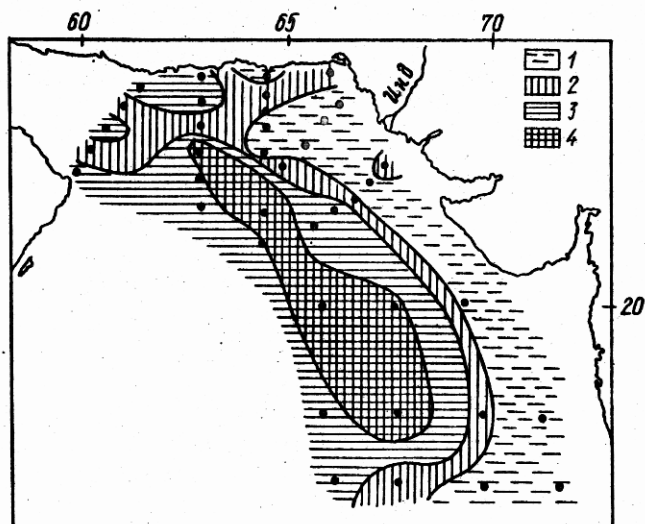


Рис.1. Количественное распределение фитопланктона в Аравийском море в зимний период:

а - численность (млн.кл/м³) в среднем для слоя 0-100 м: 1. < 50; 2. 50-100; 3. 100-200; 4. 200-500; б - биомасса (мг/м³) в среднем для слоя 0-100 м: 1. < 100; 2. 100-200; 3. 200-500; 4. 500-1000; 5. > 1000.

Распределение фитопланктона хорошо согласуется с океанографической обстановкой данного района Индийского океана. Циркуляция вод здесь носит ярко выраженный муссонный характер. Так, в период зимнего северо-восточного муссона в Аравийском море развивается обширный циклонический круговорот (Обвинников, 1961; Фомичев, 1964). Поперечная циркуляция в течениях вызывает подъем и погружение биогенных элементов в верхних слоях и на их биологическую продуктивность. Приток вод из Персидского залива создает довольно сложную картину движения водных масс в районе Оманского залива и в северной части моря, где развиваются непостоянные циклонические и антициклонические круговороты (Богданов, 1970).

В результате циклонического круговорота в центральных районах моря происходил подъем глубинных вод. При обилии питательных веществ ($15-20 \text{ мгР/м}^3$), довольно высокой температуре ($23-26^\circ$), достаточном количестве солнечной энергии ($550-650 \text{ кал/см}^2 \text{ день}$) здесь наблюдалось интенсивное развитие фитопланктона (до 500 млн.кл., 1500 мг/м^3 в среднем для слоя 0-100 м; рис. I а, б). Основную массу растительного планктона составляли большое количество видов диатомовых из родов *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Thalassiothrix*, *Bacteriastrum* и др. Вероятно, в условиях установившегося зимнего муссона для центральных районов моря (особенно между $65-70^\circ$ в.д.) характерна высокая биологическая продуктивность (Зернова, 1962; Савич, 1968; Тюлева и др., 1972). На периферии круговорота воды значительно беднее фитопланктоном (50-100 млн.кл., $300-400 \text{ мг/м}^3$).

Обычно в период зимнего муссона северо-восточные ветры отгоняют от берегов поверхностные воды, вызывая тем самым подъем богатых биогенными элементами глубинных вод. Однако при слабой ветровой деятельности в отдельные годы этого не наблюдается (Богданов, 1970; Елизаров, 1971; Panikkar, 1968). В период наших исследований пришельфовые воды западного побережья Индии характеризовались сравнительно низким содержанием фосфатов на поверхности ($4-5 \text{ мгР/м}^3$) и бедностью фитопланктона в верхнем 100-метровом слое ($5-20 \text{ млн.кл.}$, $8-40 \text{ мг/м}^3$), который был представлен в основном незначительным числом таксонов диатомовых и синезеленой водорослью *Oscillatoria thiebautii* (Gom.) Geitl.

В распределении фитопланктона северной части моря довольно четко прослеживалось общее понижение количественных показателей от района Оманского залива на восток к побережью Индостана (с 150 до 50 млн.кл., $1000-100 \text{ мг/м}^3$).

Зимой в Аравийском море температура воды в верхнем 75-100-метровом слое почти не изменялась с глубиной. Верхняя граница температурного скачка находилась в открытых районах моря на глубине 100-120 м, а на станциях, расположенных в шельфовой зоне, на 75-85 м (Богданов, 1970). В связи с этим фитопланктон в значительных количествах распределялся до глубины 50-75 м с незначительным максимумом на большинстве прибрежных станций на 25 м. Однако на ряде станций центральных районов моря основная масса растительного планктона концентрировалась в слое 50-100 м, т.е. над верхней границей скачка плотности воды.

Диатомовый комплекс преобладал на всей исследованной акватории моря. В распределении этой группы водорослей отмечались особенности, связанные, по-видимому, как с общей циркуляцией водных масс, так и с гидрохимическим режимом данного района. Количественные показатели развития диатомовых колебались от 3 до 351 млн. кл., 26-1541 мг/м³. Максимальные величины характеризовали районы подъема глубинных вод при концентрации фосфатов на поверхности до 20 мгР/м³, а минимальные - зону свала глубин в северо-восточной и юго-восточной частях моря при содержании фосфатов не выше 3-5 мгР/м³ у поверхности.

В районе несколько южнее устья Инда, где происходило обогащение морских вод биогенными элементами за счет речного стока, а также наблюдалось понижение температуры воды на поверхности моря до 21°C, отмечалось интенсивное развитие фитопланктона, главным образом диатомовых, в верхнем 25-метровом слое (77 млн.кл., 558 мг/м³).

Наиболее распространенными среди диатомовых были представители рода *Rhizosolenia*, а такие как *Rh. alata* Brightw., *Rh. imbricata* var. *shrubsolae* (Cl.), Schröd., *Rh. cylindrus* Cl., *Rh. bergonii* H.Pérég., *Rh. delicatula*, Cl., *Rh. stouterfothii* H.Pérég. встречены на большинстве станций. В массовых количествах, особенно в центральных районах моря, отмечались *Thalassiothrix mediterranea* var. *pacifica* Cuyr, различные представители родов *Bacillariastrum*, *Chaetoceros*, *Nitzschia*.

В среднем для северной части моря количество диатомовых составило 192 млн.кл., 320 мг/м³, а для района южнее 19° с.ш. - III млн.кл., 591 мг/м³ в среднем для слоя 0-100 м.

В отличие от диатомовых, перидиниевые водоросли были значительно малочисленнее, особенно в северо-восточной части моря и

далее на юг вдоль побережья Индии, включая и центральные районы моря (2-7 млн.кл., не выше 30 мг/м³). Обычными в планктоне здесь были различные мелкие виды родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Euxiella*, изредка встречались представители рода *Ceratium*. Сравнительно богаче перидиниевыми воды северо-западной части моря (15-23 млн.кл., 150-675 мг/м³). Максимальные величины характерны для открытых районов, где наблюдалось "цветение" *Amphisolenia bidentata* Schröd. (до 1000 мг/м³, или 90% биомассы перидиниевых, 50% биомассы всего фитопланктона). На массовое развитие этой водоросли в период зимнего муссона указывалось и ранее (Мовчан, 1971). На разрезе у входа в Оманский залив также отмечалось массовое развитие этой перидинии, однако количество ее было несколько ниже (не более 500 мг/м³). Кроме *Amphisolenia bidentata*, перидиниевые здесь представлены большим числом видов родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Oxytoxum*, *Peridinium* с общей биомассой на отдельных горизонтах до 100 мг/м³. Довольно часто, но в малых количествах встречались различные виды рода *Ceratium*. Количественные показатели перидиниевых для северной части моря оказались равными 8 млн.кл., 100 мг/м³ в среднем для слоя 0-100 м. В распределении этой группы водорослей связь с гидрологическим и гидрохимическим режимами исследованной акватории моря не отмечалась.

Золотистые водоросли совершенно не изучены в Аравийском море, поэтому данные о их систематическом составе, количественном развитии и распределении в литературе отсутствуют. Вероятно, это связано с тем, что фитопланктон здесь изучался ранее в основном по сетным сборам, а сети почти не улавливают представителей этой группы водорослей, имеющих размеры не более 10-15 мк.

Золотистые водоросли в Аравийском море представлены в основном кокколитофоридами (очень редко в планктоне отмечался лишь род *Disterphanus*). Кокколитофорида обнаружены на большинстве станций, но максимальные их количества (до 6 млн.кл., 2,8 мг/м³) наблюдались в центральных районах моря в зоне подъема вод. Наиболее массовым был *Coccolithus huxleyi* (Lohm.) Kampt, реже встречались представители родов *Syracosphaera*, *Rhabdosphaera*, *Acanthoica*, *Umbellosphaera*, *Deutschlandia*. Значительно беднее кокколитофоридами воды северной части моря (в среднем 0,3 млн.кл., 0,2 мг/м³). Основная масса кокколитофорид концентрировалась в верхнем 25-метровом слое.

Синезеленые водоросли представлены лишь одним видом *Oscillatoria thiebautii*, в распределении которого выделяются два

района: центральные воды северной части моря с численностью до 16 млн.кл., биомассой 16 мг/м³ и пришельфовая зона в юго-восточной части (3 млн.кл., около 1 мг/м³ в среднем для слоя 0-100 м).

Первичная продукция

Интенсивность фотосинтеза фитопланктона на поверхности Аравийского моря зимой колебалась от 4 до 79 мг С/м³ в сутки. Наиболее высокие величины (53-79 мг С/м³) получены для центральных районов моря в зоне подъема глубинных вод, где, как уже указывалось, отмечалось массовое развитие диатомовых водорослей (1000-2100 мг/м³ на поверхности). Сравнительно низкими показателями характеризовались воды самого южного разреза (4-7 мг С/м³). В распределении величин первичной продукции на всех трех разрезах довольно четко прослеживается их повышение от прибрежных районов к центральному (от 30 до 79 мг С/м³ на разрезе по 20° с.ш., 8-53 мг С/м³ на среднем и от 4 до 32 мг С/м³ в сутки на южном разрезе). Подобная картина наблюдается и в распределении биомассы фитопланктона, что позволило нам выявить положительную коррелятивную зависимость между величинами первичной продукции и биомассой растительного планктона. Коэффициент корреляции оказался равным 0,76±0,063. Близким к рассчитанному оказался и коэффициент для периода летнего муссона (Кузьменко, 1973а).

Измерения величин первичной продукции проводились нами за пределами шельфа, но по литературным данным в период северо-восточного муссона на индостанском шельфе могут быть получены величины интенсивности фотосинтеза значительно выше 50 мг С/м³ в сутки (Елизаров, 1971; Кабанова, 1968).

Первичная продукция во всем слое фотосинтеза колебалась также в очень широких пределах (0,086-1,434 г С/м² сутки). Максимальные величины отмечались в центральных районах моря за счет высокого уровня развития диатомовых водорослей. Минимальными величинами характеризовались воды юго-восточной части (менее 0,100 г С/м², рис.2).

Вертикальное распределение величин первичной продукции в период зимнего муссона довольно своеобразно. Как уже указывалось, в верхнем 75-100-метровом слое температура почти не изменялась с глубиной, вероятно, в связи с этим наблюдалось довольно равномерное распределение величин продукции в верхнем 50-75-метровом

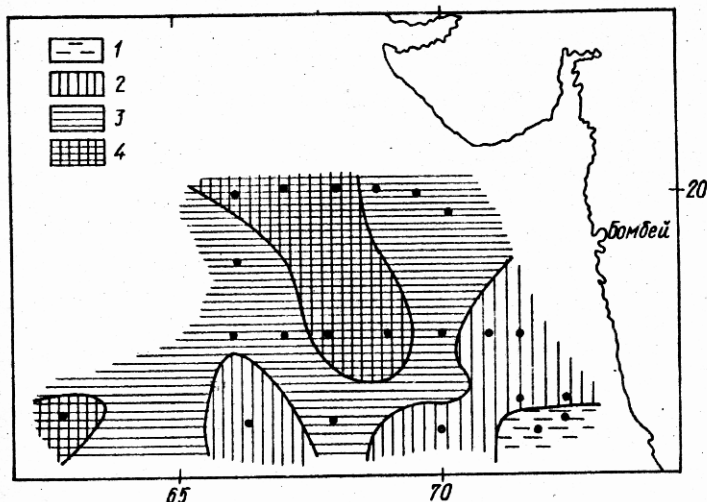


Рис. 2. Первичная продукция в слое фотосинтеза (г С/м^2 в сутки):
1. $< 0,100$; 2. $0,100-0,500$; 3. $0,500-1,000$; 4. $> 1,000$.

слое. Незначительные максимальные их значения отмечались на различных горизонтах в слое 10-50 м, но на отдельных станциях наблюдался и второй максимум над слоем температурного скачка. Нижняя граница фотосинтеза проходила на глубине 80-90 м.

Сравнивая распределение биомассы фитопланктона (рис. 1, б) и величин первичной продукции (рис. 2), можно отметить большое сходство. При расчете коэффициента корреляции между этими величинами наблюдалась положительная зависимость ($0,78 \pm 0,076$).

В среднем для всего исследованного нами района Аравийского моря величина первичной продукции для поверхности составила $26,2 \text{ мг С/м}^3$ в сутки, а для слоя фотосинтеза - $0,065 \text{ г С/м}^2$ в сутки, что подтверждает высокую биологическую продуктивность открытых районов моря в период зимнего северо-восточного муссона.

Л и т е р а т у р а

Богданов Д.В. 1970. Океанологические основы рыбопромысловой продуктивности морских водоемов. Изд. ОНТИ ВНИРО. М.

Елизаров А.А. 1971. Океанологические исследования в районе шельфа и материкового склона Западной Индии. - В сб.: Советские рыбохозяйственные исследования в Индийском океане. - Тр. ВНИРО, т. 72, М.

Зернова В.В. 1962. Количественное распределение фитопланктона в северной части Индийского океана. - Тр. Ин-та океанологии АН СССР, т. 58, М.

Кабанова Д.Г. 1968. Первичная продукция северной части Индийского океана. - Океанология, т. 8, вып. 2.

Кузьменко Л.В. 1968. Первичная продукция в Аравийском море в период летнего муссона. - Океанология, т. 8, вып. 3.

Кузьменко Л.В. 1971. Фитопланктон Аравийского моря в летний период. - Гидробиологический журнал, т. 7, № 5.

Кузьменко Л.В. 1973. Сезонные изменения фитопланктона в северной части Аравийского моря. - В сб.: Биология моря, вып. 28. Исследования планктона южных морей. "Наукова думка", К.

Кузьменко Л.В. 1973а. Первичная продукция северной части Аравийского моря. Океанология, т. 13, вып. 2.

Мовчан О.А. 1971. Исследование планктона в прибрежных районах северной части Индийского океана. - В сб.: Советские рыбохозяйственные исследования в Индийском океане. Тр. ВНИРО, т. 72, М.

Овчинников И.М. 1961. Циркуляция вод северной части Индийского океана в период зимнего муссона. - Океанологические исследования, № 4. Серия "Результаты МГТ", М.

Савич М.С. 1968. Состояние фитопланктона Аденского залива и Аравийского моря в период зимнего муссона. - В сб.: Советские рыбохозяйственные исследования в Индийском океане и прилегающих водах. Тр. ВНИРО, т. 64, тр. АзЧерНИРО, т. 28, М.

Сорокин Ю.И. 1956. О применении ¹⁴C для изучения первичной продукции водоемов. - Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 7, М.

Сорокин Ю.И. 1958. Первичная продукция органического вещества в водной толще Рыбинского водохранилища. - Тр. Биол. ст. "Борок" АН СССР, т. 3, М.

Тюлева Л.С., Гапшико А.И., Бидуля О.Г. 1972. Распределение биомассы планктона в северо-западной части Индийского океана. ДАН СССР, т. 205, № 3, М.

Фомичев А.В. 1964. Исследование течений северной части Индийского океана. - Тр. Ин-та океанологии АН СССР, т. 64, М.

Panikkar, N.K. 1968. Fishery resources of the Indian Ocean. Intern. Indian Oc. Exp. Coll. Repr., N 5, UNESCO.

Steemann-Nielsen E. 1952. The use of radioactive carbon (¹⁴C) for measuring organic production in the sea. J. Conseil., perman. internat. explorat. mer., 18, N 2.

О КОЛИЧЕСТВЕННОМ РАЗВИТИИ ПЛАНКТОНА И ЕГО БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В РАЙОНАХ АПВЕЛЛИНГОВ ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ

Э.П. Битюков, Ю.Н. Токарев, Л.М. Хлыстова

В связи с основным направлением работ во время 26-го рейса нис "Михаил Ломоносов", связанным с комплексным исследованием районов пассатных дивергенций с целью выявления обуславливающего подъем вод механизма, оценки роли апвеллингов в динамической структуре водных масс и в формировании их биологической продуктивности, авторы собирали материал по особенностям пространствен-

ного распределения планктона. При этом наряду с традиционным решением такой задачи путем облова планктона сетями, в рейсе большое внимание уделялось инструментальной регистрации характеристик биолюминесцентного поля. В последнее время биолюминесцентное поле, формирующееся в пелагиали в результате жизнедеятельности организмов, рассматривают в качестве одного из биологических параметров, дающего ценную информацию о структуре и функционировании пелагического сообщества (Виноградов и др., 1971).

Основными задачами рейса были следующие:

1) выяснение основных черт распределения планктона в районах работ;

2) определение вертикальной мезо- и микроструктуры поля биолюминесцентного излучения и выявление функциональной связи его интенсивности с качественными и количественными характеристиками планктона;

3) определение крупномасштабной структуры биолюминесцентного поля в кильватерной струе при переходах судна между основными районами работ;

4) выявление планктонных биолюминесцентных и определение их характеристик свечения.

Планктонные пробы отбирались по стандартным слоям 0-200 или 0-100 м сетью Джели с диаметром входного отверстия 36 см (газ № 49). Для инструментального измерения биолюминесценции в толще воды применялись два батифотометра, разработанные и изготовленные в ИнБКМ АН УССР, предназначенные для работы на 400-метровом кабель-тресе КТБ-6.

Батифотометры были снабжены приспособлениями для дистанционного переключения чувствительности и работ в режиме линейного усиления с чувствительностью светопринимающего элемента (ФЗУ-29) от 1000 до 10 а/лм. Переключение чувствительности прибора обеспечивалось дистанционным включением реле, которое подключало на вход преобразователя различные стабилизаторы, позволяющие изменять подаваемое на ФЗУ напряжение. В зависимости от интенсивности светового поля выходное напряжение преобразователя равнялось 800, 940 и 1060 в, что обеспечивало режимы работы фотоумножителя 10, 100 и 1000 а/лм соответственно.

С помощью этих приборов интенсивность биолюминесцентного поля, а также его амплитудный и частотный спектры измерялись при непрерывном зондировании толщи воды и при выдерживании на стан-

дартных горизонтах до 200 м. Время выдерживания батифотометра на горизонтах - около минуты. При подъеме батифотометра между соответствующими горизонтами, а также при его опускании производилась регистрация биолюминесцентного потенциала. Работы по зондированию велись при скорости подъема прибора около 1 м/сек.

Характеристики биолюминесценции и биолюминесцентного потенциала записывались на светолучевом осциллографе Н-700 со скоростью протяжки фотобумаги 4 см/сек и одновременно на двухкоординатном самопишущем потенциометре ПДС-021 со временем интегрирования равным 4 сек. Информация о глубине нахождения прибора поступала от помещенного в корпус батифотометра датчика давления типа ДТ, сигнал от которого регистрировался на обоих приборах. Кроме этого на осциллограмме через каждые 10 м отбивалась метка от контактного реле, установленного на блок-счетчике лебедки.

В качестве реперной точки для определения чувствительности светоприемного элемента батифотометра на каждой станции использовались радиолюминесцентные источники света, активированные радиоактивным углеродом. Чувствительность используемых батифотометров была сходной и в режиме 1000 а/лм соответствовала $1,4 \cdot 10^{-5}$ и $1,0 \cdot 10^{-5}$ мквт/см² на 1 мм отклонения фототока шлейфового осциллографа; при иных режимах работы ФЭУ чувствительность была соответственно меньшей.

Биолюминесценция в кильватерной струе судна измерялась фотометром, аналогичным по своей схеме с описанными выше батифотометрами. Прибор буксировался на расстоянии 100 м от кормы судна.

Способность к биолюминесценции выявлялась в лабораторном приборе, в который помещалась кювета с одним организмом, подвергавшимся химическому раздражению. Если организм обладал способностью к биолюминесценции, то интегральный сигнал от нее принимался фотоумножителем, а его фототок регистрировался шлейфовым осциллографом.

Таким образом, за время рейса для изучения вертикального и горизонтального распределения планктона собирались пробы планктона и измерялась его биолюминесценция как биологический параметр, характеризующий распределение планктона. Такие работы проводились на 44 станциях. Планктонные ловы по фракциям были сделаны с 32 станций с отбором 179 проб планктона. Изучение биолюминесцентного поля в толще воды проводилось на 29 станциях. В лаборатории способность к биолюминесценции выявлялась у 156 видов, из числа которых 40 ответили светозлучением при раздражении.

а буксировка фотометра в кильватерной струе была выполнена при
со- всех переходах между районами работ. Была сделана 41 буксировка.

Предварительная обработка материала включала: а) определение
он- объема сестона из планктонных проб в волюменометрах Яшнова с при-
ближительной оценкой массовых форм планктона и б) подсчет числа
н- вспышек от биолюминесценции и их средней интенсивности при выдер-
оо- живании батифотометра на стандартных горизонтах и при зондирова-
нат- нии прибором толщи воды до 200 м.

Обработка полученных осциллограмм с информацией о биолюмине-
ла- центном поле заключалась в определении амплитуды сигнала, его
Т, средней величины за определенный период времени и подсчете числа
то- четко выделяющихся над фоном импульсов за то же время. Средняя
так- интенсивность биолюминесцентного поля определялась непосредствен-
и- но по осциллограмме как частное площади под кривой сигнала, опре-
деленной с помощью планиметра, к продолжительности записи с ис-
пользованием соответствующих переводных коэффициентов к абсолют-
ра- ным величинам суммарной мощности поля излучения. При этом вводил-
о- ся поправка на астрономический фон, который принимался равным
минимальной величине сигнала при выдерживании прибора на горизон-
фо- тах. При зондировании биолюминесцентного поля был рассчитан био-
ты- люминесцентный потенциал для слоя толщиной в 2,5 м. Затем получен-
то- ные величины биолюминесцентного потенциала были укрупнены для
то- 10-метрового слоя.

мет- Характеристика планктона по меридиональному
при- разрезу 18° з.д.

в- В результате интенсивных Международных совместных исследова-
от- ний Тропической Атлантики (МСИТА), начатых с 1963 г., накоплен
д- значительный материал об основных чертах планктона в наиболее
и- важных в продукционном отношении районах. Эти материалы обобще-
кто- ны в монографии В.Н.Грезе с соавторами (1971) и Л.Н.Грузовым
тр, (1971).

и- Подробные исследования планктона верхней 100-метровой толщи
о- обнаружили постоянное существование довольно широкой полосы вдоль
экватора от 2° с.ш. до 8° ю.ш. протяженностью от 0 до 25° з.д.
н- с биологическими показателями, позволяющими относить эти воды к
о- высокопродуктивным. Однако механизм образования высокой биологи-
ческой продуктивности в экваториальной зоне, равно как и в осталь-
ных районах интенсивного апвеллинга, выяснен еще далеко не полно-

стью. Поэтому дополнительный набор информации по разрезу, расположенному по 18° з.д. от 14° с.ш. до экватора, является важным.

Полученная количественная характеристика сеотона по этому разрезу, представленная в табл. I и рис. I, а также результаты измерения создаваемой планктонными организмами биолюминесценции, которую в настоящее время рассматривают как одну из функций пелагического сообщества и используют как метод количественной характеристики микрораспределения планктона, позволяют сделать некоторые общие заключения о распределении здесь планктона. Качественный состав планктона Тропической Атлантики, водные массы которой

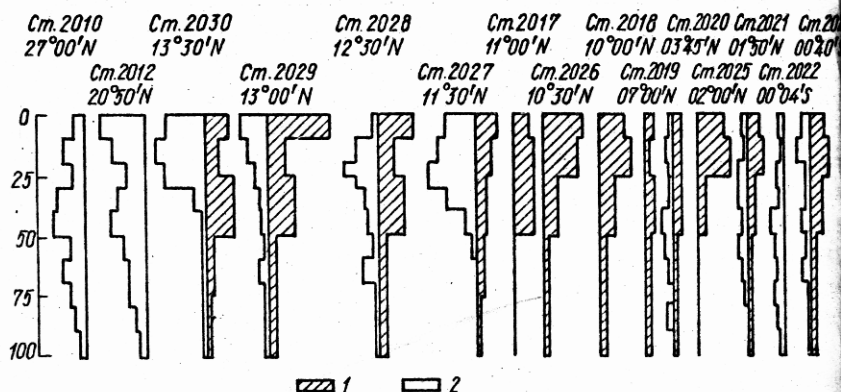


Рис. I. Пространственное распределение планктона и биолюминесценции по станциям меридионального разреза по 18° з.д.:
1 - $1,2 \text{ см}^3/\text{м}^3$; 2 - $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ мквт/см}$.

интенсивно перемешиваются мощными течениями, весьма сходен по всей акватории. Это особенно характерно для массовых форм. На станциях разреза в большом количестве встречающиеся формы были одними и теми же. Из представителей фитопланктона на северных станциях разреза наиболее массовыми оказались синезеленые водоросли, главным образом виды рода *Oscillatoria*. В области, прилегающей к африканскому побережью, относительно обильны были диатомовые водоросли, в составе которых преобладали мелкие формы рода *Cyclotella*, *Thalassiosira*, *Navicula*. Наиболее массовой группой зоопланктона являются копеподы: в поверхностном 25-метровом слое - *Calanus brevicornis*, *C. minor*, *Paracalanus parvus*, *Clauso*

calanus furcatus, *Oncaea media*, *O. venusta*, *Oithona* sp. ; ниже в большом количестве встречаются *Temora stylifera*, *Centropages Chierchiae*, *Pleuromamma abdominalis*, *P. gracilis*. Постоянными компонентами планктона являются аппендикулярии, хетогнаты, сифофоры, амфиподы, эвфаузииевые.

Однако количественное развитие планктона, о котором можно судить по величинам антропо объема, весьма существенно отличается на протяжении разреза. Предварительный анализ полученных данных по распределению сетного сестона свидетельствует о богатстве планктоном зоны дивергенции, прилегающей к африканскому шельфу ($13^{\circ}30' - 10^{\circ}$ с.ш.), и зоны стыка струи Южного пассатного течения с Экваториальным противотечением (около 2° с.ш.). В указанных районах объем сестона в поверхностных слоях до 25 м составлял от 1,30 до 2,80 $\text{см}^3/\text{м}^3$. По численности здесь доминируют, как и всюду, копеподы и оболочниковые. В слое 50-100 м, в зоне резких температурных градиентов и с пониженным содержанием кислорода, объем сестона был примерно на порядок ниже при преобладании тех же групп.

Количественное развитие планктона на станциях, расположенных в области прохождения Межпассатного течения ($07^{\circ}-04^{\circ}$ с.ш.), было незначительным. Среднее содержание сестона для всей 100-метровой толщи было 0,22-0,32 $\text{см}^3/\text{м}^3$ и по величине близким для всех стандартных слоев. У поверхности обитали копеподы, преимущественно виды рода *Clausocalanus*, *Calanus*. Глубже, особенно ниже слоя температурного скачка, планктон более разнообразен.

В приэкваториальном участке разреза (02° с.ш. - $00^{\circ}40'$ ю.ш.) следует выделить зону стыка струй Южного Пассатного течения с Экваториальным противотечением. Содержание сестона здесь в поверхностных слоях до 25 м составляло 1,4 $\text{см}^3/\text{м}^3$, что является высокой величиной для этого района. Глубже, в слое температурного скачка сестона меньше в 5 раз, а ниже 50 м - почти в 70 раз. На станциях этого района, расположенных южнее, количество сестона в верхних слоях снизилось почти в 4 раза, еще меньше сестона в толще воды ниже слоя температурного скачка, поскольку именно там проходят обедненные биогенами воды, принесенные с запада глубинным течением Ломоносова.

Данные биолюминесцентного зондирования также подтверждают указанную схему вертикального распределения сестона. Исследования биолюминесценции по разрезу 18° з.д. показали, что это явление наблюдается во всех районах, где проводились наблюдения. Однако его интенсивность оказывается различной в зависимости от состава

Т а б л и ц а I

Содержание сетного сестона по меридиональному разрезу 18° ш.д. в Атлантическом океане ($\text{см}^3/\text{м}^3$)

Номер станции		2030	2029	2028	2027	2026	2018	2019	2020	2025	2021	2023
Широта, с.ш.		13°30'	13°00'	12°30'	11°30'	10°30'	10°00'	7°00'	03°45'	02°00'	01°50'	00°40'
Дата, апрель		21	20	18	18	17	5	6	7	14	9	13
Часы		01-02	16-17	21-22	03-04	18-19	22-23	14-15	03-04	23-24	22-23	04-05
Слой, м	0-10	1,07	2,80	1,61	0,90	1,80	1,81	0,20	0,45	1,40	0,30	0,28
	10-25	0,49	0,59	0,87	0,71	1,70	1,51	0,15	0,43	1,36	0,52	0,40
	25-50	1,18	1,06	0,41	0,41	0,49	0,69	0,30	0,41	0,29	0,33	0,35
	50-100	0,10	0,21	0,33	0,20	0,13	0,25	0,23	0,21	0,02	0,16	0,26
	100-150	0,16	-	0,16	0,11	0,08	-	-	-	-	-	0,28
	100-0	0,53	0,74	0,74	0,40	0,61	0,65	0,22	0,32	0,43	0,21	0,31

и количественного развития его носителей — планктонных биолюминесценто́в.

На станциях с измерениями биолюминесценции преобладала погода с умеренным пассатом, вызывавшим дрейф судна около 0,5 м/сек, поэтому уровень возбуждения биолюминесценто́в на горизонтах был примерно одинаков и сходен с уровнем возбуждения биолюминесценто́в при зондировании биолюминесцентного поля (табл. 2, см. рис. 1). Наиболее интенсивная биолюминесценция была на северных станциях разреза, число генерируемых импульсов также было большим. При этом сигналы, составляющие это поле достигали во время максимума светового излучения $3,1 \cdot 10^{-8}$ мквт/см². Высокая интенсивность биолюминесцентного поля получена также при зондировании толщи воды. При этом следует отметить совпадение глубин, на которых наблюдается повышенная светимость при исследовании на стандартных горизонтах с данными о величине биолюминесцентного потенциала, полученного при зондировании толщи воды.

Характерной особенностью двух северных станций оказалась общая закономерность распределения свечения в верхнем 100-метровом слое, заключающаяся в образовании двух максимумов. Верхний максимум обнаруживался в верхнем 20-метровом слое; нижний отделен от верхнего интервалом в 10–15 м. Интенсивность свечения в зоне уменьшения биолюминесценции между максимумами составляла 30–50% величины верхнего максимума. На станции 2030, расположенной южнее створа островов Зеленого Мыса, была зарегистрирована наиболее высокая средняя интенсивность биолюминесцентного потенциала для 10-метровых слоев по разрезу, выполненному по 18° з.д. Максимум свечения находился здесь в слое 10–20 м и равнялся $6,3 \cdot 10^{-4}$ мквт/см². Для этого района, так же как и для станций, расположенных к югу, характерным оказывается формирование структуры биолюминесцентного поля с одним максимумом, приходящимся на поверхностные слои с наибольшим количественным развитием планктона. Глубже 50 м свечение обычно не превышало $0,3 \cdot 10^{-5}$ мквт/см², оказываясь в отдельных слоях исчезающе малым.

Более сложной оказалась структура биолюминесцентного поля в районе экватора (02° с.ш. — 01° ю.ш.). Здесь также можно выделить слои с повышенной светимостью на разных глубинах, разобщенных слоями, где биолюминесценция оказывалась значительно меньшей. Таким слоем с четко выраженным увеличением интенсивности биолюминесценции оказывается слой 40–60 м. Глубже биолюминесценция становится слабее, хотя больше в 2–4 раза, чем на станциях, расположенных севернее.

Т а б л и ц а 2

Средняя интенсивность биолюминесцентного поля (10^{-4} мквт/см²) и число слагающих его импульсов (мин.) по разрезу 18° з.д.

Номер станции	Дата	Часы	Характеристика	Горизонт, м						
				0	10	25	50	75	100	150
2010	1.IV	06	МКВТ	5,24	-	1,66	2,49	2,00	0,51	0,31
			ИМП.	66,7	-	50,9	52,3	63,3	33,4	17,4
2012	2.IV	21	МКВТ	1,26	4,08	3,03	5,00	1,70	-	-
			ИМП.	30,7	60,6	72,4	76,4	63,7	-	-
2030	21.IV	03	МКВТ	1,97	5,41	5,41	4,60	4,54	0,06	0,01
			ИМП.	47,6	156,0	156,0	65,3	2,76	13,1	3,8
2015	4.IV	21	МКВТ	0,51	1,61	1,77	0,40	0,17	0,47	0,24
			ИМП.	29,0	90,0	58,8	46,5	31,3	18,4	4,3
2028	18.IV	22	МКВТ	0,57	1,35	0,17	0,58	12,83	0,14	0,01
			ИМП.	29,0	41,81	53,4	7,4	23,0	18,8	3,6
2027	18.IV	03	МКВТ	2,71	2,80	2,97	0,60	0,01	0,47	-
			ИМП.	35,0	45,6	70,7	46,7	13,2	4,6	-
2020	7.IV	01	МКВТ	0,60	-	-	0,55	-	0,04	0,03
			ИМП.	14,6	-	-	16,5	-	8,4	4,9
2021	9.IV	23	МКВТ	0,55	0,21	0,26	0,41	-	0,13	0,01
			ИМП.	30,0	28,3	37,2	43,2	-	11,7	2,6
2022	10.IV	21	МКВТ	0,13	-	0,61	0,35	1,08	0,40	0,21
			ИМП.	29,0	-	36,2	52,0	45,5	36,7	25,0
2023	13.IV	02	МКВТ	0,69	-	0,67	0,45	0,40	0,01	0,01
			ИМП.	40,6	-	57,4	39,1	52,0	11,6	21,0

Таким образом, общей чертой распределения биолюминесценции по разрезу, выполненному по 18° з.д., оказывается ее резкая стратификация. Слои с повышенной биолюминесценцией приходятся на слои с большими величинами сетного сестона. Поэтому двухмаксимумная структура сливного свечения наблюдается на станциях, где сестона оказывается больше в слоях 0-10 и 25-50 м. На станциях с обедненным глубже 25 м населением наблюдается резкий переход от зоны сливного свечения к зоне, в которой регистрируются отдельные вспышки и небольшие сливные вспышки, не привязанные к определенным горизонтам.

Характеристика планктона по разрезу от берегов Африки до Южной Америки

Разрез от берегов Африки ($13^{\circ}30$ с.ш., 18° з.д.) до шельфа Южно-Американского континента ($09^{\circ}20$ ю.ш., $30^{\circ}50$ з.д.) с океанографическими станциями, отделенными в среднем 250-мильными расстояниями, может дать самую общую картину распределения планктона по этим точкам, поскольку сборы осуществлялись в водных массах, отличающихся по своим океанографическим параметрам и генезису. Данные о величинах сетного сестона по этому разрезу, а также на двух станциях, расположенных за пределами 200-мильной зоны от берегов Южной Америки по 23° ю.ш., представлены в табл.3.

Как видно из таблицы, этот разрез оказался очень бедным по количеству сетного сестона. Только районы, находящиеся в сфере влияния струй Канарского течения имели, как было показано также и при рассмотрении распределения планктона по разрезу 18° з.д., высокие концентрации планктона в верхнем 25-метровом слое. Количество сестона на остальных станциях разреза от берегов Африки до Южно-Американского континента было в количествах, оказывавшихся типичными для малопродуктивных районов тропической части Атлантического океана. Общая тенденция заключается в постепенном уменьшении количества сестона по мере удаления от районов апвеллингов у Африканского шельфа для слоя 0-100 м от 0,53 до 0,10 $\text{см}^3/\text{м}^3$ на акваториях у берегов Южно-Американского континента, не подверженных воздействию Бразильского течения. В струях Бразильского течения количество сестона несколько повышается и соответствует 0,2-0,3 $\text{см}^3/\text{м}^3$.

Т а б л и ц а 3

Содержание сестона по разрезу от Африки до Южной Америки ($\text{см}^3/\text{м}^3$)

Номер станции	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
Долгота, з.д.	18°00	19°48	22°40	23°50	26°25	28°20	30°48	37°10	30°50
Широта	13°30с.ш.	07°10с.ш.	03°40с.ш.	02°00с.ш.	02°00ю.ш.	04°31ю.ш.	08°40ю.ш.	22°59ю.ш.	22°59ю.ш.
Дата, апрель	21.IV	23.IV	24.IV	25.IV	26.IV	27.IV	28.IV	11.V	12.V
Часы	01-02	18-19	13-14	04-05	22-23	19-20	23-24	02-03	10-11

Слой, м	0-10	1,07	0,50	0,10	0,10	0,29	0,20	0,20	0,39	0,19
	10-25	0,49	0,33	0,26	0,46	0,24	0,19	0,26	0,26	0,60
	25-50	1,18	0,91	0,42	0,14	0,27	0,08	0,16	0,12	0,08
	50-75	0,10	{ 0,19	{ 0,10	0,39	0,35	{ 0,08	0,24	0,27	0,08
	75-100	0,07			0,12	0,20		0,08	0,50	0,20
	100-150	0,16			0,02	0,05		0,08	0,06	0,07
	100-0	0,53	0,42	0,20	0,24	0,26	0,10	0,19	0,30	0,19

Характеристика планктона по разрезу 23° в.ш. на шельфе Юго-Западной Африки

Для некоторых районов Юго-Восточной Атлантики характерно явление подъема в прибрежной части глубинных вод, обогащенных биогенными веществами. Одним из таких участков с четко выраженным апвеллингом является район работ экспедиции Уолфиш-Бея и севернее его (Hart a. Currie, 1960, Unterüberbacher, 1964; Петрова, 1969; Андронов, 1971). Выход на поверхность вод, богатых биогенными веществами, обуславливает исключительно высокую биологическую продуктивность для этих районов. Поэтому приводимые ниже сведения о величинах сетного сестона на восьми станциях примерно 100-мильного разреза представляют интерес.

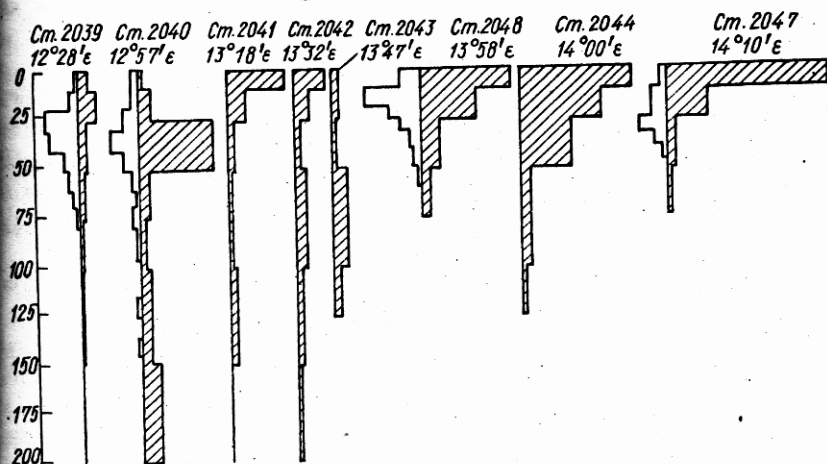


Рис. 2. Пространственное распределение планктона (1) и биологической флуоресценции (2) на разрезе станций по шельфу у Юго-Западной Африки. Условные обозначения те же, что на рис. 1.

Период исследований характеризовался отсутствием вертикальной стратификации температуры вследствие развития процессов перемешивания, заглубления слоя скачка температуры и ослабления его градиента. Однако сложная система течений в этом районе, вызывающая мозаичное распределение температуры воды, содержания кислорода, изменения прозрачности воды, обуславливает также пространственную

Таблица 4

Содержание сестона в районе шельфа Юго-Западной Африки ($\text{см}^3/\text{м}^3$)

Номер станции	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2047	2048	2050	2053	2056	2058	2062
Широта, в.ш.	23°13'	23°06'	23°01'	22°57'	22°53'	22°39'	22°27'	22°08'	x	x	19°41'	18°58'	x
Долгота, в.д.	12°28'	12°57'	13°18'	13°32'	13°47'	14°00'	14°10'	13°38'	x	x	10°38'	10°56'	x
Дата, май	21	22	22	22	22	22	22	23	23	25	27	28	29
Часы	22-13	03-04	06-07	09-10	12-13	15-16	22-23	01-02	01-02	11-12	03-04	20-21	20-21

Слой, м	0-10	0,59	0,29	3,53	2,06	0,39	6,96	10,20	5,40	4,90	0,10	0,79	0,80	0,60
	10-25	1,18	0,79	0,91	0,68	0,39	4,78	4,48	3,38	1,74	0,68	0,98	1,22	1,18
	25-50	0,47	4,28	0,20	0,28	0,28	3,20	0,43	0,26	0,32	0,44	0,71	0,76	0,39
	50-75	0,32	0,47	0,06	0,47	0,72	0,61	0,29	0,51	0,22	0,10	0,11	0,98	0,32
	75-100	0,20	0,39	-	-	-	-	-	-	0,04	0,03	0,11	0,47	0,10
	100-150	0,10	0,50	0,23	0,19	0,36	0,14	-	-	0,03	0,03	0,09	0,06	0,24
	150-200	0,08	1,04	0,04	0,13	-	-	-	-	0,01	0,09	0,08	0,08	0,09
0-100	0,51	1,48	0,57	0,61	0,51	2,73	1,57	1,51	0,88	0,29	0,46	0,60	0,45	

однородность планктона. Тем не менее основная тенденция его определения проявляется в увеличении объема сетного сестона по мере приближения к берегу (табл.4, рис.2). Содержание сестона в поверхностном слое 0-10 м на станции 2039, расположенной в 115 милях от берега, до станции 2047, оказавшейся всего в 14 милях от берега, увеличилась с 0,6 до 10,2 см³/м³, т.е. в 17 раз. Такое резкое отличие в количествах сетного сестона обусловлено массовым развитием фитопланктона, в основном диатомовыми водорослями. Поэтому вполне естественным оказывается резкое уменьшение количества сестона с глубиной — отличие между содержанием сестона в слое 0-10 и 25-50 м оказывалось на ряде станций до 20 раз.

Основные массовые компоненты фитопланктона, вызывавшие "цветение" воды, менялись по мере перемещения водных масс к северу. Так, на станции 2044 такими массовыми формами являлись диатомовые — *Thalassiosira sulcata*, *Asterionella japonica*, *Nitzschia* sp. , виды родов *Fragilaria*, *Naticula*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* . На станциях 2047 и 2048 видовое разнообразие массовых форм уменьшилось — ими были виды родов *Coscinodiscus* и *Chaetoceros*. На станциях полигона над Китовым хребтом массовой формой фитопланктона явилась диатомовая водоросль рода *Rhizosolenia* . Численность видов *P. Coscinodiscus* значительно снизилась.

В состав зоопланктона входят типичные амфибореальные формы. В мористых станциях, где "цветение" фитопланктона не наблюдалось, в поверхностных слоях зоопланктон был представлен видами рода *Calanus* , имеющими из-за своих размеров большую кормовую ценность. В значительном количестве встречались также *Pleuromma fasciata*, *P. borealis*, *Clausocalanus* sp. В слое 25-50 м наряду с каланами в планктоне много видов родов *Oncaea* и *Oithona* , а также *Metridia longa* . Более глубокие слои, ниже 75 м, населяют в основном *Calanus minor*, *Calanus brevicornis*, *Pleuromma abdominalis*.

На станциях, расположенных ближе к материкам, где наблюдалось массовое развитие планктона, зоопланктон был представлен мелкими формами — видами родов *Oithona*, *Paracalanus*, *Clausocalanus*, их личиночными и копепоидными стадиями. В глубоких слоях количество зоопланктона уменьшается до 0,5-0,2 см³/м³ и видовой состав также обедняется, будучи представленным видами *Calanus brevicornis*, *Metridia lucens*, *Oncaea* sp.

Материалы, характеризующие параметры биолюминесцентного потока, полученные при выдерживании батифотометра на стандартных горизонтах (табл.5), показывают, что частотный спектр биолюминесцентного излучения на всех станциях, выполненных на шельфе Юго-Запад-

Т а б л и ц а 5

Средняя интенсивность биолюминесцентного поля (10^{-4} мквт/см²) и число составляющих его импульсов (мин) на шельфе Юго-Западной Африки

Станция	Дата	Часы	Характеристика	Горизонты, м							
				0	10	25	50	75	100	150	200
2039	21.V	23	МКВТ	0	1,22	4,51	1,24	0,41	0,06	0,43	0,22
			ИМП.	0	6,5	44,1	40,3	17,6	3,7	3,8	7,7
2040	22.V	3	МКВТ	0,27	-	2,10	2,11	0,27	0,27	0,07	0,01
			ИМП.	7,8	-	57,0	64,3	30,8	29,8	14,4	6,5
2046	22.V	20	МКВТ	0,70	1,24	0,22	0	0	0	0	0
			ИМП.	21,8	34,6	19,0					
2047	22.V	22	МКВТ	0,09	2,80	2,42	0	0	0	-	-
			ИМП.	21,1	80,6	48,3					
2048	23.V	1	МКВТ	0,14	3,51	0,07	0	0	0	-	-
			ИМП.	14,5	63,2	11,0					
2050	23.V	00	МКВТ	2,52	1,58	0,09	0,49	0,42	0,13	0,12	0,08
			ИМП.	43,5	35,9	18,9	27,2	17,4	7,54	11,5	3,7
2056	27.V	2	МКВТ	-	1,38	0,71	0,58	0,47	0,23	0,04	0,06
			ИМП.	-	22,1	32,6	3,16	38,4	31,6	13,4	6,6
2058	28.V	21	МКВТ	1,11	2,01	0,42	0,27	0,11	0,14	0,02	0,01
			ИМП.	63,7	76,8	57,6	45,1	25,9	26,9	6,1	6,1
2068	29.V	21	МКВТ	1,09	1,72	1,23	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01
			ИМП.	60,9	65,2	79,8	47,0	35,5	32,6	22,0	5,8

ной Африки существенно меняется. На станциях, находящихся вне зоны "цветения" фитопланктона, среднее число импульсов от биолуминесценции в минуту в верхних горизонтах составляет 20-40, уменьшаясь незначительно с глубиной. Амплитудное распределение составляющих биолуминесцентное поле импульсов в этих слоях неоднородно. На горизонтах 10 и 25 м амплитудный спектр представлен половиной импульсов с интенсивностью более $0,6 \cdot 10^{-3}$ мквт/см², т.е. генерируемые от этих импульсов величины фототока находятся в верхней трети осциллограммы. Однако в примыкающих к этим горизонтам глубинам амплитуда всплесков уменьшается в 2-3 раза.

На прибрежных станциях в поверхностных слоях число биолуминесцентных всплесков оказывается близким, однако на глубинах от 50 м и ниже биолуминесценция полностью отсутствует.

Максимальная интенсивность биолуминесцентного потенциала для 10-метрового слоя в этом районе составляет $1,2 \cdot 10^{-3}$ мквт/см². Эта величина наблюдалась на станции 2048 в слое 10-20 м и оказалась наибольшей из всех измерений во время рейса.

Структура биолуминесцентного поля характеризуется наличием одного максимума, приходящегося на слой 30-40 м на западных станциях разреза; на прибрежных станциях максимум биолуминесценции располагается несколько выше, занимая слой 10-30 м, как правило, он находится ниже слоя с наибольшими величинами сетного сестона. С глубиной интенсивность биолуминесценции быстро снижается, полностью отсутствуя на глубинах 50 м и ниже на прибрежных станциях. На западных станциях разреза интенсивность биолуминесценции глубже 80-90 м оказывается ниже $0,1 \cdot 10^{-4}$ мквт/см².

Характеристика планктона на полигоне у берегов Юго-Западной Африки

Геоморфологические особенности дна района полигона, на котором сборы планктона и измерения биолуминесценции были произведены на пяти станциях, обуславливают сложную систему течений. Поэтому видовой состав и количественное развитие планктона, представленное в табл.4 и на рис.3, характеризуется своей пестротой. На станциях 2050 и 2058, находящихся в струях Бенгельского течения, в массе развиваются диатомовые водоросли, виды родов *Rhizosolenia*, вызывающие "цветение" воды. В первую очередь за счет этого в поверхностных слоях наблюдаются высокие величины сетного сестона - до $4,9$ см³/м³. Зоопланктон здесь представлен в основном мелкими формами - видами родов *Oncaea* и *Oithona*, отмечено много неполовозрелых стадий и науплиусов копепод. На станции 2053, находящейся

оя в струях течения, идущего со стороны открытого океана, планктон оказывается бедным. Средняя для слоя 0-100 м величина сетного сестона равна $0,29 \text{ см}^3/\text{м}^3$.

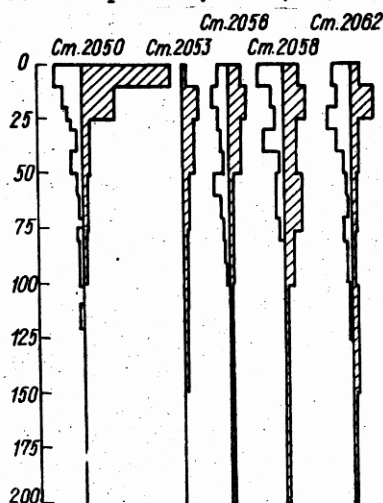


Рис.3. Пространственное распределение планктона (1) и биолюминесценции (2) на полигоне станций у берегов Юго-Западной Африки. Условные обозначения те же, что на рис.1.

Состав зоопланктона на станции 2062, где количество сестона вновь оказывается более $1 \text{ см}^3/\text{м}^3$, отличается своим своеобразием. Для этой станции характерно преобладающее развитие сагитт и *Oicopleura*, в большом числе встречающихся во всех обловленных до 75 м слоях. Кроме них здесь обычными оказались *C.brevicornis* и мелкие по размерам виды родов *Oithona* и *Paracalanus*. Как ранее отмечалось, в массе развивается здесь фитопланктон, представленный р.*Rhizosolenia*. В слоях глубже 75 м зоопланктон вновь формируют *Cyclopoida* - роды *Oncaea* и *Oithona*.

Структура биолюминесцентного поля на станциях полигона характеризуется наличием двух максимумов, из которых верхний приходится на поверхностные слои до 30 м, а второй, несколько меньший по величине - на глубины от 40 до 80 м. Максимальная величина биолюминесцентного потенциала в поверхностной толще 0-10 м на станции 2050 составляла $4,1 \cdot 10^{-4} \text{ мквт/см}^2$; близкой она оказалась на станции 2058 - около $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ мквт/см}^2$ в слое 20-30 м, а на остальных станциях полигона примерно в 2 раза ниже. Зона уменьшения величины биолюминесценции между слоями с повышенной светимостью простирается обычно на 10-20 м, где интенсивность свечения составляет примерно 50% от величины нижнего максимума биолюминесценции.

Наличие двухмаксимумной структуры поля биолюминесцентного излучения в районе полигона подтверждает высказанное ранее предположение (Виноградов и др., 1970), что для районов апвеллингов характерно наличие резкой и устойчивой стратификации распределения жизни в фотической зоне, проявляющееся в том, что на глубинах 20-40 и 60-90 м имеются два узких слоя с повышенной концентрацией бактерий и фитопланктона, проявлением жизнедеятельности которых являются, в частности, интенсивная биолюминесценция.

Таким образом, в 26-м рейсе собирался материал о пространственном распределении планктона и о характеристиках биолюминесценции в толще воды. Предварительный анализ полученных данных по распределению сетного сестона свидетельствует о богатстве планктоном зон дивергенции, прилегающих к африканскому шельфу на 23° ю.ш. и 18° - 10° с.ш., а также зоны на оттоке струй Южного Пассатного течения с Экваториальным противотечением ($0,2^{\circ}$ с.ш.). Содержание сетного сестона для слоя 0-100 м по этим участкам соответствовало 2,73; 0,74 и 0,43 $\text{см}^3/\text{м}^3$, при максимальной концентрации сестона в районе апвеллинга у Юго-Западной Африки в слое 0-10 м - до 10,2 $\text{см}^3/\text{м}^3$. Для остальных районов средние величины сетного сестона для верхней 100-метровой толщи колебались от 0,1 до 0,3 $\text{см}^3/\text{м}^3$.

Наибольшее развитие планктона в районах активной дивергенции наблюдалось в толще воды до 50 м. Над глубоководными участками содержание сестона в этом слое по отношению к его концентрации ниже 50 м отличалось в 3-5 раз, а над мелководными станциями на шельфе Юго-Западной Африки - даже до 20 раз. Распределение сестона в районах, характеризующихся ослабленной вертикальной циркуляцией, и, следовательно, слабым снабжением фотической зоны биогенными веществами, более равномерное.

Собранные данные по количественному распределению планктона позволят уточнить и дополнить схему его пространственной неоднородности в тропической части Атлантического океана в весенне-летний период.

В результате работ по инструментальному измерению характеристик биолюминесценции можно считать, что интенсивное свечение наблюдается в районе апвеллингов, достигая при зондировании биолюминесцентного поля, например у шельфа Юго-Западной Африки в слое 10-20 м, величин $1,2 \cdot 10^{-3}$ мквт/ см^2 . В районе апвеллинга у берегов Африки в северном полушарии максимальная биолюминесценция прихо-

дится примерно на те же глубины, но оказывается слабее - средние величины биолюминесцентного потенциала для 10-метрового слоя соответствуют $0,6 \cdot 10^{-3}$ мквт/см². Характерной чертой распределения средней интенсивности биолюминесценции по вертикали является наличие четкой вертикальной стратификации, которая в большинстве случаев проявляется в формировании двух слоев повышенной светимости, обычно разделенными 20-50 м водной толщи с пониженной биолюминесценцией.

Л и т е р а т у р а

Андронов В.Н. 1971. Состав и распределение зоопланктона у берегов Юго-Западной Африки. - Рыбопромысловые исследования сырья рыбных ресурсов Восточной Атлантики. Тр.АтлантНИРО, вып.41, Калининград.

Виноградов М.Е., Гительзон И.И., Сорокин Ю.Н. 1971. О пространственной структуре сообществ эвфотической зоны тропических вод океана. В об.: Функционирование пелагических сообществ тропических районов океана. "Наука", М.

Грезе В.И. и др. 1971. Планктон и биологическая продуктивность Тропической Атлантики. "Научная думка", К.

Гризлов В.Н. 1971. Формирование скоплений фитопланктона в пелагиали Гвинейского залива. - Продуктивная зона экваториальной Атлантики и условия ее формирования. Тр.АтлантНИРО, вып.22.Калининград.

Петрова Г.Б. 1969. Некоторые данные о сезонных изменениях планктона в шельфовых водах юго-западного побережья Африки. - Рыбопромысловые районы западного побережья Африки. Тр.АтлантНИРО, вып.22. Калининград.

Hart T.G. and Currie R.I. 1960. The Benguella Current. Disc. Repr. 31.

Unterubacher H.K. 1964. The pilchard of South=West Africa (*Sardinops ocellata*). Zooplankton studies in the waters off Walvis Bay with special reference to the Copepoda. Invest. Rep. Mar. Res. Lab. S.W. Afr. No II.

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОКЕАНИЧЕСКИХ КАЛЬМАРОВ *OMMASTREPHES PTEROPUS* (STEENSTRUP) ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКИ В 26-м РЕЙСЕ НИС "МИХАИЛ ЛОМОНОСОВ"

Г.В.Зуев

Необходимость биологических исследований океанических кальмаров определяется той важной ролью, которая им принадлежит в круговороте вещества и энергии в Мировом океане вследствие их многочисленности.

В 26-м рейсе нис "Михаил Ломоносов" продолжались исследования фауны океанических кальмаров тропической зоны Атлантического океана, их поведения и биологии, а также выяснение районов их скопления для определения возможности их промыслового использования.

Особый интерес с этих позиций представляет *Ommastrephes pteropus* — массовый тропический атлантический вид, населяющий верхний слой пелагиали над слоем температурного скачка. В своем распространении он приурочен к экваториальным частям субтропических антициклонических (северного и южного) круговоротов, системе экваториальных течений и водам прилежащих нейтральных областей. На западе он известен у Бермудских островов, в Карибском море и Мексиканском заливе, у Бразилии; на востоке — у островов Мадейра в Гвинейском заливе, у побережья Юго-Западной Африки (Adam, 1952; Voss, 1956; Clarke, 1966). Границы его распространения у южного и северного краев ареала ограничиваются температурой поверхностного слоя 18–20°C.

Район исследований включает в себя тропическую область Атлантического океана и прилегающие районы в восточной части океана вплоть до Гибралтарского пролива. Всего было выполнено 35 наблюдений, проводившихся на океанографических станциях в темное время суток. Период наблюдения — с 21 марта по 30 мая 1972 г.

Все наблюдения и лов кальмаров проводились только в ночное время. С наступлением темноты кальмары легко наблюдаются вокруг судна, в свете люстр и прожекторов. Специального освещения (надводного и подводного) не применялось.

В качестве орудий лова использовались удочки — "джиггера" и конусные сети. Использование блесен разных цветов (без наживки) — белых, черных, красных, оранжевых, с перламутровым отливом и флуоресцирующих — не позволило выделить преимущества ни одного из них, все блесны одинаково эффективны для облова эпипелагических кальмаров-оммастрефид. Всего поймано 630 экземпляров.

В наших исследованиях *Ommastrephes pteropus* был отмечен на всей исследованной акватории за исключением самых южных станций (2039, 2040, 2050) в районе южного апвеллинга, где поверхностная температура не превышала 15,3–18,5°C; и самых северных станций (1999–2010), с поверхностной температурой 13,5–16,9°C.

В целом по всей акватории размерный ряд представлен особями с длиной мантии 4,1–48,0 см и весом тела соответственно от 2,2 г до 3,7 кг. Однако в разных географических районах единое видовое население представлено разными биологически специфичными группировками (популяциями), отличными по своим размерам, половой структуре и физиологическому состоянию особей. Ниже приводится биологическая характеристика этих популяций.

1. Район юго-восточнее островов Зеленого Мыса (станции 2015,

2018, 2027, 2028, 2030). По своим океанографическим условиям данный район находится в зоне развития северного циклона, где имеет место подъем к поверхности глубинных, обогащенных биогенными элементами вод (по данным отряда гидрохимии, степень обогащения поверхностных вод фосфатами возрастает в районе $12-16^{\circ}$ с.ш.). Благодаря этому здесь создаются благоприятные условия для развития планктона (биомасса сестона в слое 0-100 м, согласно данным отряда гидробиологии, составляет $0,40-0,74$ мл/м³, что для Тропической Атлантики является большой величиной) и откорма многих пела-

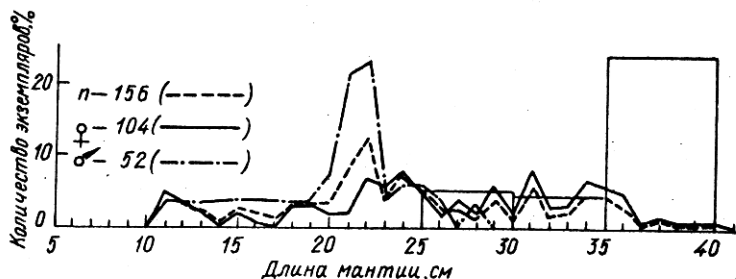


Рис.1. Размерный ряд кальмаров из района юго-восточнее островов Зеленого Мыса. Столбиками показано количество зрелых самок (стадии IV, V), n — общее количество экземпляров.

ческих рыб — тунцов, сарганов, полурьлов, а также кальмаров и рыбообразных птиц. Температура поверхностного слоя в этом районе колеблется от 19 до 23° . Заметно снижение температуры по направлению к берегу Африканского материка, где имеет место выход к поверхности глубинных более холодных вод. На основе выборки из 156 экз. можно заключить, что популяция этого района представлена особями обоих полов длиной 10-41 см (длина мантии). Заметно преобладание самок, их вдвое больше, чем самцов. По своим размерам они значительно крупнее последних: максимальная длина самцов — 28 см, самок — 41 см (рис.1). Самки впервые становятся половозрелыми при длине мантии 25 см. Так, внутри размерной группы 25-30 см найдено только 5,2% половозрелых самок, внутри группы 30-35 см — 4,3% и внутри группы 35-40 см их оказалось уже 23,1%. Самцы созревают при меньших размерах, самые мелкие из них были размером 19-20 см.

Кальмары довольно многочисленны на всех станциях, хотя они не образуют скоплений. Чаще они держатся одиночно или группами

5-10 экз. в каждой, объединяясь по размерам. Популяция находится в состоянии нагула, все особи активно питаются мелкими рыбешками (микрофидами, молодью летучих рыб и др.) и активно преследуют блесну. С вечера они ловятся лучше, но по мере насыщения становятся заметно более пассивными.

Очень незначительное число половозрелых самок (10,2%), а также отсутствие в икhtiопланктонных пробах личиночных стадий кальмаров указывает на отсутствие массового нереста *O. pteropus* в этом районе весной. По-видимому, нерест происходил несколько раньше, — по наблюдениям и обловам конусными сетями с мелкой ячейкой, молоди меньше 10 см не было. Ориентировочно возраст такой молоди — 1,5-2 месяца. Массовый нерест в этом районе носит сезонный характер и обусловлен сменой климатических условий. Пик нереста должен происходить в осенне-летний период.

2. Экваториальный район (станции 2020, 2021, 2022, 2023, 2025, 2033, 2034, 2035). В океанографическом отношении этот район относится к системе экваториальной циркуляции вод, характеризующейся наличием подповерхностных компенсационных противотечений, создающих благоприятные условия для развития здесь жизни и процессов формирования биологической продукции (экваториальная продуктивная зона) вследствие интенсивного вертикального перемешивания вод и разрушения термоклина (Мартин, Мартинсен, 1969; Ханайченко, 1971). Следует отметить обилие в этом районе планктона (биомасса сетного сестона равна $0,43 \text{ мл/м}^3$ в слое 0-100 м), кальмаров, рыб — тунцов, миктофид, летучих рыб, акул и птиц.

Экваториальная популяция представлена особями обоих полов (рис. 2). Численность самок несколько превышает численность самцов: последние составляют 40% всей популяции. Одной из характерных особенностей кальмаров этого района являются их более мелкие размеры. Размерный ряд, построенный на основе измерения длины мантии 400 экз., ограничен длиной 35 см. Основу популяции составляют особи длиной 18-20 см (34%). На долю особей длиной более 25 см приходится только 10%. Правда, в этом районе постоянно отмечают крупных кальмаров этого вида, которые встречаются в одиночку или же стаями. Одну такую стаю из нескольких десятков особей мы наблюдали на станции 2020. В наших сборах имеются два экземпляра длиной 47 и 48 см — обе половозрелые самки.

Самки не только многочисленнее, но и крупнее самцов. Максимальная длина мантии самцов не превышает 24 см. Созревают самцы при длине мантии около 20 см (самая маленькая половозрелая самка имела длину 18 см). Внутри размерной группы 18-20 см 16,2% состав-

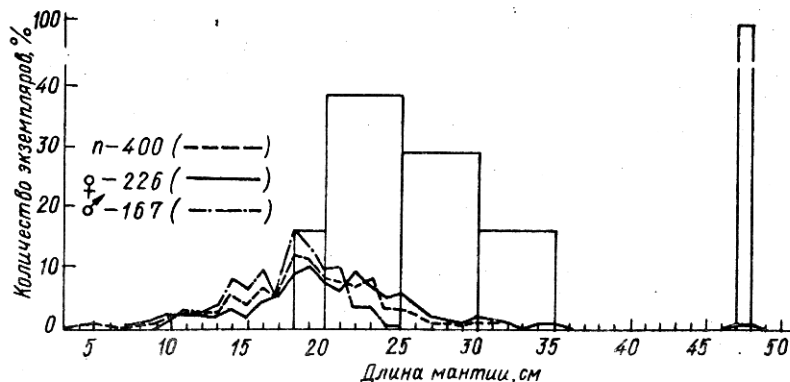


Рис.2. Размерный ряд кальмаров из экваториального района.

ляют зрелые самки, в группе 20-25 см их 33,7%, в последующих группах - 29,1 и 16,4%, в целом относительное количество зрелых особей в экваториальной популяции заметно выше (29,3%), чем в районе дивергенции островов Зеленого Мыса. Наряду со взрослыми особями обнаружено много молоди длиной 4-10 см. Однако в ихтиопланктонных пробах личинок кальмаров не обнаружено. Очевидно, размножение в данный сезон не носит массового характера, хотя и не прекращается совсем. Круглогодичный нерест на экваторе вполне допустим, учитывая слишком незначительную смену климатических условий на протяжении года (в частности, колебание поверхностной температуры на экваторе в течение года, как правило, не превышает $1-2^{\circ}$). Очень много кальмаров наблюдалось непосредственно на экваторе (станции 2022, 2023) в зоне действия течения Ломоносова, а также севернее экватора (станция 2020) в зоне действия Межпассатного течения. На станции 2022 ночью поймано удочками у поверхности около 200 экземпляров, несмотря на то, что не все кальмары активно реагировали на блесну, будучи сытыми.

3. Район Юго-Западной Атлантики (Бразильский) (станция 2037). Необходимость выделения этого района определяется тем исключительным важным значением, которое оно имеет для познания биологии этого вида кальмаров. В литературе нет данных об *O. pteropus* из Юго-Западной Атлантики, неизвестны даже границы его обитания в этом районе.

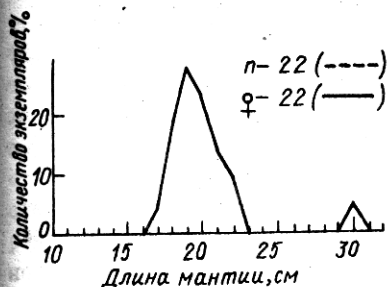


Рис.3. Размерный ряд кальмаров из Юго-Западной Атлантики.



Рис.4. Размерный ряд кальмаров из Юго-Восточной Атлантики.

За 3 ч было поймано на блесну 22 экз. с длиной мантии 17–30 см (рис.3). По своему биологическому состоянию кальмары чрезвычайно однородны: все без исключения неполовозрелые самки (1–2 стадии). За бортом держатся рассеянно – в одиночку или мелкими стайками, интенсивно питаются миктофидами и мелкими пелагическими рыбешками, которых здесь много, т.е. представляют типично нагульную группировку.

Полное отсутствие самцов может служить указанием на то, что обнаружена нагульная область ареала (Парин, 1968), территориально не совпадающая с областью размножения (ареалом в собственном смысле слова). Последняя, по нашему мнению, находится в экваториальном районе (по аналогии с популяциями восточной Атлантики).

Жизненный цикл данной популяции можно представить следующим образом. После нереста в экваториальном районе молодь постепенно мигрирует вниз по течению (Бразильскому), причем миграционное поведение самцов и самок неодинаково. Самцы в основном остаются где-то поблизости от области размножения популяции, тогда как самки продолжают миграцию и в поисках пищи достигают границы ареала, которая проходит на стыке теплого Бразильского течения с водными массами антарктического происхождения, испытывая пространственные перемещения в зависимости от времени года. В Восточной Атлантике температурная граница распространения *O. pteropus* ограничивается поверхностной изотермой 18–20°. Учитывая, что в данный период года (май) поверхностная изотерма 20° в этом районе проходит значительно южнее линии тропика, можно предположить, что граница ареала кальмаров также смещена к югу. Наши наблюдения ведутся в северной части обширной нагульной области с температурой 25,3°C, занятой в основном неполовозрелыми самками, которые не доходят до края ареала, оставаясь в более теплой воде. С началом похолодания

самки, очевидно, откочевывают к северу в область размножения, где происходит спаривание и нерест.

4. Район Юго-Восточной Атлантики (станции 2052, 2056, 2057, 2059-2061, 2062). В течение последней декады мая в этом районе было выловлено 65 экз. За исключением единственного самца, все остальные - самки. Несмотря на довольно крупные размеры тела (длина мантии 17-41 см), среди них нет ни одной половозрелой. Стадии зрелости половых желез этих самок I-II. Основу размерного ряда составляют особи длиной 27-30 см (50%), на долю более мелких приходится только 10% (рис.4).

Кальмары ночью держатся рассеянно, чаще в одиночку или по нескольку особей. Анализ содержимого желудков показывает, что в это время они активно питаются. Лов кальмаров на удочку довольно эффективен.

Держатся кальмары в мористой части исследованного района, вдали от побережья, в воде с температурой поверхностного слоя не ниже 17,5-18,9°. Водные массы с такими температурными характеристиками следует считать граничными для этого теплолюбивого вида. Ближе к африканскому берегу в зоне развития апвеллинга кальмаров нет, тогда как в океанической части они распространены гораздо южнее. Об этом свидетельствуют обнаружение их в точке с координатами 28°18'S, 9°36'E при температуре 19,5°C.

Промысловые скопления крупных кальмаров известны в марте-апреле в мористой части на траверзе м.Палгрейв (20° ю.ш.), на периферии апвеллинговых вод с температурой 18-21° (Вовк, Нигматуллин, 1972). Очевидно, летом южного полушария сюда мигрирует для нагула основная часть популяции (самки) с севера, из Гвинейского залива, причем более мелкие самки остаются в основном севернее, в районе Бенгелы и Мосамедиша (15-18° ю.ш.) в водах с температурами 25-28°C, и только крупные самки доходят до 22-24° ю.ш., и, возможно, южнее.

В период наших исследований (в мае) имело место общее похолодание района по сравнению с летними месяцами, вследствие чего следует ожидать перемещение кальмаров к северу в более прогретые воды. Именно этим и можно объяснить отсутствие их скопления в этом районе. Зимой (в июле-августе) южная граница ареала оказывается на 15-16° ю.ш., причем размерная структура популяции остается неизменной; периферию занимают крупные особи, ближе к центру ареала длина кальмаров уменьшается.

Полученные данные дают возможность в общих чертах представить экологическую структуру вида, те экологические механизмы адап-

тации, благодаря которым обеспечивается его биологическое процветание. К числу таких экологических механизмов относятся особенности пространственной организации и функционального разделения ареалов самцов и самок. Как было указано выше, в пространственном отношении ареал самцов значительно уже и ограничен в основном областью размножения. В функциональном отношении он не делим. Совсем иначе у самок: далекие нагульные миграции способствуют расширению их ареала. Биологический смысл подобного явления в совокупности с увеличением абсолютных размеров тела и увеличением относительной численности самок (по сравнению с самцами) заключается, очевидно, в поддержании оптимального контингента нерестового стада, способного воспроизвести такую численность потомства, которое необходимо для сохранения вида в постоянно изменяющихся условиях среды и его дальнейшей эволюции. Сокращение численности самцов и уменьшение их размеров не противоречит этому, а напротив, служит той же цели — ослабляет возможность пищевой конкуренции в области размножения вида.

Л и т е р а т у р а

1. Вовк А.Н., Нигматуллин Ч.М. 1972. О биологии и промысле массовых головоногих моллюсков Атлантики. — Тр. АтлантиРО, в.42, Калининград.
2. Зуев Г.В., Несис К.Н. 1971. Кальмары (биология и промысел). Изд. "Пищ.пром", М.
3. Марти Ю.Ю., Мартинсен Г.В. 1969. Проблемы формирования и использования биологической продукции Атлантического океана. Изд. "Пищ.пром", М..
4. Парин Н.В. 1968. Ихтиофауна океанской эпипелагиали. "Наука", М.
5. Ханайченко Н.К. 1971. Абиотические условия формирования биологической продукции в Тропической Атлантике. — В сб.: Планктон и биологическая продуктивность Тропической Атлантики. "Наукова думка", К.
6. Adam W. 1952. Résultats scientifiques des expéditions océanographiques belges dans les eaux côtières africaines de l'Atlantique Sud (1948-1949). Céphalopodes. Résult. scient. expéd. océanogr. Belg. (1948-1949), 3 (3).
7. Clarke M.R. 1966. Review of the systematics and ecology of oceanic squids. Adv. mar. biol., 4.
8. Voss G.L. 1956. A review of the Cephalopods of the Gulf of Mexico. Bull. mar. sci. Gulf Caribb., 6.

Т.В. Зуев, Ч.М. Нигматуллин

Перспективы дальнейшего развития советского океанического рыболовства, интенсификация которого год от года продолжает неуклонно возрастать, все более тесно связываются с необходимостью освоения пелагических объектов, которые используются недостаточно полно или же вообще не добываются. К их числу наряду с рыбами (макрелешуки, летучие рыбы, анчоусы и др.) относятся океанические кальмары, весьма многочисленные в ряде районов Мирового океана (Кондаков, Мартинсен, 1964; Филиппова, 1969; Буруковский, Нигматуллин, Роменский, 1970; Зуев, Несис, 1971; Вовк, Нигматуллин, 1972; Clarke, 1966; Vozz, 1966, 1968).

В пелагиали тропической зоны Атлантического океана от побережья Африки до Америки обитает массовый вид океанических кальмаров *Omastrephes pteropus*, изученный далеко недостаточно. Кальмары населяют верхние слои пелагиали (выше слоя термоклина) за пределами шельфа с температурами 17–29°C. В темное время суток их почти всегда можно наблюдать на поверхности возле борта лежащего в дрейфе судна. Особенно многочисленны кальмары в темные безлунные ночи при волнении моря не более 2–3 баллов. В освещенной зоне кальмары обычно активно питаются, преследуя мелких пелагических рыб и мелких кальмаров. Иногда скопления насчитывают сотни и тысячи особей. *O. pteropus* – средних и крупных размеров кальмары, достигающие длины мантии 55–60 см (по некоторым данным, – 1 м) и веса 5–7 кг; чаще вес кальмаров 400–500 г при длине мантии 20–25 см.

В настоящей работе предпринята попытка уточнить пространственные границы распространения *O. pteropus* в Восточной Атлантике и их сезонную динамику, определить время и районы образования скоплений и их связь с общими океанологическими условиями с целью приближенной оценки возможностей промыслового использования этого вида.

Материал и методика

В основу работы положены данные визуальных наблюдений за кальмарами на 515 световых станциях (в большинстве случаев сопут-

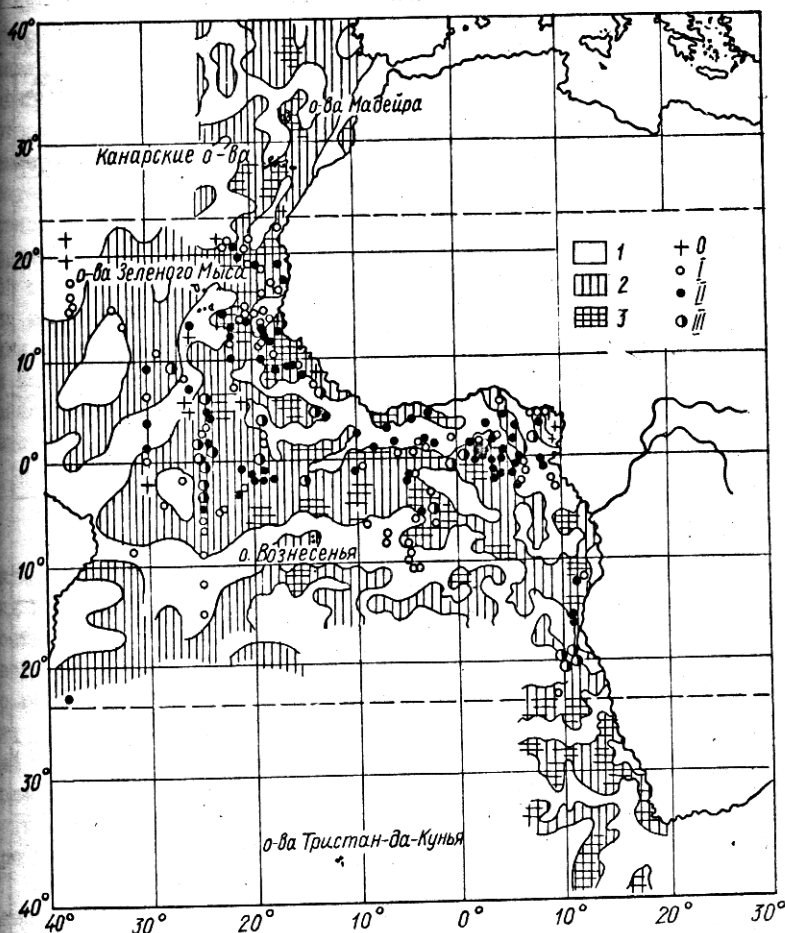


Рис. 1. Распределение кальмаров на световых станциях в зимний сезон (декабрь – май) (данные 1959–1972 гг.):

1 – опускание вод; 2 – подъем вод; 3 – интенсивный подъем;
0 – кальмаров нет; I – "единично"; II – "десятки"; III – "сотни".

отсутствующих наблюдениям за пелагическими промысловыми рыбами) с 1959 по 1972 г., которые проводились отечественными и зарубежными научно-исследовательскими ("Михаил Ломоносов", "Академик Вернадский", "Академик Курчатов", "Звезда", "Pillsbury", "Ernst

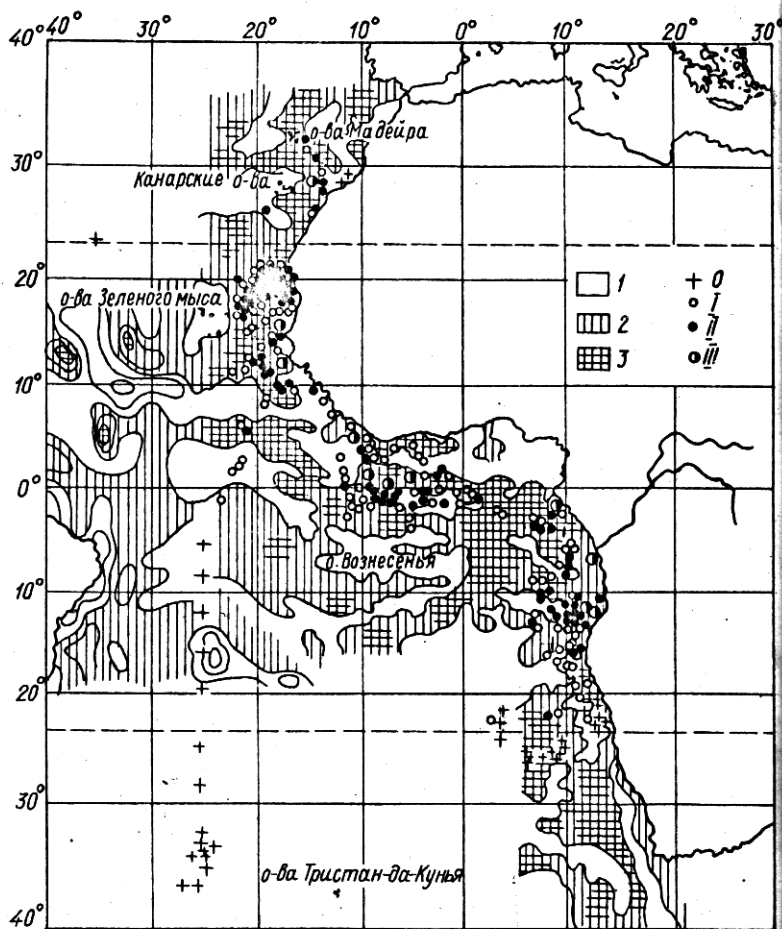


Рис.2. Распределение кальмаров на световых станциях в летний сезон (июнь – ноябрь) (данные 1959–1972 гг.). Условные обозначения те же, что на рис.1.

Нескел"), научно-поисковыми и промысловыми судами в Атлантическом океане.

В пространственном отношении станции наблюдений располагаются неравномерно по акватории океана, в целом отражая степень посещаемости этих районов судами и соответственно степень их изученности (рис.1,2). Большинство наблюдений выполнено в восточной ча

ти океана вдоль побережья Африки, часть в приэкваториальной зоне Центральной Атлантики и Гвинейском заливе, и совсем немного - в Западной Атлантике. Во времени наблюдениями охвачены все сезоны года (табл. I). В общий список включены только те световые станции, которые находятся вне неритических вод и не выходят за пределы температурного ареала *O. pteropus* (нижняя пороговая температура обитания принята 17°C). Количественный учет кальмаров на световых станциях производился визуально. Численность оценивалась в категориях: "пусто", "единично", "десятки", "сотни". В случае "единично" отмечались подходы в освещенную зону отдельных экземпляров или мелких стаяк из 3-10 особей. В случае "десятки" у борта наблюдали одновременно несколько десятков особей (по крайней мере, больше полутора-двух десятков) и, наконец, при концентрации в освещенной зоне одновременно нескольких сотен кальмаров использовалась категория "сотни".

Пространственная структура ареала

В результате были построены ежемесячные карты распространения кальмаров в поверхностном слое. Эти карты позволили уточнить ряд вопросов пространственной структуры ареала *O. pteropus*, в частности: установить истинное положение северной и южной границ области их распространения в Восточной Атлантике на протяжении всего года в зависимости от крупномасштабных сезонных изменений общих океанологических условий и показать размах сезонных колебаний площади видового ареала; установить некоторые закономерности количественного распределения кальмаров (места, сезоны и устойчивость скоплений) и их связь с характером локальных циркуляционных процессов вертикального обмена вод.

Анализ ежемесячных карт, содержащих от 7-8 до 121 наблюдения (табл. I) показал, что информационный смысл их значительно возрастает, если они объединены и сгруппированы по сезонам. В Тропической Атлантике, где смена сезонов года происходит довольно постепенно и не носит резко выраженного характера, наиболее отчетливо выделяются два основных сезона - зимний (декабрь - май) и летний (июнь - ноябрь). В соответствии с этими двумя полугодовыми сезонами и были сгруппированы все данные наблюдений. Более дробное деление менее целесообразно.

Таким образом, каждая карта включает в себя шесть ежемесячных карт. Зимний период характеризуется заметным похолоданием северного полушария, в результате чего поверхностные изотермы смещаются

в южном направлении приблизительно на 10° . Пелагиаль южного полушария в этот период года, напротив, прогревается, однако общие океанологические условия в этом полушарии, в частности термические, отличаются значительно большей стабильностью на протяжении всего года по сравнению с таковыми в северном полушарии. В результате этого область потепления к югу от экватора зимой оказывается значительно меньше, чем область охлаждения вод к северу от него.

Т а б л и ц а 1

Общее число световых станций и их распределение
во времени

Месяц	Количество станций	Месяц	Количество станций
Январь	60	Июль	7
Февраль	36	Август	48
Март	30	Сентябрь	121
Апрель	32	Октябрь	71
Май	8	Ноябрь	40
Июнь	21	Декабрь	41
		Всего	515

В тесной связи с отмеченными особенностями термики пелагиали северного и южного полушарий находятся границы ареала *O. pteropus*, их сезонная динамика. В Северо-Восточной Атлантике граница обитания кальмаров зимой проходит по $20-22^{\circ}$ с.ш., а летом — по $30-32^{\circ}$ с.ш., точно следуя за смещением поверхностной изотермы 22° . В августе—сентябре стаи *O. pteropus* появляются у островов Мадейра, где они являются объектами промысла. Севернее же Мадейры кальмары, по-видимому, не поднимаются, несмотря на достаточно высокую температуру воды. В сентябре 1971 г. на лис "Михаил Ломоносов", выполняющем гидрологический разрез от островов Мадейра до Пиренейского полуострова, проводились специальные наблюдения за кальмарами и их лов на джиггера. На всем исследованном пространстве не было обнаружено ни одного *O. pteropus*, хотя крупные *O. bartrami* были многочисленны почти на каждой световой станции.

Совершенно несопоставимы сезонные пространственные флуктуации южной границы ареала *O. pteropus*. В идеальном случае их можно считать постоянными. Согласно нашим данным, отдельные особи в течение всего года встречаются в Юго-Восточной Атлантике на $20-23^{\circ}$ ю.ш. в воде с температурой $17-18^{\circ}\text{C}$, хотя скопления кальмаров наблюдаются здесь только в период максимального прогрева во-

Т а б л и ц а 2

Зависимость между температурой воды и частотой
встречаемости кальмаров

Температура воды, °С	Количество наблюдений	Кальмары, %	
		Есть	Нет
15,1-17,0	131	3,0	97,0
17,1-19,0	35	48,5	51,5
19,1-21,0	34	79,4	20,6
21,1-23,0	33	87,8	12,2
23,1-25,0	56	82,2	17,8
25,1-27,0	68	83,8	16,2
27,1-29,0	91	92,3	7,7

Т а б л и ц а 3

Количественное распределение кальмаров в разные
сезоны года

Время года	Количество наблюдений	Кальмары, %			
		Нет	Единично	Десятки	Сотни
Весь год	515	12,4	51,5	30,3	5,8
Зима (декабрь-март)	207	9,7	42,0	38,1	10,2
Лето (июнь-ноябрь)	308	14,3	58,0	24,8	2,9

ды (в марте-апреле). В остальное время кальмары концентрируются в более теплых водах на 12-15° ю.ш.

В результате таких пространственно асимметричных относительно экватора сезонных смещений северной и южной границ ареала, абсолютные размеры видового ареала *O. pteropus* в продолжение всего года не остаются постоянными, а претерпевают сильные изменения, сокращаясь зимой и расширяясь летом. В восточной Атлантике сокращение протяженности границы ареала в широтном направлении достигает 10-12°, что составляет около 20-25% ее общей длины.

Температурные условия обитания

O. pteropus - теплолюбивый вид. Кальмаров можно наблюдать в самых высокопрогретых водах Атлантики с температурами 29-30°C. В водах с температурами 19-20°C они встречаются реже, чем в более теплых водах. Самая низкая температура воды, в которой наблюдали *O. pteropus*, была 15,7°C (данные Ч.М. Нигматуллина из Юго-Восточной Атлантики). С целью выяснения оптимальных температур обитания этого кальмара определялась частота встречаемости *O. pteropus*.

рия (без количественного учета) на световых станциях в зависимости от температуры воды. Весь диапазон температур, при котором встречаются эти кальмары ($15-29^{\circ}\text{C}$), был разделен на 7 двухградусных отрезков (табл.2). В результате обнаружена интересная закономерность: частота встречаемости кальмаров находится в прямой зависимости от температуры воды. Так, при $17,0-19,0^{\circ}\text{C}$ частота встречаемости составляет 48,5%, т.е. из каждых десяти станций кальмары обнаружены на пяти. При температуре воды $27,1-29,0^{\circ}\text{C}$ частота встречаемости возрастает до 92,3% (рис.3). Нижней пороговой температурной границей обитания *O.rotegorus* следует принимать изотерму 17° , так как при более низких температурах кальмары встречаются крайне редко (4 наблюдения из 131). Таким образом, оптимальные температуры для *O.rotegorus* лежат в верхней части температурного диапазона вида.

Исследование зависимости между температурой воды и количественным распределением кальмаров обнаруживает, однако, одну любопытную особенность, которая может показаться если не отрицающей, то, по крайней мере, вносящей сомнение в истинность установленных нами оптимальных температур. Оказалось, что наиболее крупные и плотные скопления кальмаров чаще всего встречаются в двух типах водных масс, резко отличных друг от друга по своей термике (рис.4). К первому типу принадлежат теплые экваториальные воды с температурой $27-29^{\circ}\text{C}$. Ко второму типу вод относятся довольно холодные (для данного вида) водные массы с температурой $19-21^{\circ}\text{C}$, наблюдаемые на северной и южной окраинах ареала, а также вдоль Африканского побережья в местах развития апвеллинговых зон. Из этого можно, казалось бы, сделать вывод о том, что кальмары относятся с одинаковым предпочтением как к охлажденным, так и к более прогретым водам. В действительности, это не так.

Образование скоплений *O.rotegorus* на участках охлажденных вод является во многом вынужденным, но необходимым для нормальной жизнедеятельности вида экологическим приспособлением. Функционально эти районы являются основными нагульными областями, расположенными в зонах повышенной биологической продуктивности. В относительно малопродуктивных водах на северной и южной окраинах ареала с температурами $17-21^{\circ}\text{C}$, которые занимают обширные пространства, кальмары встречаются очень редко.

Репродуктивная область ареала занимает в основном экваториальную зону Центральной Атлантики и Гвинейского залива, где весь год на большей части сохраняются высокие температуры ($26-29^{\circ}\text{C}$) воды.

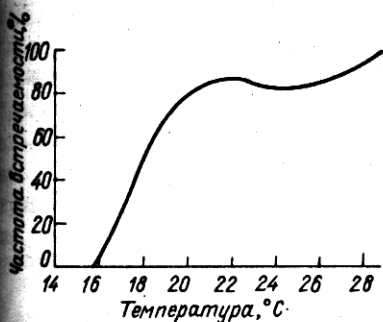


Рис.3. Зависимость частоты встречаемости кальмаров от температуры воды.

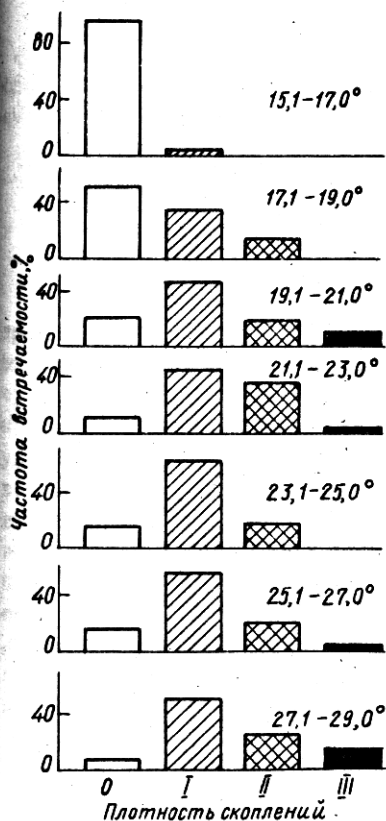


Рис.4. Зависимость количественного распределения кальмаров от температуры воды:
0 - кальмаров нет; I - "единично"; II - "десятки", III - "сотни".

Частота встречаемости и количественное распределение

Как видно на рис. 1 и 2, наблюдения захватывают огромнейшую акваторию, выходящую за пределы тропической зоны. Внутри нее распространены водные массы, различные по своему происхождению, физико-химическим характеристикам и динамике. Несмотря на это, из 515 наблюдений кальмары обнаружены на 451 световой станции, что составляет 87,6%, и только в 64 случаях (12,4%) кальмаров не наблюдали (табл. 3). Таким образом, из каждых 10 световых станций кальмаров не было лишь на одной. Следует учитывать также, кроме того, что наблюдения проводились в разные сезоны и при любой погоде, тогда как гидрометеорологические условия оказывают вполне определенное влияние на поведение кальмаров. В ясные лунные ночи и в свежую погоду при волнении моря более 4-5 баллов кальмары избегают подниматься на поверхность, оставаясь на некоторой глубине, где они оказываются недоступными для визуальных наблюдений. Однако, несмотря на все это, частота встречаемости кальмаров очень велика. Это свидетельствует о том, что кальмары *O. pteropus* действительно многочисленны и широко расселены по всему ареалу.

O. pteropus — стайный вид, однако из этого не следует, что кальмары должны всегда находиться сгруппированными в скопления. Ведь стая как экологическое явление представляет собой одну из адаптивных форм существования вида и в зависимости от требований конкретной ситуации способна к быстрой перестройке вплоть до рассеяния. Биологический смысл стай многообразен (Радаков, 1972).

Наблюдения за количественным распределением кальмаров на каждой световой станции, отражающим особенности стаяобразования, показывают, что в течение всего года кальмары чаще встречаются поодиночке или же в составе мелких (три-восемь особей) стай (51,5%) (табл. 3). Отдельные вопросы стайного поведения *O. pteropus* были рассмотрены Ч. М. Нигматуллиным (1972), поэтому здесь они не рассматриваются. Скопления кальмаров, оцениваемые как "десятки" (30,0%), в действительности состоят из многих мелких стай, которые концентрируются в одном месте, благоприятном по своим кормовым условиям. Крупные, состоящие из многих сотен и тысяч особей скопления встречаются не слишком часто (5,8%). Биологический смысл таких скоплений двоякий, в одних случаях это — нерестовые скопления, в других — нагульные.

Согласно данным табл. 3, плотность распределения кальмаров неодинакова на протяжении года. Зимой она заметно выше: 38,2%

кальмаров образуют стаи, оцениваемые как "десятки", и 10,2% - "сотни" (рис.5). Иная картина наблюдается летом: только в 27,6% случаев кальмары наблюдались в виде стай. Из них 24,7% - это "десятки" и 2,9% - "сотни". Большинство кальмаров (58,0%) рассеяно в пелагиали в виде мелких стаяк или поодиночке. Особенно сильные различия обнаруживаются, как видно, в частоте встречаемости крупных скоплений. Летом крупные скопления встречаются втрое реже, чем зимой.

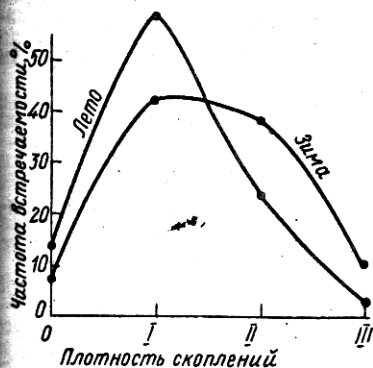


Рис.5. Зависимость количественного распределения кальмаров от сезона года. Условные обозначения те же, что на рис.4.

Обнаруженное явление не случайно и может быть объяснено экологическими и физиологическими причинами. Как упоминалось выше, зимой площадь видового ареала *O. rtergorus* значительно сокращается, что должно сопровождаться количественным перераспределением кальмаров по акватории. Именно это и наблюдается в действительности: уменьшается относительное количество "пустых" станций и увеличивается число наблюдаемых крупных стай. Зимние скопления являются в основном преднерестовыми и нерестовыми, содержащими созревающих и зрелых самок с большими надпочечными железами и крупными яйцами в яйцеводах и яичниках. Они сосредоточены в экваториальной зоне Центральной Атлантики. Летом основная часть популяции *O. rtergorus* находится в состоянии нагула, рассредоточиваясь по всему ареалу. Основные скопления в этот сезон известны в прибрежных продуктивных зонах.

Выводы

1. Ареал *O. pteropus* в Восточной Атлантике простирается через всю тропическую зону. Его северная граница у побережья Африки зимой находится на $20-22^{\circ}$ с.ш., а летом – на $30-32^{\circ}$ с.ш. Южная граница ареала менее подвержена сезонным колебаниям, на протяжении всего года она прослеживается на $20-23^{\circ}$ ю.ш. Пространственные колебания границ ареала, особенно сильные в северном полушарии, тесно связаны и определяются более общими планетарными климатическими изменениями, и в частности, сезонными изменениями термического режима океана. В результате площадь видовой ареала *O. pteropus* зимой сильно сокращается.

2. В пределах ареала кальмары распределены неравномерно. Наряду с малопродуктивными областями существуют высокопродуктивные "пятна", наблюдающиеся на протяжении всего года. Развитие "пятен" высокой продуктивности территориально совпадает с развитием системы вертикальной циркуляции вод, в частности с зонами дивергенций.

3. Зимой плотность скоплений кальмаров возрастает, так как она обусловлена действиями двух основных факторов: сокращением ареала и развитием массового нереста в экваториальной зоне Центральной Атлантики. Крупные, насчитывающие сотни особей стаи зимой встречаются втрое чаще, чем летом.

4. В течение всего года скопления *O. pteropus* могут с успехом эксплуатироваться в различных районах океана. Зимой основные районы скоплений находятся в экваториальной зоне Центральной Атлантики вдали от материков, летом значительные скопления наблюдаются в мористой части вдоль всего побережья Африки.

Л и т е р а т у р а

Богуславский С.Г., Гансон П.П., Колесников А.Н., Громова И.И. 1970. Исследование пассатной зоны Атлантики в 24-м рейсе нис "Михаил Ломоносов". – В сб.: Морские гидрофизические исследования, № 2(48), Севастополь.

Буруковский Р.Н., Нигматуллин Ч.М., Роменский Л.Л. 1970. Сырьевые ресурсы промысловых беспозвоночных Западной Африки. – В сб.: Современное состояние биологической продуктивности и сырьевых биологических ресурсов Мирового океана и перспективы их использования, Калининград.

Вовк А.Н., Нигматуллин Ч.М. 1972. О биологии и промысле массовых головоногих моллюсков Атлантики. – Труды АтлантНИРО, в. 42, Калининград.

Вовк А.Н., Нигматуллин Ч.М. 1972а. Материалы к распределению крылоногого кальмара *Onychostruthus pteropus* Steenstrup, (1855) в тропической зоне Восточной Атлантики. – Труды АтлантНИРО, в. 42. Калининград.

Грузов Л.Н. 1971. Формирование скоплений зоопланктона в прибрежной Гвинейского залива. - В сб.: Продуктивная зона экваториальной Атлантики и условия ее формирования, Калининград.

Зуев Г.В., Несис К.Н. 1971. Кальмары. Изд. "Пищ.пром.", М.

Колесников В.Г., Мратов К.Я. 1970. Вертикальная циркуляция вод и сезонные миграции рыб у побережья Западной Африки. - В сб.: Атлантический океан, в.3, Калининград.

Копытов В.И. 1969. О влиянии гидрологических условий на образование промысловых скоплений тунцовых рыб в Центральной Атлантике. - В сб.: Атлантический океан, в.1, Калининград.

Кондаков Н.Н., Мартинсен Г.В. 1964. Перспективы развития промысла кальмаров. - Сборник научно-технической информации АН УССР, № 2.

Мратов К.Я. 1971. Об основных дивергенциях и конвергенциях вод восточной части Тропической Атлантики. - В сб.: Атлантический океан, в.34, Калининград.

Нигматуллин Ч.М. 1972. К вопросу о стадном поведении крыло-рукого кальмара *Onychoteuthis pteropus* Steenstrup. - В сб.: Поведение водных беспозвоночных, Борок.

Палий Н.Ф. 1967. Зоны дивергенции и конвергенции поверхностных течений Тропической Атлантики. - Труды АтлантНИРО, в.18, Калининград.

Палий Н.Ф. 1971. О вертикальной циркуляции в западной части Гвинейского залива. - В сб.: Продуктивная зона Экваториальной Атлантики и условия ее формирования, Калининград.

Радаков Д.В. 1972. Стайность рыб как экологическое явление. "Наука", М.

Седых К.А., Лутошкина Б.Н. 1971. Гидрологические аспекты формирования экваториальной продуктивной зоны в Гвинейском заливе. - Труды АтлантНИРО, в.37, Калининград.

Филиппова Ю.А. 1969. Массовые виды кальмаров Атлантического океана и перспективы их промыслового освоения. - Тр. АтлантНИРО, в.22, Калининград.

Ханайченко Н.К. 1971. Абиотические условия развития планктона в тропической Атлантике. - В сб.: Планктон и биологическая продуктивность Тропической Атлантики. "Научная думка". К.

Clarke M.B. 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids. - Adv. mar. biol., 4.

Voss G.L. 1968. The Cephalopod resources of the Caribbean sea and adjacent regions. - Inst. Mar. Sci. Univ. of Miami, Ms.

Voss G.L. 1966. The pelagic mid-water fauna of the eastern tropical Atlantic with special references to the Gulf of Guinea. Proc. Symp. on oceanogr. and fisheries resources to Tropical Atlantic. Abidjan.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ВНУТРИВИДОВЫХ ГРУППИРОВКАХ
В ТРОПИЧЕСКОЙ АТЛАНТИКЕ (CERPHALOPODA; MOLLUSCA)

Г.В.Зуев

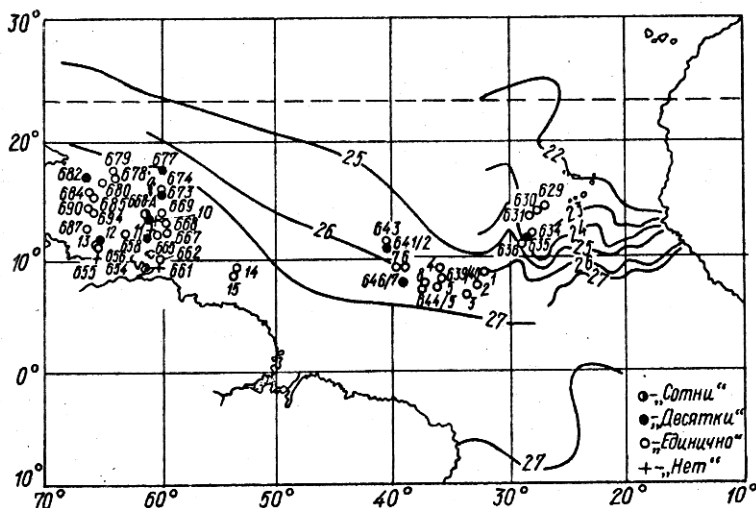
Исследование популяционной структуры видов растений и животных - выявление внутривидовой изменчивости и выделение локальных популяций - имеет важное значение как в теоретическом плане, так и для рационального использования природных ресурсов, особенно промысловых организмов. Настоящая работа посвящена исследованию географической изменчивости океанического кальмара *O. pteropus* - массового эпипелагического вида Тропической Атлантики с целью выяснения его популяционной структуры и характера внутривидовых отношений. В основу работы положены данные 7-го рейса н/с "Академик Вернадский".

Условия жизни в пелагиали отличаются определенным своеобразием, которое заключается прежде всего в сильной зависимости организмов от условий среды. Особенно широко известно влияние температуры воды на жизнедеятельность гидробионтов.

Гидрологическая характеристика эпипелагиали

В гидрологическом отношении исследуемый район (см. рисунок) представлен различными структурами вод и различными типами водных масс. В его восточной части к юго-западу от островов Зеленого Мыса (станции 629-636) находится обширная зона дивергенции Северного Пассатного и Межпассатного (Экваториального) течений, для которой характерно усиление процессов вертикальной циркуляции с образованием областей подъема вод и, соответственно, районов повышенной биологической продуктивности. Температура поверхностного слоя воды в этом районе составляет 23,8-24,6°C. Подъем глубинных вод, обогащенных минеральными солями, отмечался на станции 635. К этой же станции приурочены скопления кальмаров *O. pteropus*.

Район исследований в Центральной тропической Атлантике (станции I-8; 639-647) занят водами с температурой поверхностного слоя 26-27°C. По своему происхождению это - тропическая водная масса, довольно однородная по своей структуре, процессы вертикальной циркуляции в которой выражены довольно слабо. Одной из основных причин ослабления вертикальной циркуляции вод в этом районе является, по-видимому, постепенное увеличение глубины залегания слоя температурного скачка по сравнению с Восточной Атлантикой. Биоло-



Район исследований в 7-м рейсе н/с "Академик Вернадский" (май - июль 1973 г.)

гическая продуктивность вод незначительна. Некоторое исключение представляет расположенная в северо-западной точке исследованного района станция 641-3, где отмечены скопления кальмаров. В соответствии со схемой геострофической циркуляции поверхностных вод в Атлантическом океане (Булатов, 1971), эта станция оказывается в зоне дивергенции, простирающейся в виде постепенно сужающейся полосы через весь океан от островов Зеленого Мыса до побережья Южной Америки.

В прикарибском районе Атлантики (станции 662-667) поверхностный слой воды прогрет до $27,3-27,7^{\circ}$. Он сформирован водами Южного и Северного пассатных течений, в значительной мере трансформированных в экваториальной зоне. Слой температурного скачка выражен неощутливо, вертикальная циркуляция очень слабая. Только на самой северной станции 667 гидрологического разреза по 60° з.д. наблюдается подъем изотерм. На этой же станции были встречены кальмары, принадлежащие к виду *O. variegatus*, населяющего субтропические и умеренные воды Атлантики. В данном случае это - самая южная точка обнаружения *O. variegatus* в Западной Атлантике. По-видимо-

му, где-то недалеко расположена область подъема холодных глубинных вод, с которыми кальмары проникают так далеко на юг.

Биологическая характеристика кальмаров

В Восточной Атлантике видовое население кальмаров *O. pteropus* представлено особями обоих полов. Длина мантии самок варьирует от 13 до 43,5 см, длина самцов - 14,5-20,5 см. Среди самок преобладают особи длиной 20-23 см (более 40% улова), многочисленны также самки длиной 13-17 см (около 30%), крупные же самки больше 30 см составляют только 12%. Несмотря на столь значительные различия в размере в отношении развития органов репродуктивной системы самки однородны - все они без исключения неполовозрелые (стадии зрелости половых желез самок I и II). С увеличением абсолютных размеров тела происходит постепенный рост и развитие их половой системы. Все самки неоплодотворенные - на буккальных мембранах не обнаружено остатков сперматофоров.

Среди самцов встречаются молодые неполовозрелые особи и взрослые со зрелыми сперматофорами в ниджемовом органе. Среди взрослых самцов встречаются особи с относительно длинными и короткими сперматофорами. Длина так называемых "длинных" сперматофоров - 16,5-19,5% длины мантии при их абсолютных размерах 3,3-3,6 см, относительная длина "коротких" сперматофоров всего 13-15% при абсолютной их длине 2,6-2,8 см (при одинаковых размерах тела самцов). Самцы становятся половозрелыми при длине 18,5 см. По своей численности самцы значительно уступают самкам. Соотношение полов близко 5:1.

Кальмары интенсивно питаются, особи с пустыми желудками встречаются очень редко. По-видимому, в этом районе летом происходит нагул молоди, которая мигрирует сюда из репродуктивной области ареала данной популяции. Учитывая относительно большую численность мелких особей, можно предполагать, что область размножения данной популяции должна находиться недалеко. Гидрологические условия данного района вполне соответствуют высказанной точке зрения относительно функционального состояния популяции.

В Центральной тропической Атлантике размерный ряд кальмаров аналогичен таковому предыдущего района. По наблюдениям и уловам их длина мантии варьирует от 10 до 40 см (в одном случае длина самки составляла 45 см). Среди самок преобладают особи длиной до 25 см (около 80%), особи крупнее 30 см составляют только 5-6%. Размерный ряд самцов варьирует от 17,5 до 21 см.

Половая структура популяции самок довольно сложная: в уловах встречаются самки разной степени зрелости (стадии I-Y). В соответствии с различиями в скорости полового созревания все самки могут быть разделены на две группы (при отсутствии сколько-нибудь заметных внешних различий). Самки первой группы становятся половозрелыми (стадия IV) при длине мантии 24-25 см, при длине 27 см они созревают все. Их максимальные размеры не превышают 30-32 см. Самки второй группы созревают позднее и, соответственно, их предельные размеры больше. В уловах все самки этой группы оказались неполовозрелыми (стадии зрелости I-III). Единственная самка длиной 45 см имела в яйцеводах крупные зрелые яйца, однако ее принадлежность именно к этой популяции (биологически специфичной группировке) не является бесспорной для нас.

Среди мелких самок преобладают неполовозрелые длиной 17-23 см (более 70%). Индивидуальные значения коэффициента зрелости половозрелых самок - 4,8-13,5.

Среди группы крупных самок наиболее многочисленны особи длиной 23-27 см (65%), размерная группа от 30 до 40 см не превышает 10%, и совсем нет мелких (меньше 20 см) самок. Эти самки по характеру развития и состоянию половых желез по отношению к абсолютным размерам тела идентичны самкам из Восточной Атлантики и составляют с последними, по-видимому, единую биологически специфичную популяцию. Подавляющее большинство самок неоплодотворенные.

Среди самцов вновь обнаружены особи с короткими и длинными оперматофорами, хотя и те и другие созревают при одинаковых размерах тела (18,5 см). Самки во много раз многочисленнее самцов, соотношение полов 7:1.

Кальмары из Западной тропической Атлантики (станции 14,15), прикарбского района (станции 662-667) и Карибского моря по своей биологии и размерному составу одинаковы. Они представлены всеми размерно-возрастными группами от мелких 5-6-сантиметровых особей до крупных экземпляров длиной 36-38 см. Преобладают три размерные группы - это особи длиной 16-19 см (более 40%), 23-25 см (около 20%) и 28-30 см (около 10%), более крупные кальмары составляют только 5,5%. Самцы немногочисленны, их приблизительно в 6 раз меньше, чем самок. Половая структура популяции самок сложная. Наряду с половозрелыми взрослыми особями длиной 17-18 см встречаются одновременно значительно более крупные (длиной 32-33 см) неполовозрелые самки, в яичниках которых еще нет созревающих и зрелых яиц. По скорости роста и развития половых желез в онтогенезе

удалось выделить три группы самок. Самки первой группы созревают при длине 17 см, а их максимальные размеры чаще всего не превышают 25 см. В уловах эти самки наиболее многочисленны, они составляют почти половину (точнее 48%) общего количества самок. Темпы полового созревания их велики: при длине 20 см все они половозрелые. Индивидуальные значения коэффициента зрелости самок варьируют от 3,7 до 13,6.

Самки второй группы созревают при длине 24-25 см и вырастают до 30 см. Их доля в уловах достигает 40%. Значения коэффициента зрелости для них 4,7-13,5.

К третьей группе принадлежат самые крупные (длиной до 38 см) и самые малочисленные (12% в уловах) самки, созревающие при длине мантии 31-32 см. Значения коэффициента зрелости для этих самок составляют 4,8-7,2 и лишь в одном случае коэффициент зрелости был 21,8 (в яйцеводах самки было около 80% зрелых яиц). Абсолютная плодовитость ее - 1 115 000 яиц.

Самцы по размерам сильно уступают самкам, самый крупный среди них был длиной 21 см. Созревают самцы при длине 13,5 см.

Элементы популяционной структуры вида *O. pteropus*

На основе описанных выше морфо-физиологических различий между самками из разных географических районов Тропической Атлантики можно сделать вывод о том, что видовое население *O. pteropus* далеко неоднородно в пределах своего ареала, несмотря на отсутствие резких отличий в условиях среды. В исследованном районе обнаружены по крайней мере три биологически специфичные внутривидовые группировки. Крупные самки длиной 38-43,5 см, населяющие воды Восточной, Центральной и Западной Атлантики включая Карибское море, принадлежат к единой популяции, которую мы будем далее именовать К а н а р с к о й. Представители этой популяции распространены наиболее широко (и возможно, наиболее многочисленны) по сравнению с остальными и населяют водные массы, различные по структуре и происхождению. В Восточной Атлантике стацией Канарской популяции являются водные массы северного субтропического антициклонического круговорота, представленные Канарским и Северным Пасатным течениями, вторичные водные массы широтных течений и нейтральные области (западная и восточная) с Карибским морем.

Основой ареала Канарской популяции является, по-видимому, восточная нейтральная область между северным субтропическим и северным тропическим круговоротами, где развивается довольно ус-

стойчивый циклонический круговорот, образуемый Канарским, Северным Пассатным течением и Межпассатным противотечением. Основу ареала населяет независимая, способная к постоянному самостоятельному размножению популяция.

Жизненный цикл Канарской популяции представляется следующим образом. Из основного района размножения в Северо-Восточной тропической Атлантике (циклонический круговорот и прилежащие воды) молодь активно расселяется за пределы репродуктивной области популяционного ареала главным образом в южном и западном направлениях. Распространению же молоди на север препятствует низкая температура воды (ниже $16-17^{\circ}$), которая является основным ограничивающим фактором. Основная часть молоди держится вместе, образуя скопления в продуктивной зоне открытого океана в зоне дивергенции Северного Пассатного и Межпассатного течений южнее и юго-восточнее островов Зеленого Мыса. Летом и осенью по мере прогрева вод в Северном полушарии молодь мигрирует вдоль Африканского побережья в северном направлении и в сентябре достигает островов Мадейра, где в это время поверхностный слой воды прогревается до $22-23^{\circ}$. Начало зимнего охлаждения в октябре вызывает перемещение кальмаров обратно на юг в репродуктивную область. К зиме молодые кальмары в массе достигают половой зрелости. Начало нереста приходится на зиму (январь-февраль). Возможно, что нерест растянут во времени и даже продолжается в течение всего года, однако его пик выражен в зимне-весенний сезон года, так что в отношении этой популяции можно говорить о сезонном характере размножения.

Однако какая-то часть молоди, мигрирующая из репродуктивной области ареала, вновь туда не возвращается, расселяясь в пределах обширного видового ареала, где ведет в основном одиночный и кочевой образ жизни. Как следует из наших данных, в Центральной Атлантике обитают только молодые еще неполовозрелые особи Канарской популяции, и лишь в прикарибском районе и в Карибском море вновь обнаружены взрослые крупные самки. По нашему мнению, эти самки могут принадлежать к той части Канарской популяции, которая пересекает океан. С точки зрения внутривидовых взаимоотношений, она представляет собой суперпопуляцию (Беклемишев, 1969), внутри которой невозможно взаимодействие особей по всей акватории из-за обширных размеров последней. С точки зрения морфологической структуры популяции, учитывающей ее состав, из популяций низшего порядка это — сложная популяция. И наконец, с точки зрения меж-

популяционных отношений (функциональной структуры) – это комплекс популяций.

Биологически специфичную популяцию из Центральной и Западной Атлантики, населяющую тропические водные массы с высокими температурами, в частности воды Межпассатного противотечения, мы выделяем в межпассатную популяцию. Основа ареала этой популяции, по-видимому, находится в пределах северного тропического круговорота, где существует либо единая независимая популяция, либо несколько, в разной мере взаимодействующих между собой.

Жизненный цикл межпассатной популяции имеет ряд отличительных черт от канарской и представляется в следующем виде. Прежде всего здесь нет резко выраженного сезонного пика размножения и протяженных миграций молоди, поскольку смена сезонов года на акватории, занятой этой популяцией, выражена слабее. Черты сезонности размножения все же сохраняются, о чем может свидетельствовать многочисленность в летние месяцы (июнь–июль) впервые созревающих самок (стадия зрелости IV) и довольно малыми значениями коэффициента зрелости. Очевидно, летом интенсивность нереста Межпассатной популяции несколько снижается и вновь усиливается с наступлением зимы.

Размножение происходит во всему ареалу, так как неполовозрелые, но уже оплодотворенные, с одной стороны, и взрослые половозрелые самки, с другой, встречаются повсеместно. В результате отличается и функциональная структура ареала Межпассатной популяции – репродуктивная и нагульная области ее ареала территориально совмещены.

Обнаруженная в Западной Атлантике и Карибском море мелкая популяция *O. pteropus* ограничена в своем распространении наиболее высоко прогретыми тропическими водами. Ее ареал находится в зоне экваториальной дивергенции, простирающейся в общей сложности от Гвинейского залива – на востоке, до побережья Южной Америки – на западе, в западной нейтральной области между северным субтропическим и тропическим круговоротами и в Карибском море. Она представлена, вероятно, рядом более мелких независимых популяций, в разной степени взаимодействующих между собой. По особенностям своего жизненного цикла и функциональной структуре ареала эта популяция, названная нами экваториальной, близка к межпассатной популяции.

Сопоставляя межпопуляционные различия в скорости роста и полового созревания кальмаров с условиями их обитания, можно отме-

тять, что одним из определяющих факторов этого является температура воды. Быстрым ростом и ранним созреванием при относительно небольших размерах отличаются кальмары экваториальной популяции, ареал которой занимает район с температурами поверхностного слоя, как правило, выше $26-27^{\circ}\text{C}$.

Оособи канарской популяции, населяющие северо-восточную и северную окраины видового ареала, где температура воды составляет $17-25^{\circ}\text{C}$, при значительно более крупных размерах тела медленно растут и поздно созревают. Представители межпассатной популяции занимают промежуточное положение между рано и поздно созревающими формами.

Исходя из отношения кальмаров разных популяций к температуре воды, можно видеть, что эволюция этого вида шла в направлении приобретений и развития приспособлений к обитанию при все более низких температурных условиях. Из центра ареала, который, очевидно, первоначально занимал только район наиболее высоко прогретых вод вблизи экватора (в западной или восточной части океана) кальмары постепенно расселялись в более высокие широты Северного и Южного полушарий, образуя на своем пути местные группировки. В Северном полушарии дальше остальных мигрировала Канарская популяция, заселившая к настоящему времени обширную область в северо-восточной части тропической зоны Атлантики. Более того, с летним прогревом вод эта популяция проникает к северу до 35° с.ш. и достигает островов Мадейра.

Популяционные ареалы оказываются тесно связанными с температурой воды. Температурный фактор играет основную роль в ограничении горизонтального распространения кальмаров (и, по-видимому, вертикального тоже), относящихся к быстроплавающим нектонным формам, оказываясь таким образом своеобразным экологическим барьером для беспрепятственного смещения в океанской пелагиали видового населения.

Экологическая структура популяций определяется характером горизонтальной циркуляции вод, повторяя структуру деформационного поля Атлантического океана. Количественное же распределение кальмаров в эпипелагиали, как и других экологически близких форм, обуславливается в первую очередь трофическими причинами.

Выводы

1. Несмотря на отсутствие устойчивых внешних различий, видовое население эпипелагического кальмара *O. pteropus* неоднородно и по своим морфо-физиологическим характеристикам может быть расчле-

нено (по крайней мере в исследованном районе) на три биологически специфичные популяции.

2. Канарская популяция, представленная крупными (до 40-43,5 см) особями, населяет все типы водных масс в пределах тропической зоны Атлантики. Основа ее ареала находится в северо-восточной части тропической зоны, где обитает независимая популяция. Стацией Канарской популяции являются водные массы северного субтропического круговорота, восточная и западная нейтральные области, Карибское море. Межпассатная популяция населяет тропические воды Центральной и Западной Атлантики с температурой поверхностного слоя не ниже 24-25°C. Основой ее ареала является северный субтропический круговорот (его южная периферия) и западная нейтральная область. Экваториальная популяция населяет наиболее высоко прогретые воды экваториальной Атлантики и Карибское море, где образует ряд независимых популяций. Отличается быстрым ростом и ранним созреванием при небольших (24-25 см) размерах тела.

3. Характер и интенсивность взаимодействия между популяциями различны и полностью определяются структурными особенностями деформационного поля Атлантики. В направлении северо-восток - юго-запад увеличивается интенсивность смешения разных популяций и усложняется функциональная организация вида.

4. Районы образования скоплений *O. pteropus* на исследованной акватории немногочисленны и локальны по своим масштабам. К их числу принадлежит район Восточной Атлантики (станция 635), где обнаружен подъем глубинных вод, очевидно, в зоне дивергенции Северного Пассатного и Межпассатного течений. Второй район находится в Центральной Атлантике (станция 641-3), также в зоне дивергенции. Третий район расположен в Карибском море (станция 668 А), где его развитие обязано дивергенции струй течения, идущего через пролив между островами Сент-Люсия и Сент-Винсент из Атлантического океана.

Л и т е р а т у р а

- Беклемишев К.В. 1969. Экология и биогеография пелагиали. "Наука", М.
Булатов Р.П. 1971. Исследование циркуляции и переноса вод Атлантического океана. - Океанологические исследования, № 22. "Наука", М.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАДИАЦИОННОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ ОКЕАНОВ

Г.Г.Поликарпов, А.Г. Бенжипкий, В.Н.Егоров, В.Г.Цыгулина

Согласно В.А.Водяницкому (1953), "продуктивность водоема есть результат жизнедеятельности организмов в условиях среды данного водоема". С этой точки зрения весьма интересно выяснить механизмы распределения и миграции радиоактивных и химических веществ в эвфотической зоне пелагиали Мирового океана, а также судьбу живого вещества (по акад. В.И.Вернадскому) в ноосфере - изменяемой человеком природе.

Программа исследований отдела радиационной и химической биологии ИнБЮМ АН УССР предусматривала получение следующей информации:

1. Живое вещество в океанах, его поля и роль в миграции радиоактивных и химических веществ (плейстон, нейстон и эпизопланктон):

а) общая характеристика распределения сестона в Атлантическом и Тихом океанах;

б) биологические поля, их микроструктура и хемозкологическое значение;

в) некоторые конкретные вопросы хемозкологии населения эпипелагиали;

г) распределение в океанах биологически активных соединений, содержащих изотопные носители радионуклидов.

2. Экологические исследования загрязненности океанических организмов и их биотопов:

а) гамма-спектры;

б) способность океанических гидробионтов концентрировать радионуклиды - загрязнители среды;

в) другие загрязнения - нефтяные агрегаты;

г) фон хромосомной изменчивости у океанических животных из географически удаленных районов.

Полученные экспериментальные данные являлись основой для создания математических моделей, обеспечивших постановку и эффективное решение всеусложняющихся задач и проблем.

Применявшиеся нами методы сборов планктона, нейстона и плейстона описаны соответственно М.Е.Виноградовым (1968), Ю.П.Зайцевым (1970) и А.И.Савиловым (1969). Радиоэкологические и хемозкологические методы и принципы отражены в книгах "Радиоэкологические исследования Средиземного моря" (1970), "Морская радиоэколо-

гия" (1970), "Витаминные ресурсы" (1961), "Радиационная и химическая экология гидробионтов" (1972), "Хемирадиоекология пелагиали и бентали" (1974).

В четвертом рейсе были продолжены работы по математическому обеспечению биологических исследований во время экспедиции, начатые во 2-м рейсе нис "Академик Вернадский". Созданы алгоритмы, отражены в символах Алгол-60 и реализованы посредством транслятора ТАМ-22 шесть вычислительных программ для ЭВМ "Минск-22". Программы предназначены для обработки данных биологических наблюдений.

1. Программа определения случайности расположения вариант выборок.

2. Программа сравнения выборок, варианты которых распределены по нормальному закону.

3. Программа вычисления корреляционных соотношений.

4. Программа расчета коэффициентов накопления, вычисления и табличного вывода средних значений, доверительных интервалов средних и характеристик варьирования вариант выборок, распределенных нормально.

5. Программа вычисления количественных характеристик биологических обзоров и некоторые другие.

6. Программа сравнения коэффициентов корреляции и линейных регрессионных зависимостей.

Программы математического обеспечения позволяют до 40 раз уменьшить затраты времени на этапе обработки данных.

Перечень станций наших работ на общесудовых станциях представлен на карте 4-го рейса нис "Академик Вернадский" (рис.1).

1. Живое вещество в океанах, его поля и роль в миграции радиоактивных и химических веществ (плейстон, нейстон и эпизоопланктон)

Понятие "живое вещество" применяется здесь в определении акад. В.И. Вернадского, как совокупность живых организмов (В.И. Вернадский, 1965).

Общая характеристика распределения сестона в Атлантике и Тихом океане

В работах применялись сети Джели и МНТ с газом № 23 и 35.

На карте (рис.2) представлена картина распределения сестона (газ № 23) в приповерхностном слое (0,0-20 см) и для сравнения в слое 0-50 м, на которой выявляются довольно высокие концентрации приповерхностного сестона вдоль экватора в Тихом океане с тенден-

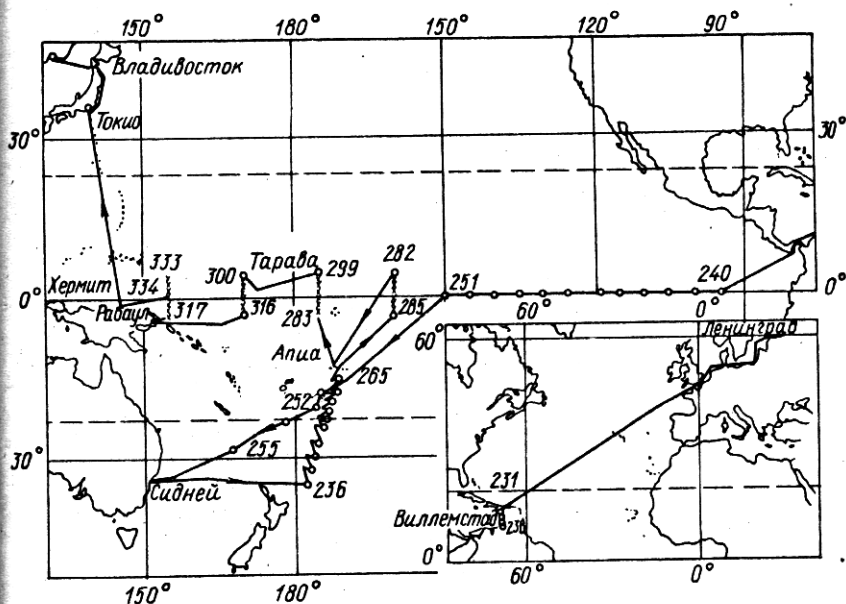


Рис. I. Схема маршрута 4-го рейса нис "Академик Вернадский".

щей к увеличению с запада на восток (навстречу течению). Достоверно больше сестона на горизонте 0-50 м в экваториальной зоне Тихого океана (станция 47, среднее из 70 проб), чем в Карибском море (станция 6-10, среднее из десятка проб). Аналогичное заключение относится и к сестону приповерхностного слоя (0-20 см) этих станций. Распределение сестона на меридиональном разрезе в Тихом океане представлено в табл. I.

Биологические поля, их микроструктура и хемозкологическое значение

Во 2-м рейсе нис "Академик Вернадский" нами было определено, что распределение компонентов плейстонно-нейстонного комплекса составляет пирамиду полей разной градации. В 4-м рейсе такое же исследование мы провели в Тихом океане. В табл. 2 и на рис. 3 отражается общность структуры биополей в двух различных районах. В

Т а б л и ц а I

Распределение сестона в слое 0–50 м на разрезе в
Тихом океане

Станция отряда (судовая)	Координаты		Время суток	Количество сестона, мг/м ³
	Широта	Долгота		
39(268)	3°00 ю.	160°00 з.	16 ч 33 м	59
40 (272)	1°00 ю.	160°00 з.	17 ч 55 м	4
42 (276)	1°00 с.	160°05 з.	11 ч 00 м	202
			11 ч 09 м	88
43 (282)	3°52 с.	159°52 з.	20 ч 08 м	200

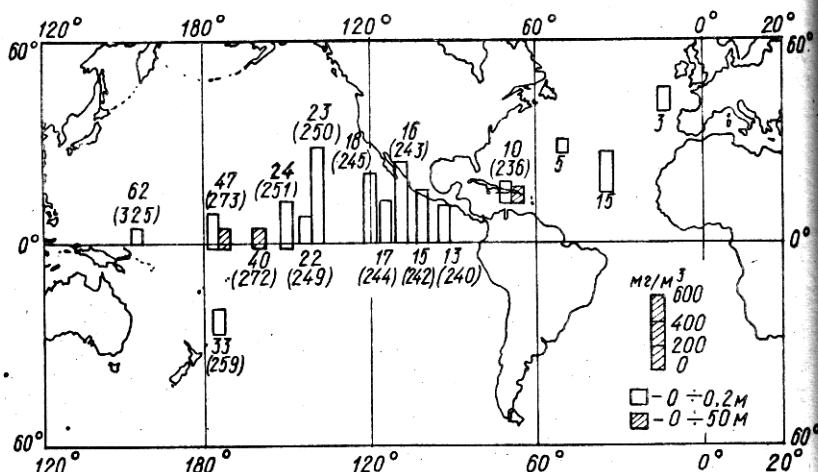


Рис.2. Распределение сестона в приповерхностном (0,0–0,2 м) и верхнем эуфотическом слое (0–50 м) в Атлантике и Тихом океане. Цифры – номера станций.

распределении видов гидробионтов на поверхности океанов преобладает рассеянное состояние и наименьшая частота встречаемости относительно крупных полей (в пределах изучаемого района). Для полигона в Атлантике не изображены поля, охватывающие всю протяженность дрейфа, образованные четырьмя компонентами: представителем гиперид, салп, слизистыми образованиями (по-видимому, после гибели салп) и нефтяными агрегатами.

На рис.4 изображено распределение частот полей различных градаций, показана крайняя неравномерность чередования количеств

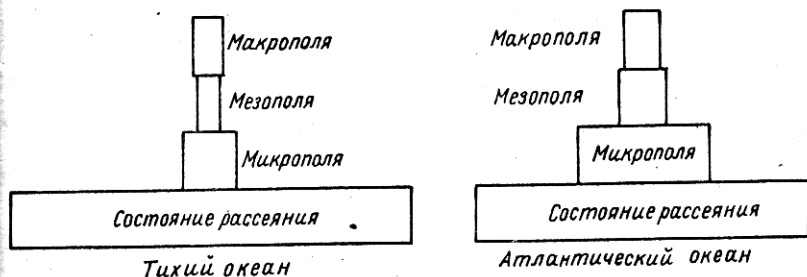


Рис.3. Пирамиды частот полей разной градации.

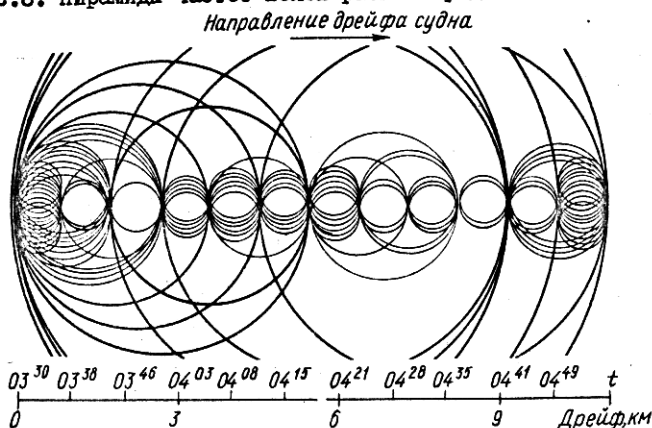


Рис.4. Распределение биологических полей и состояния рассеяния (конкретный пример).

и типов полей в пределах 11 км дрейфа за полтора часа. Сходная картина получена нами на океанографическом полигоне в Центральной Атлантике (в 1970 г.)

Предпринятый биогеоценологический подход к изучению распределения живого вещества должен послужить приближению понятий биологического поля к понятиям физических и химических полей.

Познание структуры и динамики биологических полей откроет пути изучения биогеохимических механизмов миграции и распределения химических веществ в биогеоценозах пелагиали.

Некоторые вопросы хемэкологии населения эпипелагиали

На рис.5 представлены в сопоставимых единицах концентрации популяций (биомассы) массовых видов копепод Карибского моря и принятые концентрации редких, радиоактивных и микроэлементов в морской воде.

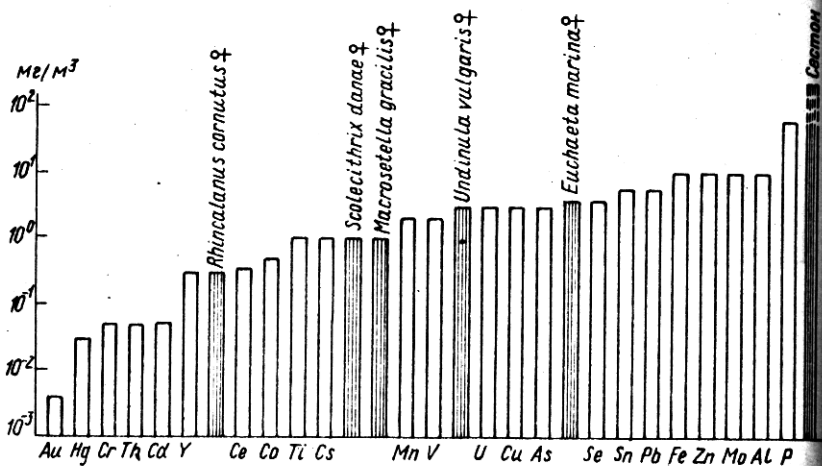


Рис. 5. Сопоставление биомасс массовых видов копепод Карибского моря и концентраций радиоактивных, редких, рассеянных и микроэлементов.

От этой картины реального соотношения биогеохимического фактора — живого вещества и собственно химических элементов можно перейти к выяснению роли живого вещества в их миграции. Приведем близкий нам пример.

Коэффициент накопления природного минерального кобальта у планктонных организмов составляет величины порядка сотен (и даже 10 000 в случае сагитт), а коэффициент накопления кобальтсодержащего биологически активного вещества — витамина B_{12} — доходит до сотен тысяч, т.е. переход кобальта в форму витамина B_{12} резко повышает его миграционные способности. Концентрация витамина B_{12} в морской воде на один-два порядка величин меньше таковой кобальта, но несравненно более высокие коэффициенты накопления биохимически оформленного кобальта поднимают его до высоких концентраций в организмах. Дальнейшие исследования выявят долю минерального и "биохимического" кобальта в живом веществе. Не исключено, что значительное количество кобальта в организме морских растений и животных представлено витамином B_{12} и продуктами его трансформации.

Т а б л и ц а 2

Характеристика биологических полей (горизонт
0-20 см) в Атлантике и Тихом океане

Тип поля	Частота встречаемости в последовательном ряду проб	Примеры протяженности поля (м) в зависимости от дрейфа	
		Атлантика	Тихий океан
Состояние рас- сеяния	1-2	< 500	2000
Состояние поля	3	> 500	> 2000
микрополе	3-5	< 1500	< 5000
в т.ч. миниполе	3	< 1000	3000
мезополе	6-10	< 2500	< 10000
макрополе	11-20	< 5000	< 20000
максиполе	> 20	> 5000	> 20000

В дальнейшем привязка таких данных к сложной структуре и динамике биологических полей позволит количественно оценивать роль живого вещества как фактора миграции химических элементов "невиданной силы" (по акад. В.И.Вернадскому). Тогда станет возможным проследить конкретные пути включения и участия в общем круговороте веществ радионуклидов кобальта, представляющих радио-экологический фактор (рис.6,а).

Распределение в океанах биологически активных соединений, содержащих изотопные носители радионуклидов-металлов

Определено содержание кобаламинов в пробах плейстонно-нейстонного и планктонного комплексов Атлантического и Тихого океанов (рис.6,б). Установлена четкая зависимость концентрации кобаламинов от набора видов и количественных соотношений между ними в исследованных комплексах. Содержание кобаламинов различно у соответствующих отрядов животных - представителей плейстонно-нейстонного комплекса. По степени концентрирования кобаламинов изученные животные могут быть распределены в таком порядке: Mollusca (Pteropoda) - Crustacea (Copepoda, Amphipoda) (табл.3). Установлена биохимическая особенность Copepoda накапливать кобаламины в высоких концентрациях. Из шести изученных видов зеленых и бурых водорослей наиболее высокое содержание кобаламинов обнаружено у саргас-

Содержание кобаламинов в гидробионтах
Атлантического и Тихого океанов

Район лова	Вид гидробионта	Кобаламины, мг/г	
		в сыром ве- ществе	в сухом ве- ществе
Водоросли			
о.Бетио	CHLOROPHYTA		
	Ulva sp.	-	33,12±2,79
RHAEOPHYTA			
Станция 5	Sargassum natans	82,62±13,90	
Станция 7 (233)	Sargassum sp.1	-	75,21±4,64
Станция 42(276)	Sargassum sp.2	-	25,65±1,06
о.Уполу	Padina sp.1	-	35,11±2,88
о.Бетио	Padina sp.2	-	8,70±0,82
Плейстонно-нейстонный комплекс			
CHONDROPHORA			
Станция 3	Velella velella	14,15±3,91	-
Станция 38(268)	SIPHONOPHORA	10,39±1,64	-
Станция 29(250)	Physalia physalis	49,69±2,48	-
PTEROPODA			
Станция 49(297)	Cavolinia tridentata	205,29±12,91	-
COPEPODA			
Станция 30(256)	Neocalanus gracilis	132,68±9,26	-
Станция 34(261)	Pontellidae (G.sp.1)	153,98±15,06	-
Станция 3	Pontellidae (G.sp.2)	114,79±29,00	-
AMPHIPODA			
Станция 38(268)	Hyperiidea (G. sp.1)	135,23±11,64	-
Станция 52(306)	Hyperiidea (G.sp.2)	107,15±5,19	-
Станция 44(282)	Hyperiidea (G.sp.3)	159,13±8,99	-
Станция 3	Parathemisto gracili- pes	28,34±5,19	-
EUPHAUSIACEA			
Станция 30(256)	Euphausia mutica	53,01±2,50	-
DECAPODA			
Станция 5	Planus minutus	17,89±7,10	-
" "	Креветка саргассовая	27,27±5,87	-
HEMIPTERA			
Станция 43(282)	Halobates sp.	12,97±0,88	-
Рыбы			
сем. МУСТОРИДАЕ			
Станция 14(241)	печень	212,19±21,62	-
	гонады	106,72±17,26	-
	мышцы	32,73±5,06	-
сем. EXOSOEТИДАЕ			
Станция 49(297)	печень	138,51±9,01	-
	гонады	37,45±5,90	-
	мышцы	16,79±1,94	-

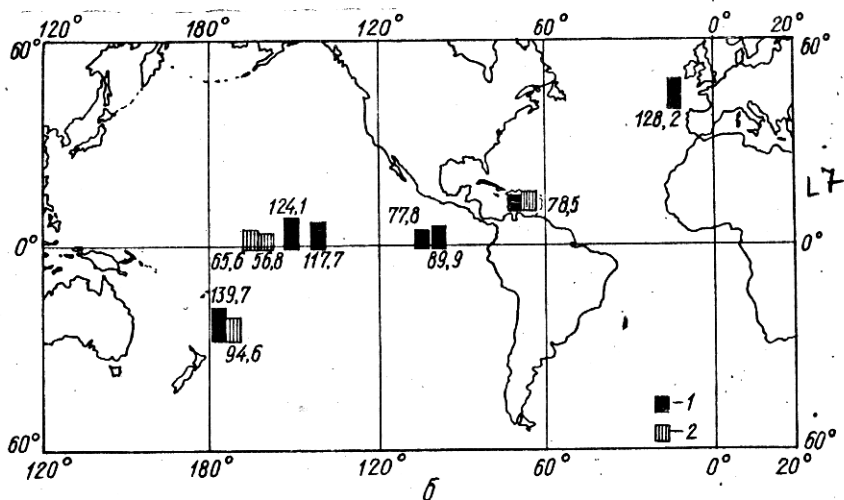
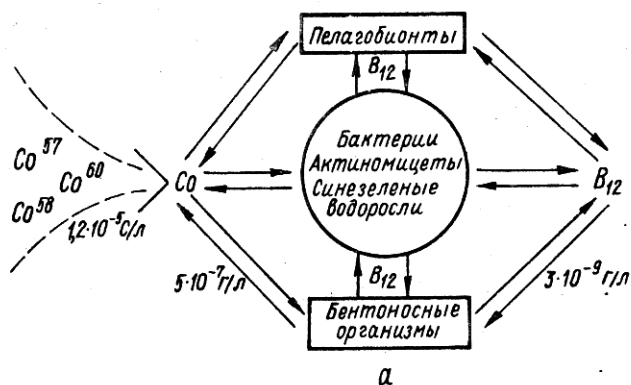


Рис. 6. Круговорот кобальта в пелагиали (а) и концентрации кобаламинов (нг/г сыр. веса) в гидробионтах (б):
1 - плейстонно-нейстонный комплекс; 2 - эпизоопланктонный комплекс.

совых водорослей. Показано, что различные виды рыб неодинаково депонируют кобаламины. Наибольшие его количества аккумулируются в печени; содержание кобаламинов в гонадах и мышцах в несколько раз меньше.

2. Экологические исследования загрязненности океанических организмов и их биотопов

Радиоактивное загрязнение

Сняты гамма-спектры проб различных макрофитов из Атлантики и Тихого океана с помощью кристалла NaJ (Tl) 40x40 см на установке "Тензор" АИ-128.

На рис. 7 видны характерные пики в зонах энергии 0,13; 0,5; 0,8 и 1,46 Мэв для проб зола саргассов из этих океанов. Они соответствуют гамма-излучению искусственно радиоактивных церия-144,

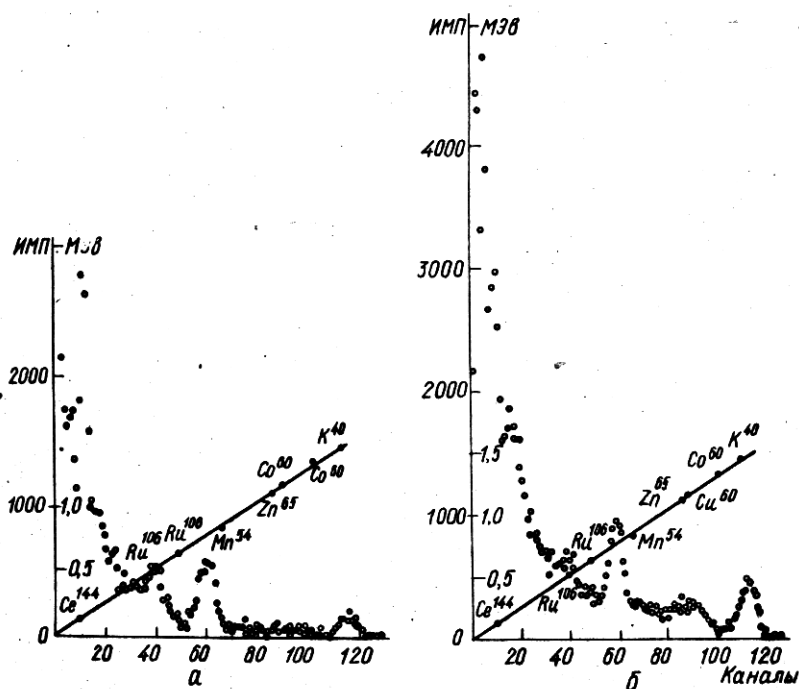


Рис. 7. Гамма-спектры саргассов из Саргассова моря (а) и Тихого океана (б).

рутения-106 и марганца-54, а также естественно радиоактивного калия-40. У падины не наблюдался пик калия-40, так как она относится к группе обедненных калием бурых водорослей (А.П.Виноградов, 1935).

Радиоактивное загрязнение отмечено, таким образом, как в макрофитах северного полушария (Атлантика, Саргассово море), так и южного (Тихий океан, Океания).

Изучение способности океанических гидробионтов концентрировать радионуклиды - загрязнители среды - проводилось в экспериментах с зоопланктонными организмами и важнейшими компонентами загрязняющих радионуклидов (из осколочных продуктов деления - церий-144 и из наведенных продуктов - кобальт-60). Выбор этих радионуклидов обусловлен тем, что ^{144}Ce представляет редкоземельную группу, а ^{60}Co - изотоп одного из наиболее жизненно важных микроэлементов, входящих как необходимый компонент в состав витамина B_{12} . Через 1 ч после начала аккумуляции изучавшихся радионуклидов планктонные организмы накапливают как кобальт-60, так и церий-144 в заметных количествах; через сутки коэффициенты накопления значительно возрастают. Гиперии аккумулируют церий-144 с большими коэффициентами накопления, чем кобальт-60 (рис.8).

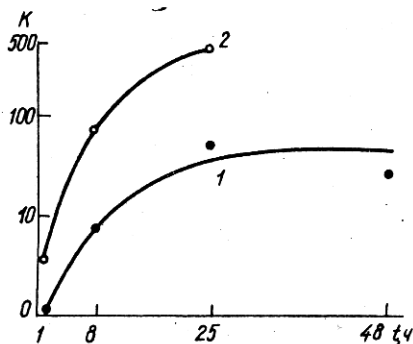


Рис.8. Изменение коэффициентов накопления кобальта-60 (1) и церия-144 (2) у гиперии во времени.

Другие виды загрязнений - нефтяные агрегаты с перифитоном

Атлантический океан, по нашим данным на всех станциях (у берегов Европы, в Саргассовом и Карибском морях - в 4-м рейсе, а также на океанографическом полигоне 1970 г. - во 2-м рейсе - Поликарпов, Егоров и др., 1971) загрязнен нефтяными агрегатами с перифитоном (рис.9-II), тогда как Тихий океан, по нашим данным, на

всех станциях вдоль экватора и по всему маршруту к Австралии и обратно к тропической зоне, совершенно лишен таких загрязнений. Следовательно, нефтяное загрязнение, уже охватывая значительные акватории гидросферы, еще не стало глобальным фактором, каким является радиоактивное загрязнение.

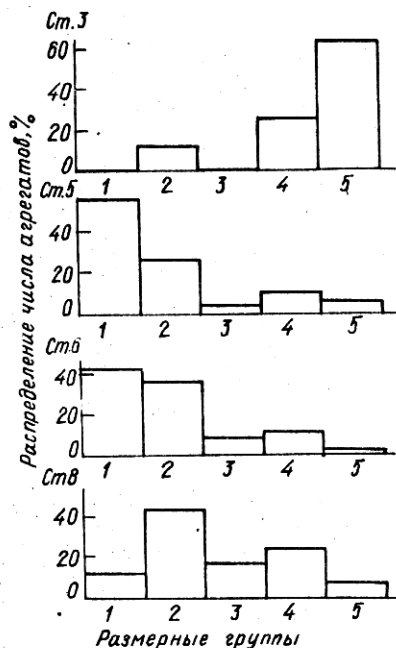


Рис.9. Распределение размеров нефтяных агрегатов в Карибском море:
1) 0-1 мм; 2) 1-2 мм;
3) 2-4 мм; 4) 4-8 мм;
5) 8-16 мм.

На рис.10 показана схема, характеризующая нефтяные агрегаты как экологический фактор. Поэтому важно привлечение внимания к экологическим исследованиям нефтяных агрегатов, населенных перифитоном.

На рис.11 показана степень загрязненности сестона нефтяными агрегатами (величины концентрации агрегатов от концентрации сестона) из верхнего горизонта 0-20 см. Вклад агрегатов нефти в сестон составляет до 4-11%. Относя агрегаты нефти, плавающие у пленки поверхностного натяжения, к сестону слоя воды глубиной 20 см, мы занижаем раз в 10 вклад агрегатов нефти в тот сестон, среди кото-

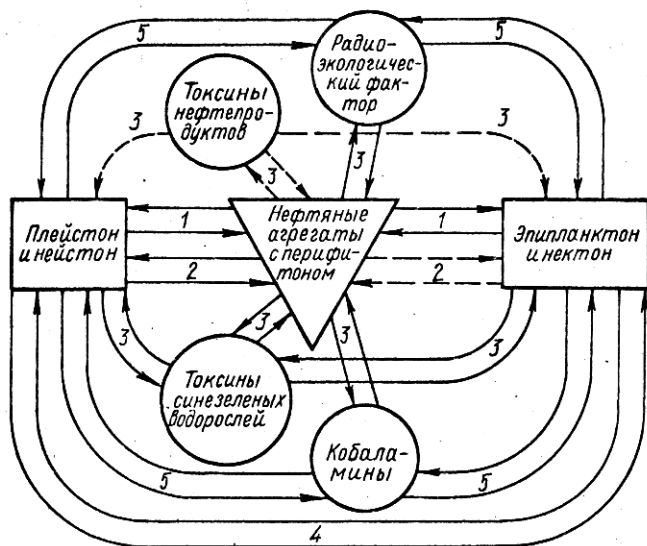


Рис.10. Нефтяные агрегаты с перифитоном как экологический фактор (включая связь с радиоэкологическим фактором):

1 - пищевые связи; 2 - использование субстрата; 3 - обмен со средой и воздействие из среды; 4 - комплекс взаимоотношений; ----- вероятные связи.

рого плавают эти агрегаты, т.е. фактически концентрация нефтяных агрегатов уже достигла концентрации септона в слое загрязнения ими (0-2 см). В пересчете на жидкую нефть загрязнение ее агрегатами эквивалентно покрытию воды нефтяной пленкой от 2 до 5% в разных районах Атлантики.

В табл.4 приведено сопоставление концентрации агрегированной нефти и биомассы копепод нейстона в Саргассовом море, из которого следует, что концентрация нефти в форме агрегатов неизмеримо превышает биомассы копепод.

Нефтяные агрегаты обрастают перифитоном, значительную долю которого составляют синезеленые водоросли - поставщики в среду сильных токсинов (Поликарпов, Егоров и др., 1971). Они же вместе с микроорганизмами служат поставщиками в морскую воду и кобаламинов. Нефтяные агрегаты - активные накопители радиоактивных веществ, поэтому они могут также рассматриваться как агенты, усиливающие радиоэкологический фактор.

Таблица 4

Отношение концентрации нефти в форме агрегатов ($C_H \frac{мг}{м^2}$) к биомассе
копепод ($\beta_K \frac{мг}{м^2}$) в Саргассовом море

Время взятия пробы (мест- ное)	Концентрация агрегатов неф- ти, мг/м ²	С агрегатов нефти/ В копепод				
		Pontella at- lantica	Pontel- la sp.	Macrosetel- la gracilis	Onychorosu- saurus giesbre chii	Urosoru- saurus lautus
16.48-16.50	3,4	34	20	Только нефть	17	10000
16.56-16.58	0,6	20	9	" "	60	10000
17.05-17.07	8,3	Только нефть	118	827	827	10000
17.14-17.16	0,2	" "	7	Только нефть	Только нефть	10000
17.24-17.26	0,6	" "	20	" "	"	10000

Спонтанная хромосомная изменчивость у морских организмов в природных условиях

Объект	Количество изу- ченных организ- мов	Количество ис- следован- ных клеток	Число клеток с перестрой- ками, %	Дисперсия σ^2
Cheilorogon Демерсальная икра рыб (Ptenich- thys furcatus (?) (на сар- гассовых водорослях, Саргас- сово море)	20	4169	2,3±0,71	1,6
Cheilorogon Демерсальная икра рыб (Ptenichthys) furcatus (?) ^x (на саргассовых водорос- лях, Карибское море)	18	1646	4,8±0,97	3,8
Нейстонная икра рыб сем. Gonostomidae (·?) ^x (Тихий океан)	23	3359	6,0±1,08	6,3
Молодые особи парусников Velel- la velella (Тихий океан)	15	837	7,0±2,52	21,0

^x По определению проф. Т.С.Расса.

Т а б л и ц а 6

Спектры спонтанной хромосомной изменчивости

Объект	Типы перестроек*							
	-	=	l	l-	l=	х	х-	х=
Икра рыб (Саргассово море)	16,7 $\pm$ 5,6	7,1 $\pm$ 3,1	67,0 $\pm$ 7,3	0,6 $\pm$ 0,6	1,0 $\pm$ 1,0	7,6 $\pm$ 5,2	0	0
Икра рыб (Карибское море)	4,7 $\pm$ 2,2	0,9 $\pm$ 0,9	87,3 $\pm$ 3,6	2,0 $\pm$ 1,4	0	5,1 $\pm$ 2,9	0	0
Икра рыб (Тихий океан)	1,8 $\pm$ 0,9	0,7 $\pm$ 0,5	89,1 $\pm$ 2,0	4,3 $\pm$ 1,4	0,7 $\pm$ 0,5	2,8 $\pm$ 1,0	0,4 $\pm$ 0,4	0,2 $\pm$ 0,2
Парусники <i>Verella</i>								
<i>verella</i> (Тихий океан)	11,7 $\pm$ 7,3	3,3 $\pm$ 2,4	64,2 $\pm$ 9,1	2,9 $\pm$ 2,0	0,6 $\pm$ 0,6	17,3 $\pm$ 7,6	0	0

* Общее число перестроек принято за 100%. Обозначения: - - одиночный фрагмент;
 = - парный фрагмент; l - одиночный мост; l- - одиночный мост с фрагментом; l= -
 одиночный мост с парой фрагментов; х - парный мост; х- - парный мост с фрагментом;
 х= - парный мост с парой фрагментов.

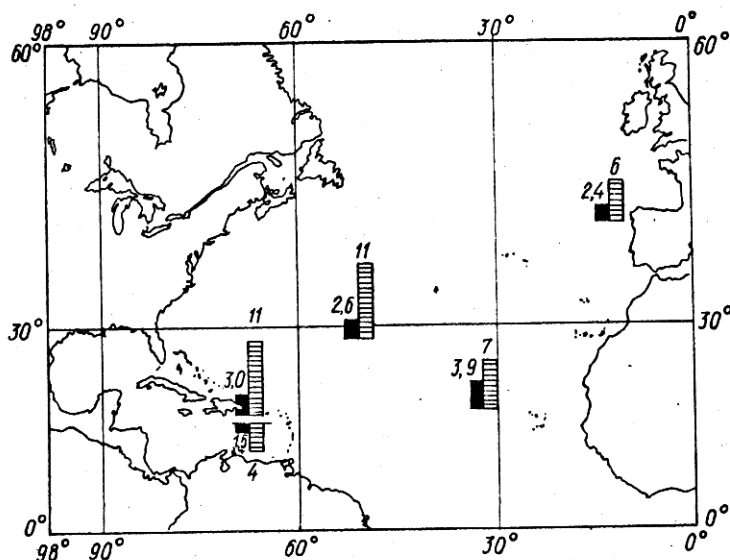


Рис. II. Загрязненность (мг/г^2) нефтяными агрегатами (черные столбики) Атлантики. Полосатые столбики - степень загрязненности сестона (%) нефтяными агрегатами.

Фон хромосомной изменчивости у океанических животных из географически удаленных районов

Для выявления возможностей количественной оценки длительного воздействия различных факторов среды на океанические организмы в этом рейсе изучался уровень хромосомного мутагенеза у ряда представителей животного населения Атлантического и Тихого океанов.

Исследование существующего уровня спонтанной хромосомной изменчивости необходимо как отправная точка, как фон для последующих систематических определений этого цитогенетического параметра у избранных (желательно широкого круга) видов.

Уровень спонтанных изменений хромосом приведен в табл. 5. Наибольшее количество ядерных нарушений обнаружено у тихоокеанских организмов. У них же отмечена и наибольшая вариабельность (дисперсия) по этому показателю (особенно у хондрофоры парусника). Высо-

кий уровень спонтанного мутационного процесса у молодых развивающихся организмов, по-видимому, связан с активным процессом тканевой дифференцировки и может определяться видовыми особенностями разных организмов.

Вместе с тем, высокая вариабильность тихоокеанских организмов по величине спонтанных ядерных изменений может свидетельствовать о воздействии на их мутационный процесс мутагенных факторов внешней среды и о неодинаковой индивидуальной чувствительности их к такому воздействию. В этом отношении особенно в неблагоприятных условиях обитают плейстонные организмы — парусники, приуроченные к самой поверхности воды.

Характер спонтанных хромосомных изменений отражен в табл.6. У всех организмов в спектре ядерных изменений преобладают одиночные хроматидные мосты (60-90%), которые являются, по-видимому, следствием стабилизированных циклов мостов в ряду клеточных поколений.

Выводы

1. Разработанные в рейсе шесть вычислительных программ, входящих в комплекс математического обеспечения экспедиционных биологических исследований, позволили до 40 раз уменьшить затраты труда на количественную обработку биологических данных.
2. Концентрация сестона вдоль экватора Тихого океана, как правило, превосходит таковую в Атлантике, включая Карибское море.
3. Впервые в биоокеанографии предпринята попытка ввести понятия о биологических полях различной градации. Выявлена пирамида биологических полей плейстонно-нейстонного комплекса как в Атлантике, так и в Тихом океане. С увеличением размеров биополя его доля в общем числе биополей разных размерных категорий уменьшается. Такой подход к изучению распределения живого вещества может послужить приближению понятий биологического поля к понятиям физических и химических полей в океане. Познание структуры и динамики биополей откроет пути изучения биогеохимических механизмов миграции и распределения веществ в биогеоценозах пелагиали.
4. Из сопоставления коэффициентов накопления кобальта, находящегося в морской воде в минеральной форме (в том числе радио-

нуклиды кобальта из радиоактивных отходов) и в форме кобаламинов (витамина B_{12} и его аналогов), морскими и океаническими организмами следует, что с переходом кобальта в биохимическое состояние, т.е. в B_{12} , резко усиливается его миграционная способность: коэффициенты его накопления возрастают на несколько порядков величин.

Получены первые в литературе данные о величинах концентрации кобаламинов в плейстонно-нейстонном и эпипланктонном комплексах и их компонентах (массовых видах) в открытых районах Атлантики и Тихого океанов. Выявлены биоконцентраторы витамина B_{12} : крылоногий моллюск *Cavolinia tridentata* (концентрация B_{12} в котором составляет 205±13 нг/г сырого веса: столько же, сколько в печени светящихся анчоусов и значительно больше, чем в печени летучих рыб). веолонгие ракообразные (например, *Neocalanus gracilis* - 133±9 нг/г сырого веса) и саргассовая водоросль *Sargassum natans* (83±14 нг/г сырого веса). Обеднены витамином B_{12} представители кишечнорастворимых - хондрофоры (*Velilla velilla*) и насекомых - океанические водомерки (*Halobates*) - около 10 нг/г сырого веса.

5. Радиоактивное загрязнение отмечено как в макробиотах северного полушария (Атлантика, Саргассово море), так и южного (Тихий океан, Океания). Таким образом, подтвержден глобальный характер радиоэкологического фактора.

6. Атлантический океан (от берегов Европы через Саргассово море до Карибского моря) загрязнен нефтяными агрегатами, тогда как Тихий океан по всему маршруту следования и работ вдоль экватора, на переходе к Сиднею и на пути к тропической зоне совершенно лишен таких загрязнений. Следовательно, нефтяное загрязнение, уже охватывая значительные акватории гидросферы, еще не стало глобальным фактором, каким является уже давно радиоактивное загрязнение. Разработана впервые в морской биологии (области научных основ охраны живой природы океана) схема, характеризующая нефтяные агрегаты как комплексный экологический фактор.

7. В современных условиях возникают специфические проблемы Саргассова моря, связанные с необходимостью незамедлительного международного соглашения об охране и рациональном использовании легко доступных запасов его пелагических саргассовых водорослей. По нашим оценкам, саргассы этого моря содержат многие центнеры витамина B_{12} . Мы не обсуждаем здесь возможные пути использования саргассов в народном хозяйстве (в качестве подкормки животным, удобре-

ний растений и т.д.). В случае разработок запасов саргассовых водорослей необходимо рациональное регулирование их эксплуатации. Как уже показано в табл. 6 и 7, Саргассово море загрязняется радиоактивными и нефтяными веществами (нами отмечены также разнообразные загрязняющие предметы, главным образом, синтетической природы в этом открытом районе Атлантики).

8. Для выявления давления, оказываемого человечеством (ноофрой) на живую природу океанов, выполнено впервые цитогенетическое исследование на океанических организмах.

Наибольшее количество ядерных нарушений обнаружено у тихоокеанских организмов. У них же отмечена и наибольшая вариабельность по этому показателю, что может свидетельствовать, на наш взгляд, о воздействии на их мутационный процесс мутагенных факторов внешней среды (из наиболее вероятных, в первую очередь радиоактивного загрязнения Тихого океана как испытательного ядерного полигона). Особенно в неблагоприятных условиях обитают парусники, приуроченные к самой поверхности воды. Проведенное исследование мы рассматриваем как первый этап систематических определений уровня спонтанной хромосомной изменчивости у избранных видов.

Л и т е р а т у р а

- Вернадский В.И. 1965. Химическое строение биосферы земли и ее окружения. "Наука", М.
- Виноградов М.Е. 1968. Вертикальное распределение океанического зоопланктона. "Наука", М.
- Водяницкий В.А. 1953. О проблеме биологической продуктивности моря. - Тр. Всесоюзной конференции по вопросам рыбного хозяйства. Изд-во АН СССР, М.
- Зайцев Ю.П. 1970. Морская нейстонология. "Наукова думка".
- Поликарпов Г.Г. и др. 1971. Нефтяные поля как экологическая ниша. - Природа, № II.
- Савилов А.И. 1969. Плейстон Тихого океана. Биология Тихого океана. "Наука", М.
- Морская радиоэкология. 1970. "Наукова думка", К.
- Купцова Л.С. 1961. Микробиологические методы определения витаминов АН УССР, М.
- Радиоэкологические исследования Средиземного моря. 1970. "Наукова думка", К.
- Радиационная и химическая экология гидробионтов. 1972. "Наукова думка", К.
- Хемотрдиоэкология пелагиали и бентали. 1974. "Наукова думка", К.

БИООКЕАНИЧЕСКИЕ ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ И ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ОПТИМУМА В СОВРЕМЕННОЙ БИОСФЕРЕ

Г.В.Баринов

По представлениям акад.В.И.Вернадского (1967), вся современная атмосфера является продуктом жизнедеятельности организмов. Так как химический состав атмосферы, в частности концентрация углекислоты, существенно влияет на так называемый парниковый эффект атмосферы, то можно допустить, что, изменяя концентрацию углекислоты в атмосфере, организмы, особенно растения, в состоянии регулировать температурный оптимум на биосферном уровне организации жизни. Проблема регулирования температурного оптимума в биосфере имеет не только научно-познавательное, но и весьма актуальное практическое значение для всего человечества.

В настоящее время промышленное производство энергии человеком достигло таких масштабов и темпов, которые требуют глобального количественного подхода к оценке возможных экологических и эволюционных последствий изменения климата. Для экологических и эволюционных прогнозов последствий нарушения температурного оптимума в современной биосфере имеет важное значение знание механизма смены климатических эпох в геологическом прошлом.

Физической основой периодической смены климатических эпох могут быть долгопериодические колебания солнечной постоянной, изменения скорости вращения Земли (Монин, 1972) или периодичность тектонических процессов, в частности вулканическая деятельность, изменяющая прозрачность атмосферы (Будико, 1971).

В более ранней работе автора (Баринов, 1972) обращено внимание на возможное участие биологических процессов в регулировании температурного оптимума на нашей планете посредством изменения концентрации углекислоты в атмосфере, так что сравнительно незначительное изменение концентрации CO_2 в атмосфере (примерно в 2 раза) может заметно влиять на ее температуру (Пласо, 1966; Keeling, 1970).

Здесь предпринимается попытка развить представление, согласно которому смена климатических эпох может происходить не только в результате периодического колебания прозрачности атмосферы, но и прозрачности поверхностных вод океана, что приводит к периодическим изменениям их теплосодержания. Изменение прозрачности поверхности океана может быть связано с периодическими колебаниями биологической продуктивности океана как следствие периодических изменений концентрации питательных веществ и скорости вертикальной циркуляции океанических вод, которая, очевидно, не является констан-

той. Влияние тектонической деятельности земной коры на скорость вертикального обмена океанических вод, по-видимому, несущественно, так как поступление тепловой энергии из недр Земли на поверхность в $5 \cdot 10^3$ раз меньше поступления энергии на земную поверхность от Солнца (Кинг, 1967).

В качестве исходной физической модели механизма смены климатических эпох могут быть взяты представления об океанических тепловых машинах, работающих за счет температурного градиента между низкими и высокими географическими широтами (Шулейкин, 1968). Не исключено, что в этих тепловых машинах функцию регулятора автоколебательного процесса, период которого охватывает геологический климатический цикл в принципе может выполнять океанический фитопланктон. Развитие фитопланктона влияет на концентрацию углекислоты в атмосфере и океане, а также на глубину проникновения солнечных лучей в толщу воды. Другими словами, океанический фитопланкто влияет на оптические и энергетические характеристики как поверхностных вод океана, так и атмосферы. Из работ Богуславского (1966, 1967) следует, что уменьшение слоя поглощения солнечных лучей в 2 раза дополнительно нагреет поверхность океана на несколько градусов. Коротко опишем работу биоокеанической машины.

Цикл охлаждения. В результате поглощения океаническим фитопланктоном углекислоты, фосфора, азота, ряда микроэлементов и отложения их в донных осадках, происходило постепенное обеднение поверхности океана питательными веществами и падение концентрации CO_2 . Некоторое уменьшение парциального давления CO_2 в атмосфере и поверхностных океанических водах способствовало переходу фосфатов в нерастворимые соединения и выпадению их в осадок. Биологическая продуктивность океана уменьшалась. Соответственно уменьшалось количество растворенного и взвешенного мертвого органического вещества, которого по данным Стрикленд (Strickland, 1965), примерно, на два порядка больше, чем органического вещества в годовой продукции фитопланктона. Поверхностные воды океана становились более прозрачными. Этому процессу предшествовало (или происходило одновременно) увеличение прозрачности атмосферы к уходящему тепловому излучению Земли в результате падения парциального давления CO_2 . Поверхность океана и нижние слои атмосферы в полярных широтах резко охлаждались, что служило пусковым механизмом начала цикла оледенения. В результате саморазвития процесса оледенения (Будыко, 1971) наступала ледниковая эпоха. Биомасса и продукция наземной растительности резко сокращалась. Соответ-

ответственно уменьшалось потребление углекислоты. Скорость образования свободной углекислоты за счет биогеохимических и вулканических процессов начинала превышать скорость ее потребления растительностью. Концентрация CO_2 в атмосфере и поверхностных океанических водах постепенно начинала расти.

Цикл разогревания. По мере развития оледенения происходило увеличение температурного градиента между высокими и низкими географическими широтами. Это способствовало увеличению КПД и мощности работы тепловых биоокеанических машин и, как следствие, усиливалась океаническая циркуляция океанических вод и атмосферная циркуляция воздуха. Усиление вертикальной циркуляции в океане соответственно увеличивало скорость поступления питательных веществ из глубин к поверхности. Постепенно происходило увеличение биологической продуктивности океана, уменьшение прозрачности поверхностных вод и, возможно, некоторое увеличение их температуры. Мощность работы биоокеанической тепловой машины возрастала до некоторого максимального значения, а потом начинала падать, так как разогревание атмосферы способствовало таянию ледников, уменьшению температурного градиента между тропической и полярными широтами. Одновременно происходило обеднение атмосферы углекислотой в результате увеличения биомассы и продукции фитопланктона и наземной растительности, усиления процесса органического осадконакопления и углеобразования. Падение мощности тепловых машин ослабляло вертикальную циркуляцию вод. Происходило обеднение поверхностных вод углекислотой, фосфором и азотом. В результате биологическая продуктивность резко падала, но прозрачность вод, к падающему и атмосфере к уходящему излучению увеличивалась. Температура океанических тропических вод несколько уменьшалась, но значительно больше падала температура на полюсах. Согласно расчету К.Я. Кондратьева и Х.Ю. Нийлиск (1963), изменение концентрации CO_2 в атмосфере в первую очередь влияет на изменение температуры полярных широт, где низко содержание паров воды. С падением температуры на полюсах резко возрастает температурный градиент между тропической и полярной зонами, что ведет к усилению океанической и атмосферной циркуляции. Цикл работы тепловой биоокеанической машины замкнулся.

Таким образом, цикл биоокеанической тепловой машины последовательно включает следующие процессы: оледенение, увеличение температурного градиента между высокими и низкими географическими широтами, усиление океанической и атмосферной циркуляции, уменьше-

ние прозрачности поверхности океана, разогревание поверхностных океанических вод, таяние ледника, уменьшение температурного градиента между высокими и низкими географическими широтами, ослабление океанической и атмосферной циркуляции, увеличение прозрачности поверхности океана, оледенение.

Недостатком предлагаемой гипотезы является трудность построения численной модели биосфереокеанической тепловой машины в связи с большим количеством входящих в нее переменных величин и отсутствием информации о работе ряда составляющих ее механизмов. Этот недостаток в некоторой степени может быть восполнен путем экспериментального исследования по искусственному изменению продуктивности и прозрачности некоторой площади поверхности океана в тропической зоне, где эффект нагревания поверхностных вод должен быть наиболее заметным.

Изменение прозрачности поверхностных вод может быть достигнуто путем распыления растворимого азотно-фосфорного удобрения или тонко размолотой почвы для увеличения биомассы и продукции фитопланктона. Проведение подобного эксперимента в океане позволит ответить на следующие вопросы: 1) эффективность повышения биологической продуктивности олиготрофных тропических районов океана; 2) исследование роли биологических факторов в изменении прозрачности поверхностных вод и их нагревании; 3) возможные последствия повышения продуктивности океана (его эвтрофикации) в глобальном масштабе как результат промышленной деятельности человека, в частности обогащения поверхностных вод углекислотой, их запылением, загрязнение нефтью и ее продуктами и т.д.

Под влиянием человеческой деятельности скорость изменения газового состава атмосферы на несколько порядков величин превышает скорость соответствующего естественного процесса (Давитая, 1971; Баринов, 1972). Не случайно поэтому, что накопление CO_2 в атмосфере наблюдается вот уже, примерно, полстолетия (Юнге, 1965).

Как следствие стремительного роста промышленно-энергетических мощностей человечества, удвоение которых в настоящее время происходит каждые 10 лет, возникает потенциальная опасность глобального нарушения теплового оптимума в современной биосфере (Давитая, 1971; Виноградов, 1971). Согласно расчетам климатологов (Будыко, 1971), увеличение ежегодного производства любых видов энергии (за исключением водной, ветровой и солнечной) до 1% от общего количества солнечной энергии, падающей на земную поверхность, приведет к глобальному изменению климата. Из эволюционной теории известно (Дубинин, 1966; Шмальгаузен, 1968; Шварц, 1969;

Тимофеев-Ресовский, Воронцов, Яблоков, 1969), что изменение среды обитания организмов, особенно смена климатических эпох, является мощным фактором биологической эволюции, которая может коснуться и человека. Биологическая наука пока не располагает данными о степени устойчивости человека к дополнительному энергетическому воздействию и глобальному изменению климата. Учитывая неравномерность распределения промышленного тепла по земной поверхности и возможные отрицательные последствия для человечества нарушения экологического равновесия в биосфере как результата стремительного роста энергетического потенциала, уровень ежегодного производства энергии должен быть, очевидно, значительно ниже уровня 1% от общего количества солнечной энергии, падающей на Землю.

По сравнению с 1970 г. в 2000 г. производство энергии при современных темпах его удвоения увеличится, примерно, в 8 раз. Соответственно возрастет вредное действие продуктов и отходов промышленного производства и энергетики на состояние экологического равновесия, т.е. окружающую живую и неживую природу, а также, естественно, и на человека. Поэтому наступило время количественно оценить энергетическую емкость системы поверхность Мирового океана - нижняя граница атмосферы. Экологически необоснованный подход к возможностям энергетического прогресса может привести к необратимым последствиям. Климатологи и биогеохимики (Будыко, 1971; Виноградов, 1972; Федоров, 1972) развивают представления о неустойчивом (квазиравновесном) состоянии современного климатического режима и связанного с ним газового состава атмосферы. Сдвиг теплового равновесия приведет к таянию ледников и поднятию уровня Мирового океана, что потребует от человечества дополнительного увеличения энергетического потенциала для ликвидации последствий нарушения климатического оптимума. Но увеличение производства энергии еще более ускорит отклонение геофизических систем от состояния равновесия. Может возникнуть своеобразная самоускоряющаяся цепная реакция производства энергии, которая будет все больше выводить биогеофизические системы из состояния равновесия. Поэтому в целях сохранения экологического равновесия, человечеству необходимо будет регулировать производство энергии таким образом, чтобы оно не нарушало современный температурный оптимум.

В первом приближении уровень производства энергии не должен превышать, по-видимому, уровня 0,1% от общего количества солнеч-

ной энергии, падающей на Землю. Такого уровня производства энергии при современных темпах ее удвоения человечество достигнет, примерно, через 40-50 лет. Однако необходимо учитывать не только непосредственный эффект увеличения производства тепла, но и биогеофизические процессы, способствующие накоплению энергии в ноосфере, т.е. сфере жизни человека (термин акад. В.И.Вернадского, 1967). К этим процессам относится в первую очередь накопление углекислоты, которая, обладая известным свойством "парникового эффекта", вызывает нагревание атмосферы.

Следующим мощным накопителем энергии является океан, точнее, его поверхностные воды в пределах зоны фотосинтеза. Океан поглощает около 50% промышленной углекислоты (Peterson, 1969). Однако было бы неправильно считать, что поглощенная океаном углекислота не дает теплового эффекта. Дополнительное обогащение поверхностных вод океана углекислотой, органикой, фосфором, азотом, нефтью, которая разрушается микроорганизмами (Миронов, 1973) и водорослями обрастания (Поликарпов и др., 1971), способствует эвтрофикации океана, что сопровождается помутнением его поверхности, как следствие увеличения биологической, органической и минеральной взвеси. Помутнение поверхности океана может вызвать эффект, аналогичный по своим последствиям накоплению CO_2 в атмосфере. При прочих равных условиях эвтрофные районы должны отдавать в атмосферу значительно большее количество тепловой энергии, чем прозрачные олиготрофные воды океана. Расширение площади океана с повышенной продуктивностью и общее повышение его биологической продуктивности может сопровождаться увеличением отдачи тепла из океана в атмосферу.

Следующим важным биогеофизическим механизмом накопления солнечной энергии является изменение альбедо земной поверхности в результате сведения лесов, распашки земель, усиление ветровой эрозии, запыления поверхности океана и, что особенно опасно, запыление поверхности ледников. Последнее способствует их быстрому таянию и разрушению.

В результате функционирования биогеофизических механизмов накопления солнечной и промышленной энергии оптимальный уровень производства энергии человеком должен определяться не ее годовым производством, а общим интегральным количеством произведенной энергии за всю историю цивилизации человечества. Так как основное количество промышленной энергии произведено в последние десятилетия, то эти расчеты можно проводить с 50-х годов XX века. При удвоении производства энергии каждые 10 лет к 2000 г. будет сум-

марно произведено, примерно, 0,4% от падающей на поверхность Земли солнечной энергии, а к 2020 г. эта величина достигнет 1,5%, что может вызвать заметное нарушение теплового баланса в среде обитания человека. При удвоении производства энергии каждые 20 лет 1% интегрального производства энергии будет достигнут к 2070 г. Относительно безопасный уровень интегрального производства промышленной энергии, условно равный 0,1% от общего количества падающей солнечной энергии, будет достигнут уже к 1990 г. при темпе удвоения производства каждые 10 лет, и к 2030 г. при темпе удвоения производства энергии каждые 20 лет.

До сих пор, рассматривая возможный верхний уровень производства энергии, мы учитывали устойчивость геофизических систем. Однако биологические системы могут оказаться более чувствительными к увеличению энергетического потенциала, чем геофизические системы. Любое удвоение производства энергии сопровождается соответствующим увеличением концентрации во внешней среде биологически вредных отходов промышленного и энергетического производства — токсических, канцерогенных и мутагенных веществ, увеличением мощности ионизирующих излучений и переменных электромагнитных полей.

Существуют следующие источники потенциальной опасности нарушения экологического равновесия в биосфере, возникающие в связи с ускоренным ростом энергетического потенциала человечества.

1. Повышение температуры в современной биосфере, точнее, ноосфере как следствие выделения тепла от различных действующих промышленных источников энергии. Можно допустить в принципе такую организацию производства, когда оно будет работать постоянно на замкнутом цикле и во внешнюю среду не будут выбрасываться различные отходы производства, включая вредные газы и углекислоту. Однако в любом случае во внешнюю среду будет поступать отработанное тепло.

2. Повышение температуры системы поверхность океана — атмосфера как следствие накопления углекислоты в атмосфере при сжигании органического топлива.

3. Повышение температуры поверхности океана как следствие изменения его прозрачности в результате загрязнения, а также увеличения биомассы и продукции планктона.

4. Изменение альбедо земной поверхности как следствие сведения лесов, распашки почвы, ветровой эрозии, запыления атмосферы, поверхности ледников и океанов.

5. Накопление в биосфере различных токсических, канцерогенных и мутагенных веществ искусственной природы как следствие развития химической промышленности, добычи, переработки и транспорта различных полезных ископаемых.

6. Возможное повышение мощности дозы ионизирующей радиации как следствие развития атомной промышленности и атомной энергетики. Ожидается, что к 2000 г., примерно 50% электрической энергии будут производить атомные электростанции (Петросьянц, 1972).

7. Повышение мощности дозы переменных электромагнитных полей и волн как следствие развития мощных электрических станций, средств передачи электрической и других видов энергии, средств связи и т.д.

8. Усиление биологического загрязнения среды как следствие нарушения экологических равновесий в природе, в том числе массовой гибели ряда видов дикой флоры и фауны. Биологическое загрязнение биосферы может сопровождаться вспышками размножения болезнетворных организмов (микробов, вирусов), вредителей, паразитов, а также организмов, выделяющих во внешнюю среду различные токсические, канцерогенные и мутагенные вещества биологической природы. Биологическое загрязнение усиливает действие промышленных факторов нарушения биологического равновесия. Так, например, исследования Института гидробиологии АН УССР показали, что развитие в загрязненных водоемах синезеленых водорослей еще более ухудшает качество воды, так как эти водоросли выделяют токсины, опасные для жизни рыб и здоровья людей.

Все перечисленные факторы нарушения экологического равновесия в биосфере составляют звенья одной цепи и являются следствиями одной причины. Эти следствия должны изучаться не изолированно, а в общем комплексе наук о биосфере и биосферных экологических равновесиях.

По-видимому, уже настало время, когда каждому удвоению производства энергии должна предшествовать исследовательская работа биологов, экологов и медиков, обосновывающая безопасность для человечества дальнейшего роста производства энергии. Разумеется, это потребует увеличения научных кадров, специальных научно-исследовательских учреждений, формирования новых научных направлений, концепций, увеличения в 3-4 раза скорости роста биологических знаний. Оправданием дополнительных усилий является гарантия безопасности существования человеческой цивилизации. Жизненно необходимо, чтобы темп роста биологических знаний не отставал, а существенно опережал промышленный и энергетический

прогресс. Несоответствие в темпах роста научных знаний и энергетических мощностей должно быть ликвидировано как можно в более короткий срок. При отставании роста биологических знаний от промышленно-энергетического прогресса биологи вынуждены лишь констатировать вредность того или иного фактора, тогда как необходимо любую опасность прогнозировать и заранее предупреждать.

Уже в настоящее время необходимо достижение международного соглашения об оптимальном уровне ежегодного производства энергии в пределах нашей планеты. По мере углубления наших знаний о закономерностях функционирования современной биосферы, а также достижений в области энергетики, понятие об оптимальном уровне ежегодного производства различных видов энергии всем человечеством будет эволюционировать. Проблемы сохранения экологического равновесия биосферы сравнительно легко могли быть разрешены в рамках единой Мировой социалистической системы. Однако приходится учитывать реальную обстановку, когда мир разделен на государства и системы с различными политическим и экономическим строем, что существенно затрудняет решение указанных проблем на нашей планете.

Важным международным событием, положившим начало широкому научному сотрудничеству, является подписание соглашения между СССР и США (май 1972 г.) об охране окружающей среды, а также соглашение в области медицины. Можно надеяться, что дальнейший прогресс в отношениях между СССР и США предотвратит потенциальную опасность нарушения глобальных экологических равновесий. Последовательная борьба Советского Союза за мир, за всеобщее и полное разоружение является важным условием сохранения природных равновесий и человеческой цивилизации.

Л и т е р а т у р а

- Баринов Г.В. 1972. Биосферные ритмы и проблемы сохранения кислородного равновесия. - Журнал общей биологии, т.33, № 6.
- Богуславский С.Г. 1966. Исследования непосредственного нагрева солнечной радиацией верхнего слоя Тропической Атлантики. - Тр. Морского гидрофизического института АН УССР, т. 35.
- Богуславский С.Г., Шугов А.П. 1967. Непосредственное влияние солнечной радиации на температурное поле тропической части Тихого океана. - В сб.: Гидрофизические исследования Тихого и Атлантического океанов в кругосветном плавании нис "Михаил Ломоносов" (20-й рейс). Изд. МГИ АН УССР, Севастополь.
- Будыко М.И. 1971. Энергетика биосферы и ее преобразование под воздействием человека. - Изв. АН СССР, сер. географ., № 1.

- 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.Баринов, 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 pH 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

в пробах нефтяных агрегатов, собранных с поверхности океана и измеряли радиоактивность воздуха по маршруту рейса.

Сбор проб нейстона, поверхностного планктона и нефти осуществлялся мальково-нейстонным тралом конструкции Ю.П.Зайцева (газ № 35, размеры входного эллипса 96x53 см, длина сетного корпуса 192 см). Разовые обборы состояли из тралений по 30 мин во время дрейфа судна. Собранный материал очищали от посторонних примесей, отфильтровывали и взвешивали с точностью до 0,05 г. Затем пробы высушивали в сушильном шкафу до постоянного веса и проводили γ -спектрометрию сухого вещества проб. Анализировались суммарные пробы нейстонных организмов, а в некоторых случаях, при большой весовой представительности проб, выделяли группы организмов и даже отдельные виды. Методом фильтрации на металлических ситах и мельничном газе с различным номером ячеек были выделены пробы: калянусов, эвфаузид, двухстворчатых и брюхоногих моллюсков. Гамма-спектрометрирование проб нейстона, поверхностного планктона и нефти выполнялось на стандартном УСД с применением амплитудного анализатора импульсов АИ-128. Высокое напряжение на ФЭУ-13 подавалось от выпрямителя ПВ-2-2. Время измерения каждой пробы составляло 6 час. Перед измерением и после измерения пробы шкала анализатора калибровалась по изотопам Cs^{137} и Co^{60} . Разрешение спектрометра по линии 0,660 Мэв $\sim 8\%$.

В большинстве анализированных нами проб нейстона и планктона по маршруту рейса искусственные радионуклиды не обнаружены. Наличие пика на γ -спектрах с энергией 1,46 Мэв обязано γ -излучению естественного радионуклида K^{40} .

На γ -спектре пробы калянусов, собранной в районе высокой биологической продуктивности на станции 2014 ($14^{\circ}38$ с.ш. и $17^{\circ}59$ з.д. у Дакара), обнаружен мощный пик с энергией $\sim 0,740$ Мэв, обусловленный γ -излучением осколочных продуктов деления $\text{Zr}^{95} + \text{Nb}^{95}$ (рис. 1).

В суммарной пробе, состоящей из сифонофоры, сагитт, понтеллид и калянусов, этой же станции обнаружен пик с энергией $\sim 0,660$ Мэв, принадлежащий радионуклиду Cs^{137} (рис. 2).

В пробах высших ракообразных эвфаузид, а также двухстворчатых моллюсков (станция 2014) осколочные продукты деления не обнаружены, что объясняется избирательностью аккумуляции радионуклидов организмами.

Весьма характерным является наличие $\text{Zr}^{95} + \text{Nb}^{95}$ в нефтяных агрегатах, собранных с поверхности океана на станции 2016 ($12^{\circ}00$

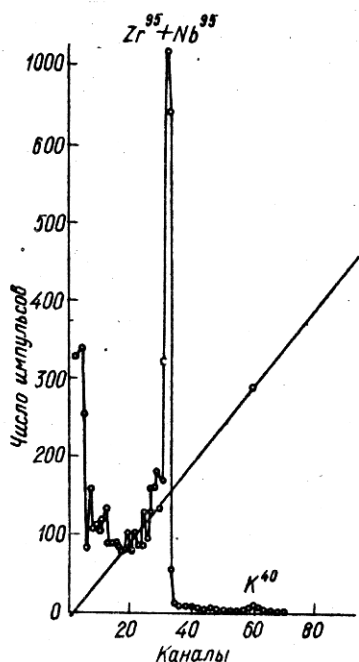


Рис.1. γ -спектр пробы
калянусов, станция 2014.

с.ш. и $17^{\circ}59$ з.д.), т.е. в районе, расположенном вблизи станции 2014. Нефтяные агрегаты, собранные на станции 2023 ($0^{\circ} 41$ 3 ю.ш. и $17^{\circ}58$ 9 з.д.), и чистая нефть не содержали $Zr^{95} + Nb^{95}$ (рис.3).

Станции, на которых было обнаружено радиоактивное загрязнение нейстона и нефти, расположены в районе, характеризующемся повышенным содержанием искусственных радионуклидов в воздухе.

β -активность воздушных проб в этом районе по результатам измерений в 26-м рейсе составляла в среднем $0,2 \times 10^{-18}$ кюри/м³, тогда как на экваторе — лишь $0,01 \times 10^{-18}$ кюри/м³. Широтное распределение воздушных загрязнений с максимумом около 30 с.ш. отмечалось и ранее (Лавренчик, 1965; Земляной и др., 1970).

Из сопоставления данных по наличию искусственных радионуклидов в пробах нейстона, поверхностного планктона, нефти и воздуха в районе Дакара можно заключить о загрязнении этого района осколочными продуктами деления за счет выпадений из воздуха.

Обнаружение сравнительно короткоживущих радионуклидов $Zr^{95} + Nb^{95}$ ($T_{1/2} = 65$ дней) указывает на относительно

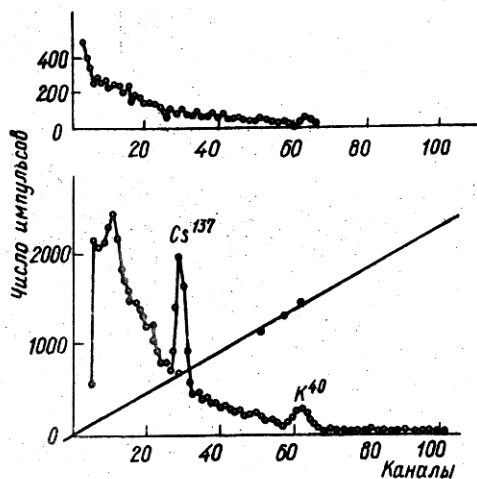


Рис.2. γ -спектр суммарной пробы поверхностного планктона, станция 2014 (внизу) и фона (сверху).

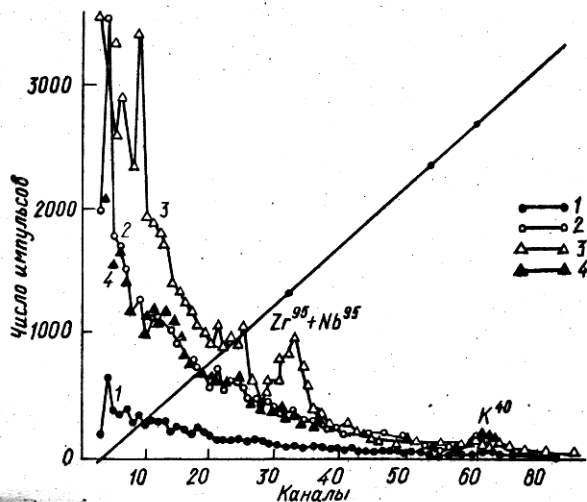


Рис.3. γ -спектры проб нефти: 1 - фон; 2 - чистая нефть; 3 - нефтяные агрегаты со станции 2016; 4 - нефтяные агрегаты со станции 2023.

"свежие" поступления радионуклидов. Расчеты, сделанные для нескольких воздушных проб, показали, что атмосфера заражена продуктами ядерного взрыва, произведенного в октябре-ноябре 1971 г.

В ы в о д ы

1. В пробах нейстона и поверхностного планктона, отловленных в районе высокой биологической продуктивности (Дакар), обнаружены осколочные продукты деления: Cs^{137} , Zr^{95} + Nb^{95} . Пробы нейстона и поверхностного планктона из других районов не содержали радионуклидов искусственного происхождения.

2. Отмечается избирательность аккумуляции радионуклидов: калянусы, аккумулируют Zr^{95} + Nb^{95} , суммарная проба: сифонофора, сагитты, понтеллиды и калянусы Cs^{137} , а эвфаузиды и двустворчатые моллюски не аккумулировали в заметных количествах эти радионуклиды.

3. Нефтяные агрегаты, собранные с поверхности океана в районе Дакара, также содержали Zr^{95} + Nb^{95} , а в нефтяных агрегатах из Экваториальной Атлантики и в чистой нефти этот радионуклид не обнаружен.

4. Повышенное содержание радиоактивных загрязнений отмечалось и в воздухе района Дакара по сравнению с другими исследованными районами Тропической Атлантики.

5. Сопоставление данных по наличию осколочных радионуклидов в пробах нейстона, нефти и воздуха в районе Дакара позволяет заключить о загрязнении этого района радиоактивными продуктами ядерных взрывов.

Л и т е р а т у р а

Поликарпов Г.И. и др. 1970. Радиоэкология тропических морей средиземноморского типа. Радиоэкология центральноамериканских морей. - В сб.: Морская радиоэкология. "Наукова думка", К.

Лавренчик В.И. 1965. Глобальное выпадение продуктов ядерных взрывов. Атомиздат, М.

Земляной А.Д. 1970. Радиоактивность приземной атмосферы в открытом океане после частичного прекращения испытаний ядерного оружия. - В сб.: Морские гидрофизические исследования, № 1 (47). Изд. МГИ АН УССР, Севастополь.

ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ УРАНА И ТОРИЯ НА ЗООПЛАНКТОННЫЕ ОРГАНИЗМЫ *Calanus minor*

Н.С.Рисик, Л.Н.Леценко, Д.С.Парчевская

Уран и торий как радиоактивные элементы и тяжелые металлы оказывают токсическое и радиационное действие на живые организмы. В связи с невысокой радиоактивностью урана ($6,75 \cdot 10^{-7}$ кюри/г) и тория ($1,10 \cdot 10^{-7}$ кюри/г) их действие в ранние сроки связывают с проявлением химических свойств как тяжелых металлов, а более отдаленные последствия — с радиоактивными свойствами (Альберт, 1971; Гуськова, 1972).

Вопрос о токсическом воздействии урана и тория на морские зоопланктонные организмы исследован мало. Между тем эти данные представляют интерес для радиационной и химической биологии при прогнозировании последствий повышения концентрации урана и тория в отдельных акваториях в связи с производственной деятельностью человека или в результате природных процессов.

Наиболее важным фактором, определяющим токсичность урана, является растворимость его соединений. Более токсичными являются хорошо растворимые соединения урана (Tannenbaum, Silverstone, 1951). Соединения шестивалентного урана являются хорошо растворимыми и могут попадать в организм животных путем адсорбции поверхностью тела, а также через желудочно-кишечный тракт (Dounce а.о., 1949).

Сам торий малотоксичен, но его соли нитрат и хлорид обладают сильноокислотными свойствами и, следовательно, являются сильными раздражителями (Альберт, 1971).

Содержание урана в океанической воде $(2-4) \cdot 10^{-6}$ г/л, а тория $2 \cdot 10^{-8}$ г/л (Виноградов, 1967; Хорн, 1972). В природных водах содержание урана может колебаться в значительных пределах от 10^{-7} г/л до 10^{-4} г/л (Гуськова, 1972).

Во время 26-го рейса нис "Михаил Ломоносов" в Тропическую Атлантику нами поставлен опыт по влиянию концентраций урана и тория (10; 100 и 1000 мг/л) в морской воде на выживаемость *Calanus minor*. Пробы планктона отбирали планктонной сетью с глубины 0-50 м. Отловленные пробы планктона разбавляли в кристаллизаторах большими объемами морской воды и затем пипетками отбирали для экспериментов половозрелых рачков *Calanus minor*.

Опыт ставили в аквариумах (объемом 1 л) с фильтрованной морской водой. Соединение урана брали в виде $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$ а тория — $Th(NO_3)_4$.

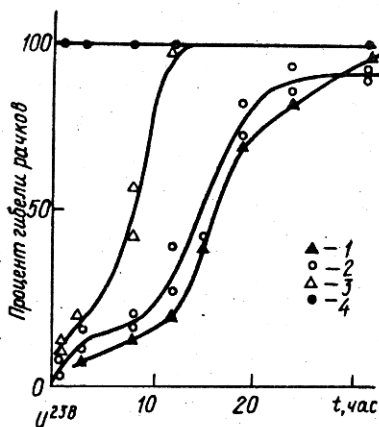


Рис.1. Токсическое воздействие концентраций урана на выживаемость *Calanus minor*:
1 — контроль; 2 — 0,01 г/л;
3 — 0,1 г/л; 4 — 1 г/л.

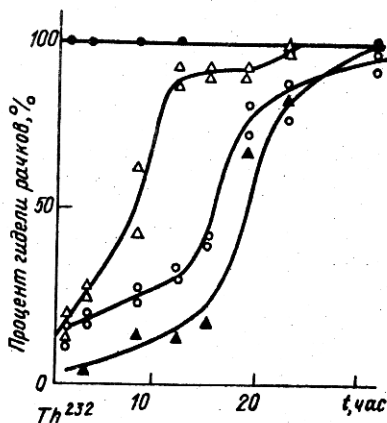


Рис.2. Токсическое воздействие концентраций тория на выживаемость *Calanus minor*:
Условные обозначения те же, что на рис.1.

В приготовленные растворы урана и тория (по две повторности для каждого элемента) и контрольные растворы помещали по 30 рачков и следили за их выживаемостью во времени. Температура воздуха в лабораторном помещении была $24^{\circ}C$. Результаты эксперимента представлены на рис.1 и 2.

Как видно из рисунков, концентрации урана и тория 1000 мг/л вызывают 100%-ную гибель рачков в первые минуты опыта, тогда как в контрольных аквариумах была 100%-ная выживаемость рачков.

Для рачков, находившихся в растворах урана и тория 100 мг/л, ML_{50} составляла приблизительно 8 час для урана и тория, а для рачков, находившихся в растворах урана и тория 10 мг/л, ML_{50} составляла около 16 час для обоих элементов.

Проведенная статистическая обработка методом χ^2 -квадрат позволила установить достоверное отличие ($P = 0,95$) гибели рачков в растворах с концентрациями урана и тория 10 мг/л от гибели рачков в контрольных растворах. Это говорит о том, что мини-

мально действующие концентрации урана и тория на выживаемость дафниусов гораздо ниже чем 10 мг/л. В опытах с представителями пресных водоемов *Daphnia magna*, проведенными В.Н.Гуськовой (1972), также отмечено токсическое действие концентраций урана 10 и 5 мг/л.

Весьма показательным является сравнение действия урана и тория с токсическим действием пестицидов на зоопланктон. При лабораторном изучении действия 2,3-дихлорнафтохинона на *Daphnia longiremis* отмечена токсичность концентрации этого пестицида 10 мг/л и ниже (Брагинский, 1972).

Таким образом, концентрации 10 мг/л урана и тория являются токсичными для *Salinus minor*, что сравнимо по порядку величин с действием урана и 2,3-дихлорнафтохинона на представителей зоопланктона пресных водоемов.

Л и т е р а т у р а

- Альберт Р. 1971. Торий. Промыленно-гигиенические аспекты. Атомиздат, М.
- Брагинский Л.П. 1972. Пестициды и жизнь водоемов. "Наука и техника", К.
- Виноградов А.П. 1967. Введение в геохимию океанов. "Наука", М.
- Гуськова В.Н. 1972. Уран. Радиационно-гигиеническая характеристика. Атомиздат, М.
- Хорн Р. Морская химия. 1972. "Мир", М.
- Doumle A.Z. a. o. 1949. The mechanism of action of uranium compounds in the animal body. Nat. Nuclear Energy Ser., Manhattan. Project. Techn. Sect. Div., V.1, 1, pt. 2.
- Tannenbaum A., Silverstone H. 1951. Toxicology of uranium. A. Tannenbaum (Ed). N.Y. - Toronto - London.

С о д е р ж а н и е

Миронов О.Г. О распределении взвеси и битуминозных веществ в морской воде	3
Лебедев А.А. К вопросу о нефтескисляющих микроорганизмах в южной и центральной частях Атлантического океана	10
Миронов О.Г. Углеводородоокисляющие бактерии некоторых районов Тихого и Индийского океанов	16
Кузьменко Л.В. Фитопланктон и первичная продукция Аравийского моря в период зимнего муссона	23
Битиков Э.П., Токарев Ю.Н., Хлыстова Л.М. О количественном развитии планктона и его биолюминесценции в районах апвеллингов Тропической Атлантики	30
Зуев Г.В. Результаты биологических исследований океанических кальмаров <i>Onchoteuthis pteropus</i> (Steenstrup) Тропической Атлантики в 26-м рейсе нис "Михаил Ломоносов"	48
Зуев Г.В., Нигматуллин Ч.М. Элементы пространственной структура ареала океанического кальмара <i>Onchoteuthis pteropus steenstrup</i> в Восточной Атлантике	56
Зуев Г.В. Некоторые данные о внутривидовых группировках в Тропической Атлантике (<i>Cephalopoda</i> , <i>Mollusca</i>)	68
Поликарпов Г.Г., Бенжицкий А.Г., Егоров В.Н., Цыгугина В.Г. Исследования по радиационной и химической экологии океанов	77
Баринов Г.В. Биоокеанические тепловые машины и проблемы сохранения температурного оптимума в современной биосфере	97
Баринов Г.В., Лещенко Л.Н. Исследование ассимиляции углерода-14 фитопланктоном Субтропической и Тропической Атлантики на основе кинетического подхода	106
Рисик Н.С., Минарева Н.И., Ахметов А.Ш., Ткаченко В.Я. Радиоактивное загрязнение нейстона и поверхностного планктона в районе высокой продуктивности	114
Рисик Н.С., Лещенко Л.Н., Парчевская Д.С. Токсическое действие урана и тория на зоопланктонные организмы <i>Calanus minor</i>	119

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В ТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ОКЕАНА**

**Печатается по постановлению ученого совета
Института биологии южных морей им. А.О.Ковалевского
АН УССР**

**Редактор А.И.Кузьменко
Художественный редактор Н.И.Возный
Технический редактор Т.М.Зубрицкая
Корректор Н.Б.Игнатовская**

Подписано к печати 18.XI 1975 г. БФ 37374. Бумага офс. № 2, 60x84 1/16. Усл.печ.листов 7,44. Уч.-изд.листов 7,35. Тираж 500. Зак. № 5-902. Изд. № 234И. Цена 46 коп.

Издательство "Наукова думка". Киев, Репина, 3.
Киевская типография научной книги Республиканского производственного объединения "Полиграфкнига" Госкомиздата УССР. Киев, Репина, 4.