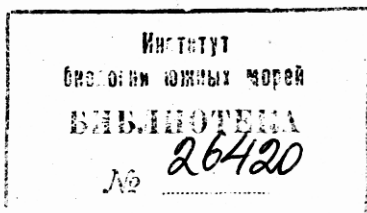


АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ
им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ПРОВ 98

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В ТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ОКЕАНА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ - 1975

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 биолумinesцентного поля. В последнее время биолумinesцентное 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 биолумinesцентного излучения и выявление функциональной связи его интенсивности с качественными и количественными характеристиками планктона;

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

4) выявление планктонных биолумinesцентных 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 биолумinesценции 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 биолумinesцентного 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-
близительной 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-
ль- 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
фо- минимальной величине сигнала при выдерживании прибора на горизон-
тах. При зондировании биолюминесцентного поля был рассчитан био-
то- люминесцентный потенциал для слоя толщиной в 2,5 м. Затем получен-
мет- ные величины биолюминесцентного потенциала были укрупнены для
то- 10-метрового слоя.

Характеристика планктона по меридиональному разрезу 18° з.д.

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).

Подробные исследования планктона верхней 100-метровой толщи
и- обнаружили постоянное существование довольно широкой полосы вдоль
н- экватора от 2° с.ш. до 8° ю.ш. протяженностью от 0 до 25° з.д.
о- с биологическими показателями, позволяющими относить эти воды к
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

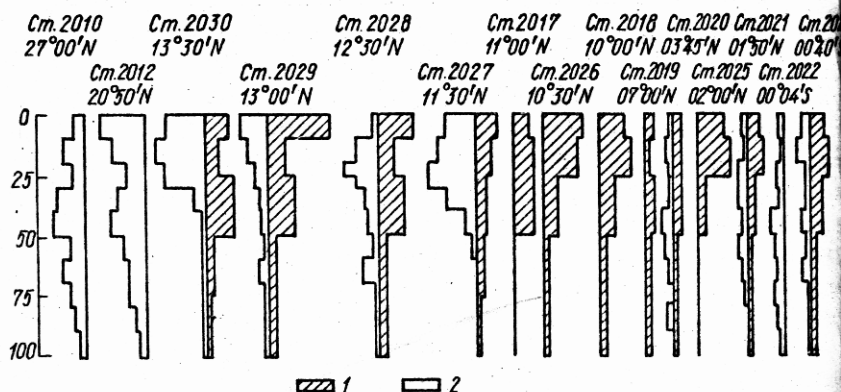


Рис. I. Пространственное распределение планктона и биолюминесценции по станциям меридионального разреза по 18° з.д.:
1 - $1,2 \text{ см}^3/\text{м}^3$; 2 - $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ мквт/см}$.

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, сифонофоры, 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, разобобщенных 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, оказывающихся 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.

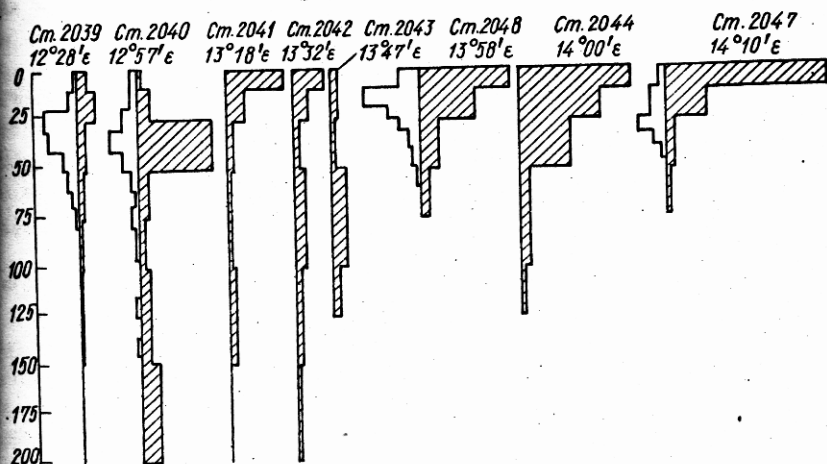


Рис.2. Пространственное распределение планктона (1) и биологической флуоресценции (2) на разрезе станций по шельфу у Юго-Западной Африки. Условные обозначения те же, что на рис.1.

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 — *Pseudo-nitzschia 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* *facilis*, *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 его 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 биolumинесценции в минуту в верхних горизонтах составляет 20-40, уменьшаясь незначительно с глубиной. Амплитудное распределение составляющих биolumинесцентное 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 биolumинесцентных всплесков оказывается близким, однако на глубинах от 50 м и ниже биolumинесценция полностью отсутствует.

Максимальная интенсивность биolumинесцентного 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 биolumинесцентного поля характеризуется наличием одного максимума, приходящегося на слой 30-40 м на западных станциях разреза; на прибрежных станциях максимум биolumинесценции располагается несколько выше, занимая слой 10-30 м, как правило, он находится ниже слоя с наибольшими величинами сетного сестона. С глубиной интенсивность биolumинесценции быстро снижается, полностью отсутствуя на глубинах 50 м и ниже на прибрежных станциях. На западных станциях разреза интенсивность биolumинесценции 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 биolumинесценции 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 $0,29 \text{ см}^3/\text{м}^3$.

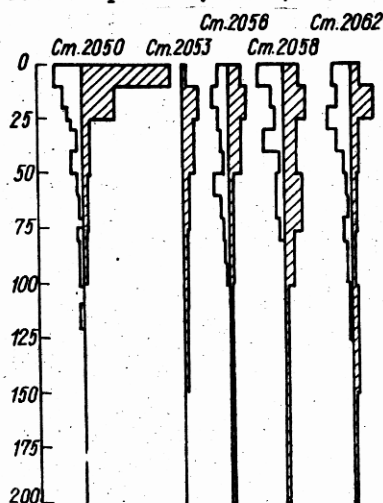


Рис.3. Пространственное распределение планктона (1) и биолюминесценции (2) на полигоне станций у берегов Юго-Западной Африки. Условные обозначения те же, что на рис.1.

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.