

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА ПЛАНКТОНА И ПИТАНИЕ САРДИНЕЛЛЫ В ПРОМЫСЛОВЫХ РАЙОНАХ У ЗАПАДНЫХ БЕРЕГОВ АФРИКИ

Н. С. ХРОМОВ

В 1957—1958 гг. советские исследователи обнаружили у западных берегов Африки в районах Дакара и Такоради промысловые придонные скопления сардинеллы. В настоящее время их успешно облавливают советские рыбаки. В связи с тем, что сардинелла является типичным планктофагом и что хищничают только некоторые особи [18], при поиске и изучении поведения и распределения ее большое внимание уделялось планктонологическим исследованиям.

По литературным данным, в тропической и субтропической зонах Атлантического океана, несмотря на общую их бедность, имеется несколько продуктивных областей. Е. Hentschel [16] и Н. Friedrich [13] в северо-восточной части средней Атлантики выделяют две такие области: в районе Канарского течения и в Гвинейском заливе, причем Е. Hentschel считает северную часть Гвинейского залива районом, бедным планктоном. Американские исследователи Н. Hayes и Т. Austin [15], разбирая явление нарушения естественной окраски вод (discolored) в Мировом океане в связи с развитием планктона, отмечают, в частности, изменение окраски воды в связи с интенсивным развитием планктона в районе м. Зеленого и в северной части Гвинейского залива. Однако все эти указания носят очень общий характер, точных количественных данных нет, а масштабы приводимых карт чрезвычайно малы.

Таким образом, районы Дакара и Такоради до последнего времени оставались почти неизученными, если не считать небольших работ Г. Б. Семеновой [5, 6] и наших [7, 8].

В последнее время появилась работа V. Bainbridge [11] по планктону прибрежной части Гвинейского залива, в которой указано количественное распределение сестона от берега до изобаты 100 м на протяжении от м. Три-Пойнтс до о-ва Фернандо-По, причем основное внимание уделено преобладающей форме — веслоногому рачку *Calanoides carinatus*. Эта работа, несмотря на небольшой объем, представляет определенный интерес, так как планктон собран вертикальными ловами и район советского промысла сардинеллы совпадает с местом наибольшего количества планктона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В настоящей работе использованы материалы по планктону и питанию сардинеллы, собранные с июля по ноябрь 1957 г., в июле 1958 г. и с октября 1958 г. по январь 1959 г. Планктон собирали сетями Джеди с диаметром входного отверстия 37 см, изготовленными из мельничного сита № 38 и 61. Сборы производили вертикальными фракционными ловами по горизонтам 200—100, 100—50, 50—25, 25—10 и 10—0 м и лишь иногда из-за недостатка времени — по горизонтам 200—50, 50—20 и 20—0 м. В некоторых случаях, при невозможности облова по горизонтам в связи с неблагоприятными условиями работы, для выяснения общего количественного обилия планктона применяли тотальные вертикальные ловы с глубины 200 м или от дна (на меньших глубинах) до поверхности.

В общей сложности сделано 210 планктонных станций и собрано 845 проб зоопланктона. Взято также около 900 желудков сардинеллы, однако большая часть их собрана по обычной методике, которая оказалась непригодной для тропических планктоноядных рыб [7]. Мы обработали около 300 желудков, после чего пришли к выводу, что большая часть оставшегося материала не может быть обработана даже количественно.

Все пробы зоопланктона предварительно обработаны качественно и количественно: определен состав преобладающих форм, количественное соотношение основных групп фито- и зоопланктона и объем сестона волюмометром В. А. Яшнова [9]. Состав пищи сардинеллы также просматривали в полевых условиях под биноклем.

Часть материалов по планктону и питанию сардинеллы прошла камеральную лабораторную обработку по стандартной счетной методике с переводом числа экземпляров каждого вида на его биомассу. Однако ряд форм фитопланктона и второстепенных в кормовом отношении групп зоопланктона до вида не определяли. Основное внимание при обработке

уделяли наиболее важной в кормовом отношении группе — веслоногим рачкам, из которых удалось определить более 120 видов [8]. Для видов с высокой численностью принят стандартный вес, полученный непосредственным взвешиванием или вычисленный по геометрической форме и размерам животных¹.

КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПЛАНКТОНА В РАЙОНАХ ДАКАРА И ТАКОРАДИ

По числу видов в фитопланктоне преобладали в обоих районах диатомовые водоросли (*Rhizosolenia*, *Chaetoceros*), в меньшей мере перидиниевые (*Ceratium*, *Peridinium*). По количеству доминировали три формы: сине-зеленая водоросль *Oscillatoria thiebautii* (в районе Такоради осенью и в районе Дакара летом и осенью), диатомея *Hemidiscus* sp. (в районе Гамбия — Фритаун осенью) и диатомея *Thalassiosira subtilis* (в районе Дакара зимой и весной). Разнообразные перидиниевые в небольшом количестве встречались на протяжении всех сезонов.

Из зоопланктона по обилию выделялась группа веслоногих рачков — обычно не менее 40—60% общей биомассы планктона. Численность их колебалась от 2000 до 6000 экз/м³, а биомасса — от 80 до 150 мг/м³ (иногда до 900—1200 мг/м³).

Планктон районов Дакара и Такоради над глубинами 60—90 м носит ярко выраженный неритический характер. Среди калянид наиболее массовыми являются виды: *Paracalanus parvus*, *P. aculeatus*, *Clausocalanus furcatus*, *C. arcuicornis*, *Eucalanus monachus*, *E. pileatus*, *Temora turbinata*, *T. stylifera*, *Centropages furcatus*, *Calanoides carinatus*, *Nannocalanus minor*, *Undinula vulgaris*; встречаются *Scolecithrix danae*, *Scolecithricella* spp., *Euchaeta marina*, *E. concina* и др.

Среди циклопид преобладают *Oithona similis*, *O. plumifera*, *Oncaea venusta*, *Corycaeus* spp. Харпактиконды чаще всего представлены *Macrosetella gracilis*. V. Bainbridge для прибрежной зоны от м. Три-Пойнтс до о-ва Фернандо-По указывает именно эти формы как наиболее массовые, выделяя *Calanoides carinatus*, *Paracalanus parvus*, *Temora turbinata*, *T. stylifera*. По нашим данным, в неритическом планктоне прибрежных районов представители рода *Paracalanus*, *Clausocalanus*, *Eucalanus*, *Temora*, *Centropages*, *Calanoides*, *Oncaea* часто преобладали над всеми другими группами.

На протяжении всех периодов исследования в планктоне обычно были представлены все возрастные стадии массовых форм веслоногих рачков, масса науплиусов и яиц. Науплиусы веслоногих рачков в пробах из верхних слоев воды при лове сетью Джеди из сита № 38 составляли от 6 до 23% общей численности копепод (190—2500 экз/м³).

При лове сетью Джеди из сита № 61 содержание их увеличивалось до 35—50%, а численность — до 10—19 тыс. экз/м³. Очевидно, на протяжении года веслоногие рачки непрерывно размножаются, происходит непрерывная смена их генераций. Нечто подобное наблюдается и у других массовых зоопланктонных форм: сагитт, ойкоплевр, остракод, эуфаузиид и др.

Обычно при повышении общей биомассы зоопланктона численность копепод увеличивается быстрее, чем их биомасса, т. е. средний вес одно-

¹ Индивидуальный вес организмов определен сотрудником лаборатории кормовой базы и промысловых беспозвоночных ВНИРО И. П. Канаевой. Водоросли определены сотрудником Института океанологии АН СССР Л. И. Смирновой и сотрудником ВНИРО О. А. Мовчан. Приношу им благодарность за оказанную помощь. Пользуясь случаем выразить глубокую благодарность Л. Г. Виноградову за консультации и советы при написании настоящей работы.

го рачка уменьшается. Это явление объясняется в основном увеличением количества мелких форм (*Oithona* spp., *Coqualea* spp., *Paracalanus* spp.) Например, с июля по октябрь количество *Paracalanus* spp. в прибрежных участках в районе Дакара увеличилось с 290 до 870 экз/м³, *Oithona* spp. — с 460 до 1960 экз/м³, *Coqualea* spp. — с 75 до 290 экз/м³, т. е. более чем в три раза, в то время как биомасса веслоногих рачков увеличилась всего в 1,5—1,7 раза.

Большую роль в планктоне на протяжении всех периодов исследования играли *Chaetognatha*. Наиболее многочисленны они в верхних слоях, где их биомасса обычно не менее 10—50 мг/м³ (при численности 20—100 экз/м³), а иногда достигает 160 мг/м³ (ст. 112, 21 сентября 1957 г., горизонт 20—0 м). В нижних слоях щетинкочелюстных несколько меньше, но и там их биомасса обычно не менее 10 мг/м³.

Большое значение в зоопланктоне имели *Lucifer* sp. и личинки *Decapoda*. В конце сентября в районе Дакара особенно развился *Lucifer* sp., количество которого по сравнению с июлем возросло в 30—36 раз и достигло 50—120 экз/м³. В верхних слоях ночью концентрация *Lucifer* sp. составляет 450 экз/м³ (ст. 117, 29 сентября 1957 г., горизонт 10—0 м).

Из других кормовых групп большое значение в ряде случаев имели ракушковые рачки (*Conchaeia* spp.), ойкоплевры, фритиллярии, иногда планктические моллюски.

В некоторые периоды в относительно большом количестве развивались не кормовые организмы: различные сифонофоры (в основном род *Muggia*) и бочоночники, однако размеры их были очень малы (сифонофоры 3—5 мм, иногда 10—15 мм, бочоночники 0,5—3 мм) и биомасса невелика.

Над глубинами 200—400 м планктон, особенно в периоды ослабления сгонных явлений, несколько отличался от неритического прибрежного планктона. Помимо общего обеднения его, наблюдалось большое разнообразие форм животных. В значительно большем количестве попадались океанические виды: *Pleuromamma*, *Lucicutia*, *Euchaeta marina*, *E. hebes*, *Heterorhabdus papilliger* из копепод, сальпы, радиолярии, сифонофоры и др. Роды *Paracalanus*, *Clausocalanus*, *Eucalanus*, *Temora*, *Centropages* не преобладали в такой степени, как на более мелководных участках материковой ступени. Глубже 50 м планктон на этих станциях имел уже типично океанический характер: не наблюдалось преобладания каких-либо видов, биомасса зоопланктона не превышала 50—70 мг/м³, молодые стадии были представлены в значительно меньшем количестве, чем у берега.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАНКТОНА И ДИНАМИКА ВОДНЫХ МАСС У ЗАПАДНЫХ БЕРЕГОВ АФРИКИ

Воды, омывающие западное побережье Африки к северу от экватора, в то или иное время попадают под воздействие северо-восточного пассата. Летом его влиянию подвержен в основном район к северу от 20° с. ш. В Гвинейском заливе в это время преобладают ветры юго-западного направления (муссон Гвинейского залива), приносящие много влаги и осадков, а в районе мыса Зеленого — слабые ветры, неустойчивые по направлению.

Зимой северо-восточный пассат смещается в низкие широты и район Дакара оказывается почти в центре сферы его действия. Влияние пассата ощущается и в Гвинейском заливе [1]. От сезонных изменений направления и устойчивости ветров в большой степени зависит динамика прибрежных вод всего западного побережья Африки.

Постоянные течения (Канарское и Гвинейское), омывающие западные берега Африки, в результате действия силы Кориолиса отходят от берегов, что вместе с влиянием сгонных северо-восточных ветров вызывает подъем глубинных вод вдоль побережья западной Африки.

В ряде районов на гидрологию прибрежных вод, особенно расположенных на мелководье, большое влияние оказывает значительный мате-

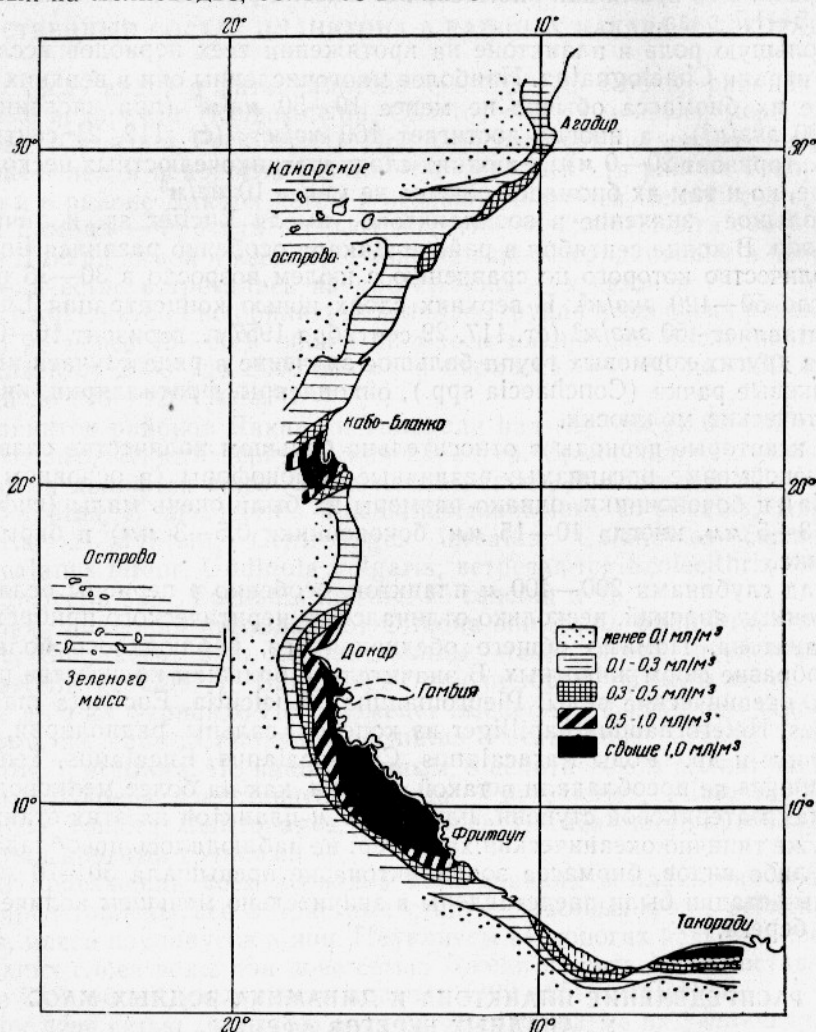


Рис. 1. Распределение сестона (в мл/м³) в верхнем 200-метровом слое (на меньших глубинах во всей толще воды) у берегов западной Африки в летне-осеннее время.

риковый сток. Особенно велико его значение в районах Дакар—Фритаун и Такоради—Ломе, где впадают многоводные реки Гамбия и Вольты и др. [1].

Гидрологические условия вдоль западного побережья Африки способствуют обильному развитию планктона в неритической зоне, особенно в районах интенсивного подъема подповерхностных вод или большого берегового стока.

На основании данных первичной обработки проб планктона мы составили карту (рис. 1) распределения сестона у западных берегов Аф-

рики от Агадира до Такоради [7]. Наши данные по количественному распределению планктона в общих чертах согласуются с данными Е. Hentschel и Н. Friedrich. Отличие состоит в том, что наибольшим развитием планктона в прибрежной зоне характеризуется район от Зеленого мыса до Фритауна. Ни Е. Hentschel, ни Н. Friedrich этого не отмечали.

Основные скопления планктона наблюдались в районе м. Кабо-Бланко, где в связи с очертаниями береговой линии происходит интенсивный подъем вод; в районе Дакар—Фритаун, где наряду с подъемом

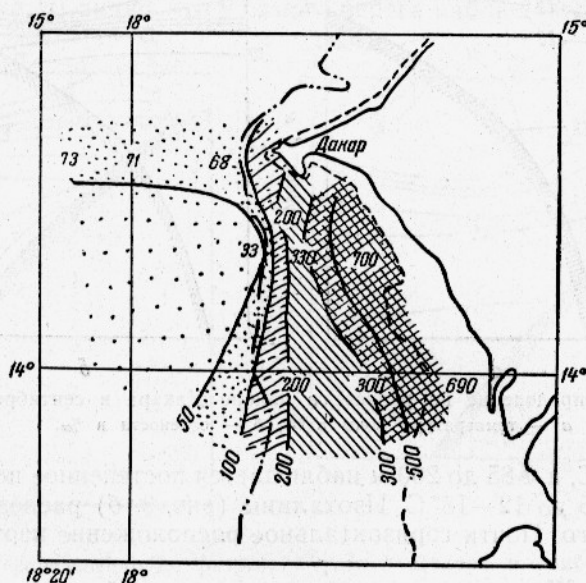


Рис. 2. Распределение кормового зоопланктона (в мг/м^3) в районе Дакара в августе—сентябре 1957 г. в слое 200 (дно) — 0 м.

подповерхностных вод прибрежные воды обогащаются биогенами за счет значительного берегового стока, и в районе Такоради—Ломе, где развитию планктона также благоприятствуют оба указанных фактора. Несмотря на то что наши сборы были ограничены долготой Такоради, можно думать, что район большого скопления планктона простирается до Ломе (01° в. д.). V. Vainbridge отмечает, что в северной части Гвинейского залива планктон наиболее обилен вдоль побережья от м. Три-Пойнтс до Ломе с максимумом около устья реки Вольта.

Районы Дакара и Такоради, как было отмечено выше, расположены в области действия сгонных ветров и значительного берегового стока. Попеременное действие этих факторов в течение года оказывает, как мы увидим, решающее влияние на богатство прибрежных вод планктоном. Постоянное богатство района Дакара обусловлено и его физико-географическим положением, т. е. его защищенностью Зеленым мысом от сравнительно бедных вод Канарского течения.

По мере удаления от берега количество планктона быстро снижается (см. рис. 1). Особенно хорошо это явление прослежено для гидрологического лета в районе Дакара. Наибольшее количество кормового зоопланктона в это время было сосредоточено на шельфе до глубин 80—120 м, где проходит изопланкта 200 мг/м^3 (рис. 2). С увеличением общей глубины количество планктона резко уменьшается, в связи с чем изопланкты располагаются почти параллельно изобатам.

Район Дакара расположен в сфере действия северо-восточного пассата. Летом пассат смещается на север и сгонные явления, обычно хорошо выраженные, ослабевают. В сентябре температура воды на поверхности всюду превышает 28°C . На разрезе (рис. 3, а) все изотермы располагаются почти горизонтально. На глубине 45 м температура сни-

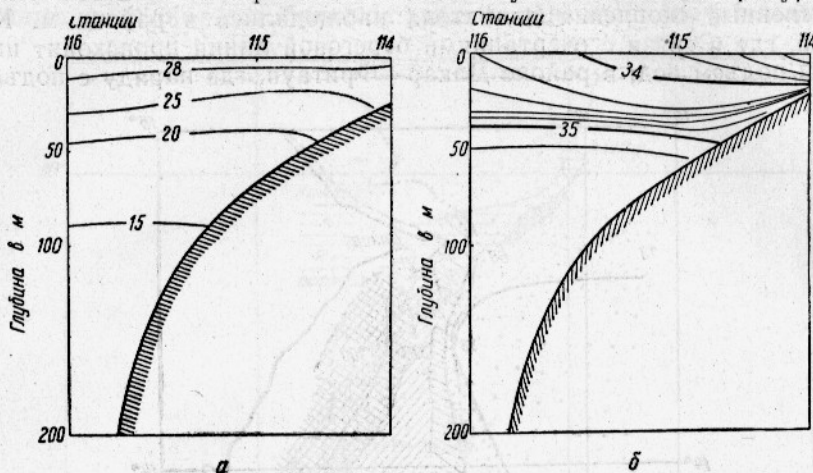


Рис. 3. Распределение на разрезе в районе Дакара в сентябре 1957 г.: а — температуры воды в $^{\circ}\text{C}$; б — солености в ‰.

жается до 20°C , а с 85 до 200 м наблюдается постепенное понижение температуры от 15 до $12-13^{\circ}\text{C}$. Изохалины (рис. 3, б) располагаются также очень полого. Почти горизонтальное расположение изотерм и изоха-

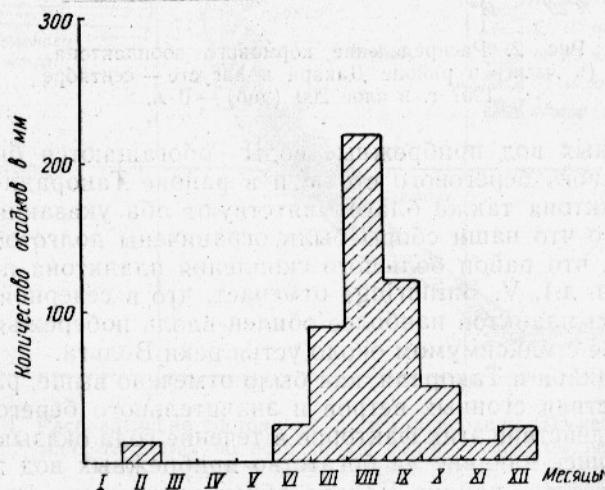


Рис. 4. Количество осадков в районе Дакара (по данным Морского атласа).

лин свидетельствует о том, что водные массы в это время находятся в спокойном состоянии. Глубинные воды, богатые биогенами, не поднимаются. Однако и в это время в районе Дакара наблюдается повышенное количество планктона (см. рис. 1, 2).

Прибрежная поверхностная вода заметно опреснена (см. рис. 3, б). Соленость на поверхности составляет менее $33,5\text{‰}$. Вода с океанической

соленью занимает шельф, начиная с глубины 60—80 м. Опреснение вызвано сильно увеличивающимся в конце лета береговым стоком (рис. 4). Можно думать, что с пресными водами и доставляются биогены, на основе которых происходит развитие фитопланктона.

В ноябре в результате действия северо-восточного пассата начинается стгон поверхностных вод в океан. По данным Украинской рыбопромысловой экспедиции на РТ «Жуковский» в 1959 г., у берега температура воды на поверхности снижается до 25,5—26° С. По расположению изотерм (рис. 5, а) видно, что у самого берега наблюдается незначитель-

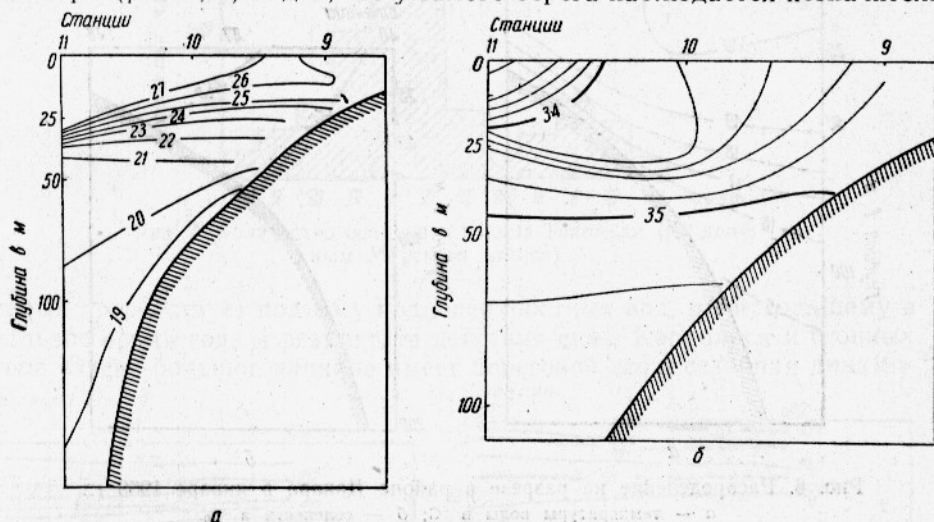


Рис. 5. Распределение на разрезе в районе Дакара в ноябре 1958 г.:
а — температуры воды в °С; б — солёности в ‰.

ный подъем относительно холодной подповерхностной воды. В то же время несколько опресненная прогретая поверхностная вода смещается в океан (рис. 5, б). Подповерхностная вода богата биогенами, поэтому при ее подъеме прибрежная зона обогащается фосфатами, нитритами, нитратами и другими биогенными элементами (табл. 1, по данным Д. В. Богданова).

Таблица 1

Номер станции	Глубина в м	Горизонт в м	NO_2' в мг/л	NO_3' в мг/л	PO_4''' в мг/л
9	25	0	1,57	5,0	15,0
		25	13,15	10,0	31,4
10	75	0	0,29	Нет	9,8
		25	7,85	7,15	10,4
		50	2,27	33,73	36,9
11	400	0	Нет	Нет	10,2
		25	0,33	Нет	10,2
		50	3,63	10,0	27,2

В январе поверхностные воды сгоняются в океан еще более интенсивно. В результате подъема относительно холодных подповерхностных вод температура всех слоев воды значительно понижается (рис. 6, а) и даже

на поверхности у берега оказывается ниже 20°C , а соленость повышается почти до океанической во всей толще воды (рис. 6, б). Береговой сток в это время сильно уменьшается (см. рис. 4) и даже у самого берега на поверхности соленость составляет 35,23‰. Однако в связи с тем, что реки этого района многоводны в течение всего года, влияние берегового стока, хотя и очень слабое, все же ощущается.

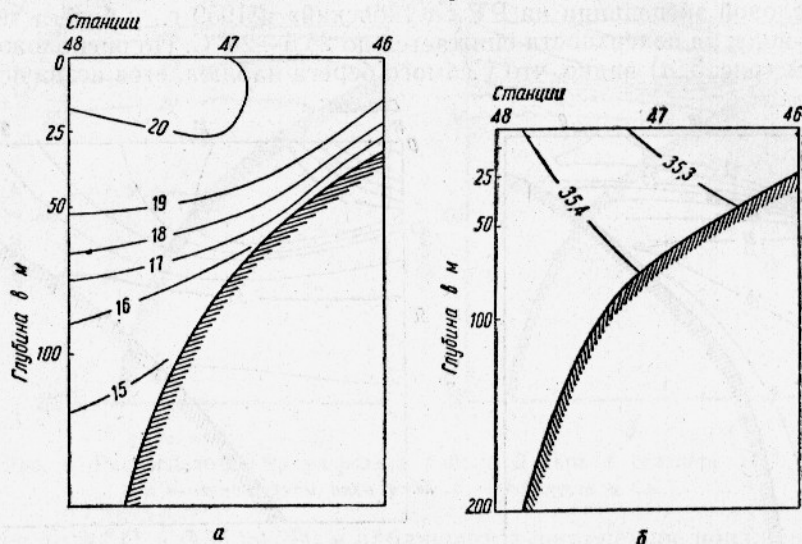


Рис. 6. Распределение на разрезе в районе Дакара в январе 1959 г.:
а — температуры воды в $^{\circ}\text{C}$; б — солености в ‰.

Несмотря на то что береговой сток приносит в это время мало биогенов, количество их в прибрежной зоне все же очень велико (табл. 2, по данным Д. В. Богданова), что возможно только в результате описанного интенсивного подъема подповерхностных вод.

Таблица 2

Номер станции	Глубина в м	Горизонт в м	NO_2' в мкг N/л	NO_3' в мкг N/л	PO_4''' в мкг P/л
46	31	0	1,58	18,42	3,99
		25	8,67	61,33	36,50
47	75	0	2,01	8,00	14,30
		25	2,01	8,00	15,70
		50	3,31	46,70	42,16
48	400	0	Нет	10,00	11,64
		25	0,15	10,00	16,74
		50	3,23	17,00	43,75

По другим сезонам мы не располагаем детальными гидрологическими материалами, однако по данным второго рейса РТ «Казань» известно, что температура воды на поверхности в районе Дакара в феврале—апреле колебалась от $21,8$ до $17,5^{\circ}\text{C}$, т. е. была очень низкой. Нужно полагать, что интенсивный подъем относительно холодных подповерхностных вод, богатых биогенными элементами, продолжается в течение всей зимы и весны. В мае в районе Дакара поверхностный слой воды прогревается до

27—29° С. Приведенные данные по сгону поверхностных вод хорошо согласуются с ветровым режимом этого района [1].

Район Такоради подвержен сгонному влиянию северо-восточного пассата зимой и весной. Летом преобладает муссон Гвинейского залива,

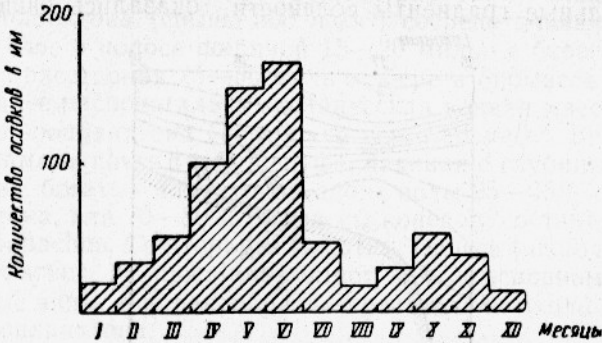


Рис. 7. Количество осадков в районе Такоради (по данным Морского атласа).

который препятствует подъему подповерхностных вод, происходящему в остальное время года в результате действия силы Кориолиса и сгонных ветров. Очень большое влияние имеет береговой сток, сезонная динами-

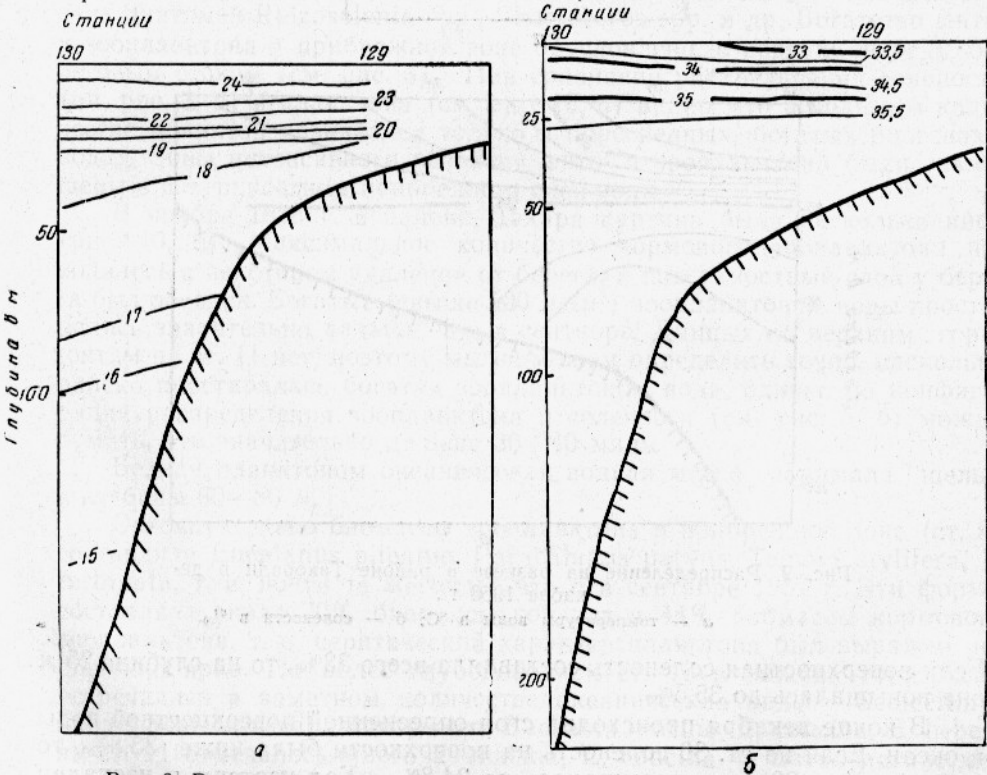


Рис. 8. Распределение на разрезе в районе Такоради в октябре 1957 г.: а — температуры воды в °С; б — солености в ‰.

ка которого (рис. 7) значительно отличается от динамики берегового стока в районе Дакара (см. рис. 4). Для Гвинейского залива мы рассмотрим два резко отличных сезона: осень и начало зимы.

В начале октября в районе Такоради наблюдалось значительное — до 32,7‰ — опреснение поверхностных слоев воды. Судя по ходу изотерм и изохалин (рис. 8, а, б), заметного подъема подповерхностной воды не было, что привело к устойчивой стратификации вод. В связи с этим вертикальные градиенты солености оказались очень большими.

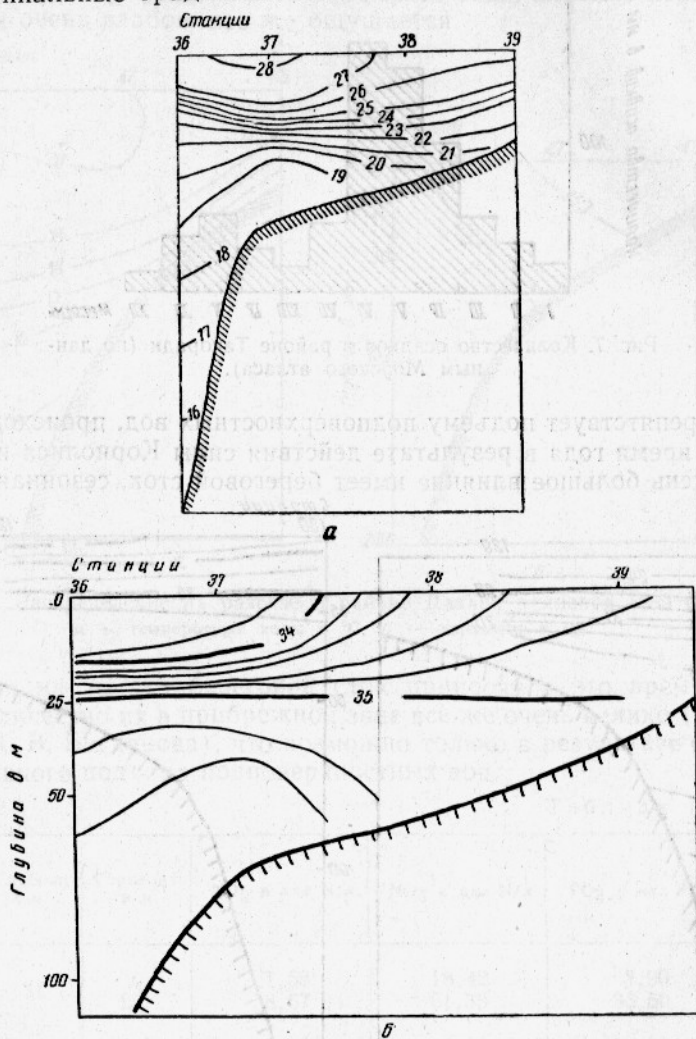


Рис. 9. Распределение на разрезе в районе Такоради в декабре 1958 г.:

а — температуры воды в °С; б — солености в ‰.

Если поверхностная соленость составляла всего 33‰, то на глубине 25 м она повышалась до 35,5‰.

В конце декабря происходил сгон опресненной поверхностной воды в океан. Если на ст. 36 соленость на поверхности была ниже 33,8‰, то у берега (ст. 39) она повышалась до 34,8‰. Ход изотерм и изохалин (рис. 9, а, б) свидетельствует что у берега наблюдается незначительный вынос подповерхностной воды. Однако четкой картины подъема вод в связи с сильным течением в этом районе не наблюдается.

В результате обильного снабжения биогенами с береговым стоком и подповерхностными водами на шельфе и над склоном развивается обыч-

но большое количество фито- и зоопланктона, в связи с чем сильно меняется цвет и прозрачность прибрежной воды.

В сентябре 1957 г. в районе Дакара кормовой зоопланктон скапливался в поверхностном прибрежном слое (рис. 10, а). Максимальное количество зоопланктона (свыше 500 мг/м^3) сосредоточивалось в верхнем 25-метровом слое в полосе шириной 15—20 миль от берега. На глубине 40—50 м и на расстоянии 25—30 миль от берега биомасса снижалась до 200 мг/м^3 . Далее располагалась океаническая водная масса, где биомасса кормового зоопланктона составляла всего 50 мг/м^3 . Бедная планктонная вода занимала почти треть шельфа, начиная с глубины 50—75 м.

В верхних, богатых планктоном слоях воды 25—35% общей биомассы зоопланктона, или 70—80% биомассы копепоид, составляли *Eucalanus pileatus*, *E. monachus*, *Centropages furcatus*, *Temora turbinata*, *T. stylifera*, *Paracalanus parvus*, *Nannocalanus minor*, т. е. в основном неритические поверхностные виды. Все ракообразные составляли около 85% от общей биомассы зоопланктона.

При большем удалении от берега (ст. 116) перечисленные виды составляли только 37% от биомассы копепоид, а в нижних горизонтах — всего 18%, т. е. планктон приобретал уже не неритический, а океанический характер.

В районе Дакара наблюдалось также довольно интенсивное развитие фитопланктона: сине-зеленой *Oscillatoria thiebautii* и в меньшей степени диатомей *Rhizosolenia* spp., *Chaetoceros* spp. и др. Богатство фито- и зоопланктона в прибрежной зоне обусловлено, в первую очередь, береговым стоком (см. рис. 3). При сравнении распределения солености (см. рис. 3, б) и планктона (см. рис. 10, а) видно, что в большом количестве планктон развивался только в опресненных, богатых биогенами водах. Зоны интенсивного развития фито- и зоопланктона были совмещены в поверхностном прибрежном слое воды.

В ноябре 1958 г. в районе Дакара картина была несколько иной (рис. 10, б). Максимальное количество кормового зоопланктона находилось в некотором удалении от берега, а поверхностный слой у берега был обеднен. Богатые (свыше 500 мг/м^3) зоопланктоном воды простирались значительно дальше, чем в сентябре. Данных по верхним горизонтам на ст. 11 нет, поэтому мы не можем определить точно, насколько далеко простиралась богатая зоопланктоном вода, однако по конфигурации распределения зоопланктона и солености (см. рис. 5, б) можно думать, что значительно дальше 30—40 миль.

Бедная планктоном океаническая водная масса занимала шельф с глубины 60—80 м.

Основную долю биомассы зоопланктона в прибрежной зоне (ст. 9) составляли *Eucalanus pileatus*, *Paracalanus parvus*, *Temora stylifera*, *T. turbinata*, т. е. почти те же виды, что и в сентябре 1957 г. Эти формы составляли около 70% биомассы копепоид и 44% биомассы кормового зоопланктона, т. е. неритический характер планктона был выражен достаточно ярко. На более глубоководной ст. 10 в нижних горизонтах встречались в заметном количестве океанические виды: *Scolecithrix danae*, *Scolecithricella auropecten*, *Euchaeta marina*, *E. concina*, *E. hebes*; на ст. 11 отмечалось много *E. marina*, *E. concina* и батипелагические виды родов *Lusicutia*, *Pleuromamma*.

У берегов в поверхностных слоях наблюдалось значительное развитие фитопланктона: сине-зеленой *Oscillatoria thiebautii* и диатомей *Thalassiosira subtilis*. Много водорослей наблюдалось и в опресненных водах, где они почти полностью потребили биогенные элементы, особенно нитриты и нитраты (см. табл. 1). У берега же, где биогены поступали в

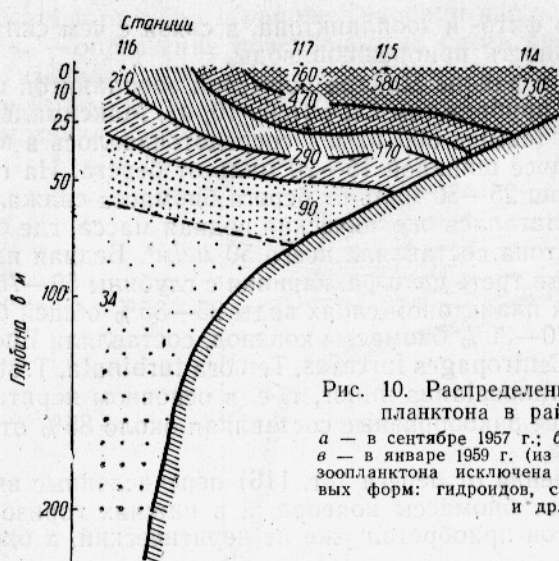
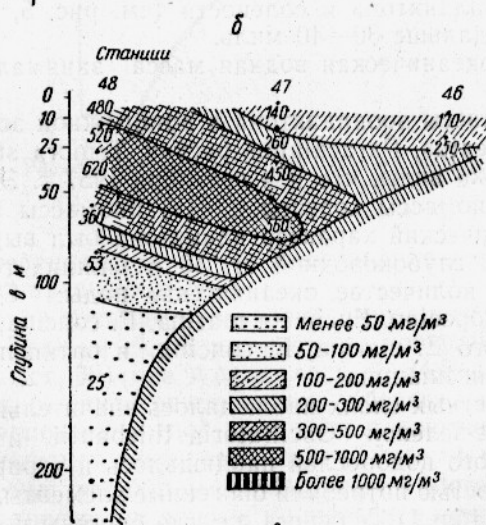
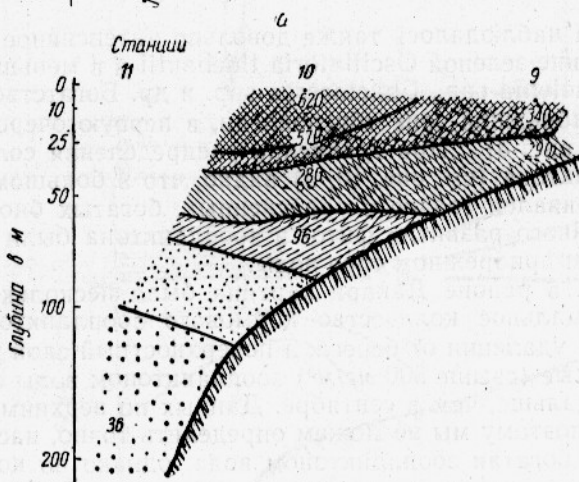


Рис. 10. Распределение кормового зоопланктона в районе Дакара:

а — в сентябре 1957 г.; б — в ноябре 1958 г.; в — в январе 1959 г. (из суммарной биомассы зоопланктона исключена биомасса некормовых форм: гидроидов, сальп, бокопучников и др.).



результате подъема подповерхностных вод (см. рис. 5), несмотря на обильное развитие водорослей, количество биогенов достаточно велико (см. табл. 1, ст. 9). Видимо, вынос их из глубины был достаточно интенсивным и водоросли не успевали полностью их потреблять. Зоны интенсивного развития фито- и зоопланктона начали в это время несколько разобщаться. Максимальное скопление зоопланктона наблюдалось в некотором удалении от берега, в то время как фитопланктон наиболее богато был представлен у самого берега, в районе выноса подповерхностных вод.

В январе 1959 г. в районе Дакара наблюдалось бурное развитие планктона (рис. 10, в). Наибольшее количество кормового зоопланктона было сосредоточено в 20 милях от берега в слое 30—75 м и в 30 милях от берега в слое 10—50 м. Несколько необычное распределение зоопланктона нельзя объяснить суточной вертикальной миграцией, так как ст. 43, на которой основная масса зоопланктона находилась в верхних слоях воды, была взята в 13 ч 45 мин местного времени, а ст. 47, где максимум зоопланктона расположен значительно ниже, — в 08 ч 30 мин. Такое распределение вызвано, вероятно, тем, что на прибрежных станциях в верхних слоях воды в это время развивалось огромное количество фитопланктона.

Биомассу доминирующей водоросли — диатомеи *Thalassiosira subtilis* — мы подсчитали в уловах сетью Джеди из газа № 38. Сетью могла быть уловлена только часть колоний этой водоросли, достигавших размеров не менее 0,5—1 мм в диаметре. Однако даже эта небольшая часть пойманных колоний, подсчитанная нами при обработке зоопланктона в камере Богорова, достигала на ст. 46 в слое 10—0 м 300 мг/м³, а на ст. 47 — 375 мг/м³. Разрушенные колонии не просчитывали, масса более мелких колоний прошла через сито сети и, кроме того, в пробах было много других мелких планктонных водорослей (*Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia* spp. и др.) так что истинная биомасса водорослей была в несколько раз больше и, очевидно, составляла несколько граммов в 1 м³. Можно думать, что фитопланктон вытеснил зоопланктон из зоны интенсивного «цветения». Это явление широко известно и для других областей океана [14], однако причины, вызывающие его, пока неясны. Основное количество зоопланктона, таким образом, сосредоточивалось несколько ниже и по краям зоны цветения.

В январе ведущую роль в зоопланктоне играли *Eucalanus monachus*, *Nannocalanus minor*, *Calanoides carinatus*, впервые встреченный в этом районе в массовом количестве, *Clausocalanus furcatus* и *C. arcuicornis*. Значительно меньше стало *Temora turbinata*, *T. stylifera*, *Centropages furcatus* и *Paracalanus parvus*, т. е. качественный состав преобладающих форм несколько изменился по сравнению с ноябрем. В планктоне было много науплиусов, особенно рода *Eucalanus*. Кроме того, постоянно встречались различные *Euchaeta*, *Pleuromamma*, *Lucicutia*, *Scolecithri-cellula*.

Постоянное попадание *Lucicutia*, *Pleuromamma*, *Euchaeta* и других океанических форм свидетельствует о том, что на шельф поднимались океанические воды. Это подтверждается и гидрологическими данными (см. рис. 6), причем подъем был настолько интенсивным, что вызвал охлаждение всей прибрежной массы воды. В зону фотосинтеза поступало большое количество биогенов, поэтому, несмотря на бурное развитие фитопланктона, их в воде было больше, чем в ноябре (см. табл. 1 и 2).

Ширина зоны со значительным количественным развитием планктона составляла в январе не менее 60—100 миль (в предшествующие сезоны от 15 до 30—40 миль). Расширение ее произошло в связи с тем, что

интенсивный подъем подповерхностной воды приводит к обогащению биогенами значительно больших водных масс, чем береговой сток, а также в связи с тем, что обогащенные биогенами поверхностные воды с развившимся в них планктоном выносятся сгонными ветрами в океан.

Как было отмечено выше, в феврале—апреле интенсивный подъем подповерхностных вод продолжался. По данным Г. Б. Семеновой [5], в апреле в районе Дакара над шельфом водоросли составляли 95—99% всего объема сестона. Количество зоопланктона было незначительным, в то время как объем сестона достигал $0,98 \text{ мл/м}^3$. Вероятно, и в это время основные скопления зоопланктона были сосредоточены где-то по краю зоны цветения, в удалении от берега.

Из изложенного следует, что сбор планктонных материалов на разрезах, ограниченных глубиной 400—500 м, явно недостаточен, так как в сезоны, когда происходит сгон поверхностных вод в океан, даже на самых удаленных от берега станциях количество фитопланктона еще очень велико и полноценной картины распределения планктона такие короткие разрезы не дают. Мы не можем полностью оценить продуктивную зону как раз в те периоды, когда интенсивное развитие планктона охватывает наиболее широкую полосу прибрежных вод. По общему ходу распределения планктона на разрезе можно лишь предполагать, что воды с высоким количественным развитием планктона зимой и весной распространяются в океан на 80—100 миль от берега.

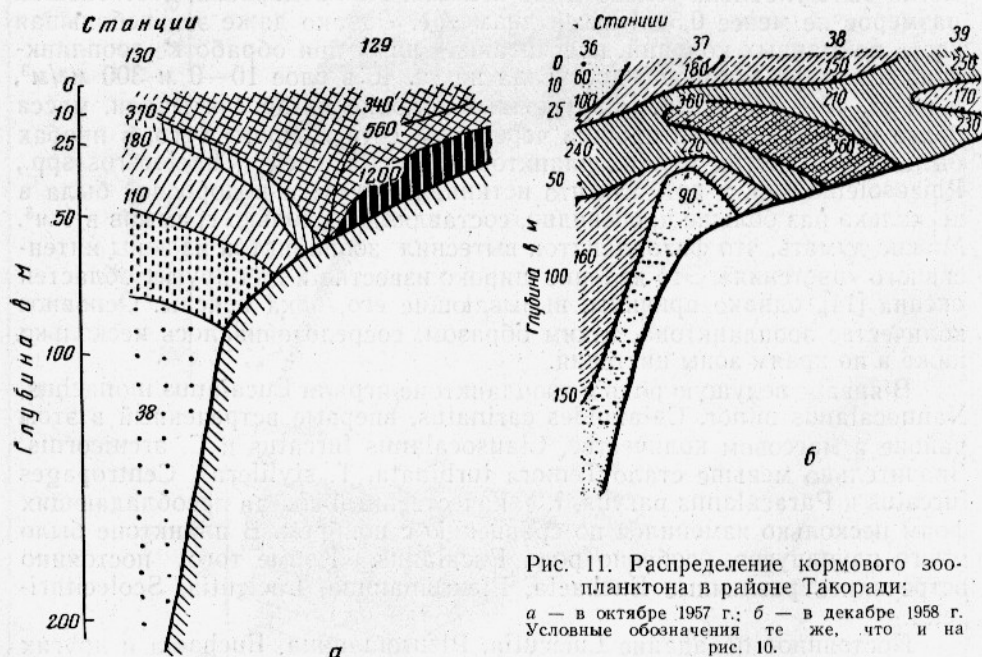


Рис. 11. Распределение кормового зоопланктона в районе Такоради:

а — в октябре 1957 г.; б — в декабре 1958 г. Условные обозначения те же, что и на рис. 10.

В районе Такоради в начале октября наблюдалось очень большое количество зоопланктона, особенно близ берега у дна (рис. 11, а). В слое 50—25 м на ст. 129 биомасса кормового зоопланктона равнялась 1200 мг/м^3 , причем 87% ее составляли *Calanoides carinatus* на V—VI копепоидитных стадиях. По данным V. Bainbridge, этот вид преобладает в районе от м. Три-Пойнтс до реки Вольты и составляет в среднем свыше 35% общей численности копепод.

Склон занят бедными планктоном океаническими водами. Количество планктона сильно уменьшилось: в слое 50—25 м его биомасса составляла только 110 мг/м³, а глубже 100 м снижалась до 38 мг/м³.

Скопление *Calanoides carinatus* у дна вызвано, вероятно, также цветением в верхних слоях воды. Подсчитать биомассу фитопланктона хотя бы приблизительно мы не смогли, так как колонии развивавшейся здесь сине-зеленой водоросли *Oscillatoria thiebautii* легко распадаются на нити, учесть которые при обработке зоопланктона невозможно. Однако по визуальной оценке, количество водорослей в верхних горизонтах на прибрежной станции очень велико. Биогенными элементами фитопланктон снабжался за счет берегового стока (см. рис. 8), поэтому развивался он в довольно узкой прибрежной полосе в самых поверхностных слоях. Очевидно, биогены в это время потреблялись достаточно полно [2].

Вследствие высокой концентрации зоопланктона в придонных слоях создаются исключительно благоприятные условия для откорма планктоноядных рыб, однако первая экспедиция РТ «Казань» промысловых скоплений рыбы здесь не обнаружила, но отметила этот район, как наиболее перспективный для дальнейшего поиска [2].

На разрезе, выполненном в конце декабря (рис. 11, б), основное скопление кормового зоопланктона наблюдалось в слое 50—25 м. Как и на ряде предыдущих разрезов, сосредоточение основного количества зоопланктона не на поверхности связано, вероятно, с цветением в верхних слоях воды. Уменьшение количества кормового зоопланктона в верхних слоях воды вдали от берега (ст. 36) вызвано бурным развитием в отнесенных от берега опресненных водах (см. рис. 9, б) мелких диатомовых водорослей и *Oscillatoria thiebautii*. Несмотря на сгон поверхностной воды в океан, четко выраженного подъема вод не происходит (см. рис. 9), но водоросли довольно интенсивно развиваются и у берега.

В отличие от всех предыдущих разрезов почти весь шельф и часть склона заняты водой с достаточно высоким содержанием зоопланктона, т. е. океаническая вода была вытеснена со склона. В то же время даже на отдельных станциях не наблюдалось таких высоких концентраций зоопланктона, как на предыдущих разрезах. Вероятно, под действием сильного Гвинейского течения на шельфе происходило интенсивное перемешивание вод. Воды с высоким содержанием планктона вышли за край разреза, и ширину продуктивной зоны мы определить не смогли. Можно только предполагать, что она значительно превышала 60 миль.

При сравнении районов Дакара и Такоради становится очевидным, что основное количество зоопланктона обычно сосредоточено на шельфе, над склоном или близ него. В обоих районах полоса интенсивного развития планктона колеблется в зависимости от гидрологических условий и гидрометеорологической обстановки от 20 до 100 миль от берега.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ПЛАНКТОНА И ПИТАНИЕ САРДИНЕЛЛЫ В РАЙОНЕ ДАКАРА

Интенсивное действие северо-восточного пассата зимой и весной приводит в районе Дакара к интенсивному подъему подповерхностных вод и выносу биогенных элементов в зону фотосинтеза, что вызывает в это время массовое развитие фитопланктона, в основном диатомей *Thalassiosira subtilis*. В январе суммарный объем сестона в среднем по станции над глубиной 70—80 м достигает очень большой величины — 1,1 мл/м³. Хотя биомасса кормового зоопланктона в это время наиболее высокая — 370 мг/м³, основную часть планктона составляет фито-

планктон. В феврале, по данным Г. Б. Семенов [5], происходит спад в развитии фитопланктона (рис. 12). Причины спада пока неясны. В марте — апреле наблюдается новая вспышка развития фитопланктона, вызванная также подъемом подповерхностных вод. Количество кормового зоопланктона в это время несколько уменьшается.

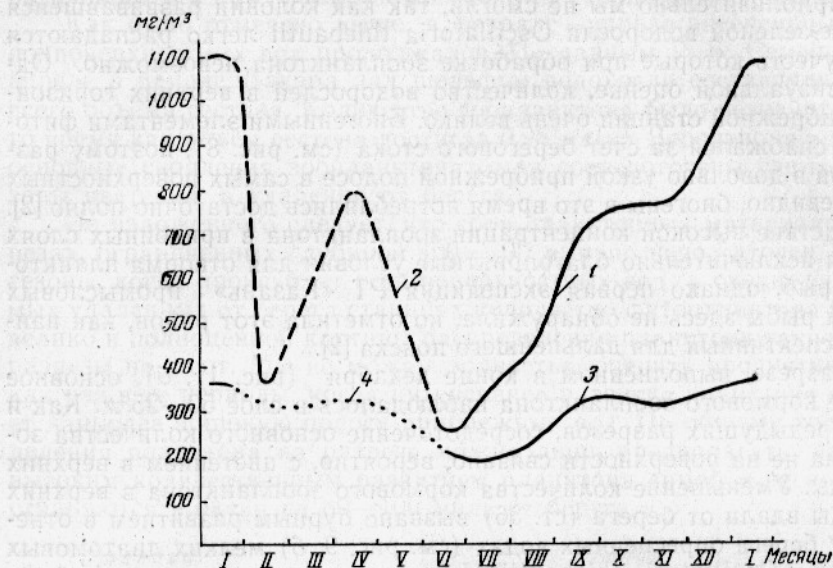


Рис. 12. Годовая динамика планктона в районе Дакара: 1 — объем сестоны, по нашим данным; 2 — объем сестоны, по данным Г. Б. Семенов [5]; 3 — биомасса кормового зоопланктона, по нашим данным; 4 — биомасса кормового зоопланктона, по данным Г. Б. Семенов [5].

Летом пассат смещается на север, подъем вод ослабевает, биомасса фитопланктона резко снижается, количество зоопланктона уменьшается до 190 мг/м^3 и в начале лета величина фито- и зоопланктона оказывается минимальной. В конце лета сильно увеличивается береговой сток (см. рис. 4), выносящий много биогенов, и снова начинается бурное развитие фитопланктона, но теперь в основном сине-зеленой водоросли *Oscillatoria thiebautii*. В сентябре — ноябре объем сестоны составляет $0,7\text{--}0,8 \text{ мл/м}^3$, биомасса кормового зоопланктона — $310\text{--}330 \text{ мг/м}^3$ (см. рис. 12). В это время зоны наибольшего количественного развития фито- и зоопланктона совмещаются, в отличие от зимы и весны, когда максимальное количество зоопланктона наблюдается над свалом, а фитопланктона — на шельфе, над глубиной $20\text{--}60 \text{ м}$.

Таким образом, в районе Дакара период значительного развития фитопланктона продолжается примерно 9 месяцев, в отличие от северных морей, где он длится 1—2 месяца. Максимум развития наблюдается зимой и весной. Кривая же количественного развития зоопланктона не имеет пиков и в течение года биомасса зоопланктона находится в пределах $200\text{--}400 \text{ мг/м}^3$ (см. рис. 12). Как известно, в северных морях за пиками развития фитопланктона обычно следуют пики развития зоопланктона, поэтому особенности динамики зоопланктона изучаемого района требуют объяснения.

Зимне-весеннее охлаждение поверхностных слоев воды до $17\text{--}22^\circ \text{C}$ не может помешать развитию зоопланктона, так как на глубине $60\text{--}80 \text{ м}$ такая температура держится постоянно и не препятствует нахождению в этих слоях всех групп планктонных организмов.

При массовом развитии фитопланктона и при поднятии подповерхностных вод ниже слоя температурного скачка наблюдается снижение содержания кислорода. Осенью и зимой количество его глубже 50 м не превышает 2—3 мл/л, но резкого кислородного дефицита не наблюдается. Неизвестно для этих районов и явление заморов. Правда, в зоне максимального цветения количество зоопланктона уменьшается, но в поверхностных слоях на границе зоны цветения газовый режим не может ограничить развития зоопланктона, тем не менее и здесь на протяжении года его биомасса не превышает 600—700 мг/м³. Заметное опреснение наблюдается всего в 20—30 милях от берега, причем оно относительно невелико и не может отразиться на развитии большинства ведущих групп планктонных организмов. Таким образом, абиотические факторы не могут ограничивать развития зоопланктона.

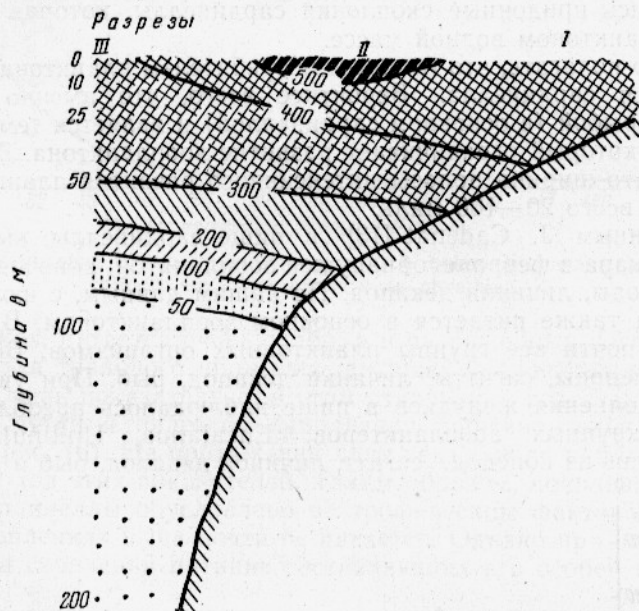


Рис. 13. Общая схема распределения кормового зоопланктона (в мг/м³) в районе Дакара.

Отсутствие пиков в развитии зоопланктона не может быть обусловлено и циклом развития важнейших видов зоопланктонных организмов. Как было отмечено выше, планктон в районе Дакара носит неритический характер. Основные группы организмов непрерывно размножаются на протяжении всего года. Благодаря этому неритический планктон, будучи обеспечен достаточным количеством пищи, мог бы создавать очень высокую биомассу. Однако этого не наблюдается, хотя фитопланктон развивается в большом количестве.

Сильно выедать кормовой зоопланктон могут хищные планктонные формы, однако на протяжении всего периода исследований такие формы, как гидромедузы, сифонофоры, гребневики, сальпы и другие, не попадались в значительном количестве. Сифонофор и медуз насчитывалось иногда 20—100 экз/м³, однако это были мелкие экземпляры (до 3—5 мм) и биомасса их не превышала 20—60, иногда 100 мг/м³. Гребневики и сальпы были представлены единичными экземплярами. Можно

полагать, что биотические взаимоотношения групп планктона также не могут ограничивать развитие кормового зоопланктона.

Рассмотрим биотические отношения зоопланктона и рыб. Как мы уже отмечали, в районе Дакара обнаружены большие скопления сардинеллы. Кроме того, в этих районах найдено значительное количество других планктофагов: *Вох воорс*, молодь ставриды, скумбрии, светящиеся анчоусы, различные летучие рыбы и др. Однако ни одна из этих рыб не образовывала таких мощных скоплений, как сардинелла. На схеме распределения зоопланктона в районе Дакара, составленной нами на основании осреднения данных трех разрезов, видно, что бедная планктоном океаническая вода занимает шельф с глубин 80—100 м (рис. 13). Выше по шельфу располагается прибрежная водная масса со значительным количеством планктона. Именно до глубин 80—100 м и находились придонные скопления сардинеллы, которая держалась в богатой планктоном водной массе.

Можно полагать, что главным потребителем планктона в этом районе является сардинелла. Вероятнее всего, что именно потребление планктона рыбой (в основном сардинеллой) и является тем биотическим фактором, который ограничивает развитие зоопланктона. Это тем более вероятно, что ширина полосы интенсивного развития планктона в районе Дакара всего 20—100 миль.

По данным J. Cadenat [13], в пище сардинеллы, выловленной в районе Дакара в феврале, обнаружен зоопланктон: копеподы, эуфаузииды, амфиподы, личинки декапод. По нашим данным, с июля по ноябрь сардинелла также питается в основном зоопланктоном. В пище ее обнаружены почти все группы планктонных организмов. Ведущую роль играют копеподы, сагитты, личинки декапод, рыб. При увеличении индексов наполнения желудков в пище наблюдалось преобладание относительно крупных зоопланктеров: *Eucalanus*, *Undinula*, *Euchaeta*, *Nannocalanus* из копепод, сагитт, личинок декапод, рыб и др. (рис. 14).

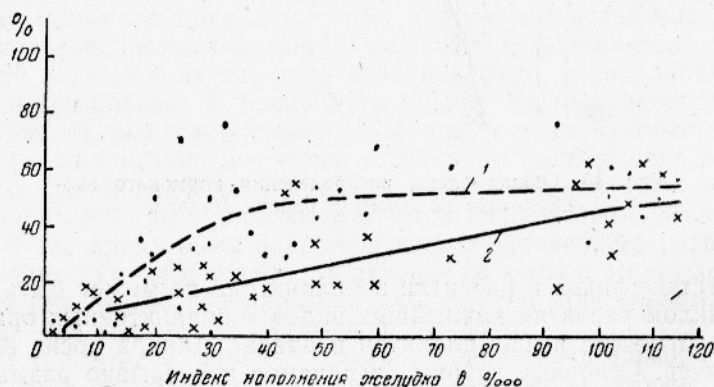


Рис. 14. Изменение содержания в пище сардинеллы в зависимости от интенсивности ее питания:

1 — крупных копепод (данные исследований обозначены точками);
2 — других крупных зоопланктеров (данные исследований обозначены крестиками).

Крупные зоопланктеры в сумме составляли до 90—99% веса пищевого комка. При малых индексах наполнения желудка в пище преобладали мелкие копеподы, в основном *Oncaea* spp.—80% (рис. 15).

На основании этих данных можно считать, что сардинелла питается выборочно. Такой характер питания может быть поставлен в связь с отмеченным ранее явлением уменьшения размерного состава копепод

при общем росте их численности и биомассы. Выведание наиболее крупных рачков и других зоопланктеров может приводить к замедлению роста биомассы зоопланктона при значительном росте общей численности зоопланктона.

Как отмечалось ранее [7], интенсивность питания сардинеллы зависит от поведения и концентрации рыбы. Сардинелла, находящаяся в

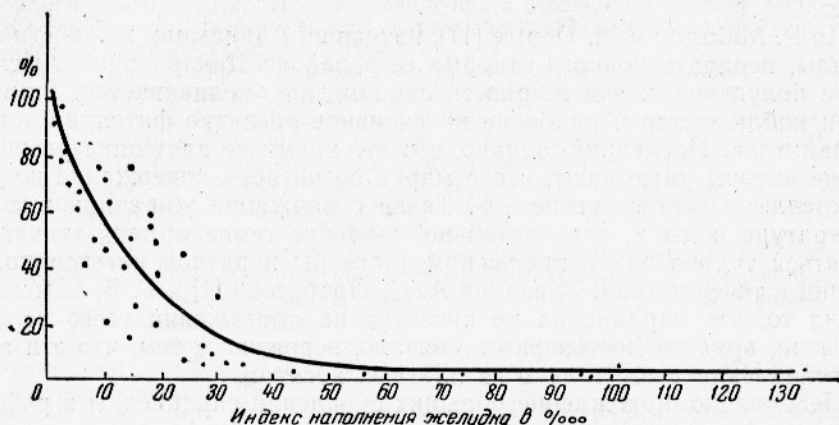


Рис. 15. Изменение содержания *Opaea* spp. в пище сардинеллы в зависимости от интенсивности ее питания.

плотных косяках, питается очень слабо, а в разреженных косяках, труднодоступных для тралового промысла, питание ее значительно интенсифицируется. Очень показательным в этом отношении сопоставление уловов рыбы за сутки и индексов наполнения пищеварительного тракта сардинеллы (рис. 16). На протяжении двух декад июля наблюдался четкий обратный ход этих показателей. Таким образом, появление плотных скоплений сардинеллы обусловлено не трофическим фактором, так как в плотных скоплениях рыба почти не питается. Однако при незначительном рассеянии скоплений питание составляющих его особей интенсифицируется.

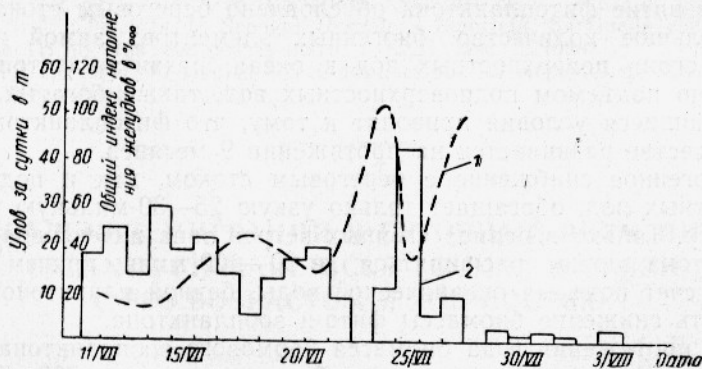


Рис. 16. Колебания суточных уловов и индексов наполнения желудков сардинеллы:

1 — колебания уловов; 2 — индексы наполнения желудков.

Скопления сардинеллы, облавливаемые днем у дна, совершают регулярные суточные вертикальные миграции, причины которых пока недостаточно ясны. Может быть это одна из форм адаптаций [3] по отношению к хищникам (дельфинам, тунцам, макрели и др.), встречающим-

ся в этом районе в достаточном количестве. Наиболее массовые формы зоопланктона заметных суточных вертикальных миграций не совершают, так что наибольшее количество зоопланктона постоянно находится в одних и тех же, преимущественно верхних, слоях. В связи с этим миграция сардинеллы в ночное время вверх может носить трофический характер. Материалов по суточной ритмике питания в настоящее время нет.

По Р. Mainguu и M. Doutre [17], изучавшим динамику жирности сардинеллы, период основного откорма ее в районе Дакара приходится на первое полугодие, когда жирность сардинеллы увеличивается. Зимой и весной наблюдается и наиболее интенсивное развитие фитопланктона и зоопланктона. Последний, однако, и в это время не дает пика развития. Эти же авторы указывают, что с марта по октябрь содержание жира у сардинеллы остается свыше 4%. Такое содержание жира при высокой температуре воды и, следовательно, высоком темпе обмена может сохраниться только при непрерывном (хотя бы и разной интенсивности) питании в течение года. Указания А. Н. Пробатова [4] и Г. Б. Семеновой [5, 6] на то, что сардинелла не питается на протяжении всего периода промысла, вряд ли достоверно и связано, вероятно, с тем, что эти авторы исследовали рыбу только из плотных косяков.

Несомненно, нахождение больших скоплений сардинеллы в районах повышенной продуктивности планктона вызвано трофическими связями сардинеллы и планктона. Считая, что сардинелла питается (вероятно с различной интенсивностью) на протяжении всего года, отсутствие пиков в развитии зоопланктона можно объяснить периодически усиливающимся влиянием этого планктофага, который и срезает все пики в развитии высокопродуктивного неритического зоопланктона.

ВЫВОДЫ

1. Промысловые скопления сардинеллы найдены в районах наиболее интенсивного развития планктона в прибрежной зоне.

2. В районах Дакара и Такоради в силу особенностей гидрометеорологического режима почти на протяжении всего года создаются благоприятные условия для развития планктона в неритической зоне.

3. Летом в районе Дакара и осенью в районе Такоради в период дождей развитие фитопланктона обусловлено береговым стоком, выносящим большое количество биогенных элементов; зимой и весной, в период сгона поверхностных вод в океан, развитие фитопланктона обусловлено подъемом подповерхностных вод, также богатых биогенами. Создающиеся условия приводят к тому, что фитопланктон в большом количестве развивается на протяжении 9 месяцев.

4. Биогенное снабжение с береговым стоком, как и подъем подповерхностных вод, обогащает только узкую 25—30-мильную прибрежную полосу. Только в период сгонных ветров зона интенсивного развития планктона может расширяться до 80—100 миль, причем у самого берега за счет подъема океанической воды, бедной планктоном, может происходить снижение биомассы фито-и зоопланктона.

5. На протяжении года биомасса кормового зоопланктона держится примерно на одном уровне, колеблясь в пределах 200—400 мг/м³, хотя осенью, и особенно зимой и весной, наблюдаются пики в развитии фитопланктона. Действующие в исследуемом районе гидрологические факторы и биотические отношения между планктерами не могут ограничить развитие зоопланктона, однако пиков в его развитии мы не наблюдаем. Можно предположить, что фактором, ограничивающим количественное развитие зоопланктона, является сардинелла — основной потребитель планктона в этом районе.

6. Интенсивность питания сардинеллы находится в обратной зависимости от плотности ее концентраций.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов Д. В. Гидрологические условия в юго-восточной части Северной Атлантики, Изд-во журнала «Рыбное хозяйство». 1959.
2. Бородатов В. А. и др. Исследования тунца и сардины в восточной части Атлантического океана (рейсовый отчет научно-поисковой экспедиции 1957 г.). Изд-во журнала «Рыбное хозяйство». 1959.
3. Мантейфель Б. П. Вертикальные миграции морских организмов. Труды Института морфологии животных им. А. Н. Северцова. Вып. 13. 1960.
4. Пробатов А. Н. Вторая научно-промысловая экспедиция в воды Средней Атлантики (к западной Африке) с 31 января по 18 июля 1958 г. на траулерах «Казань» и «Алазея». Труды Балтиро. Вып. 5. Калининград. 1960.
5. Семенова Г. Б. Распределение зоопланктона в водах экваториальной Африки (районы Дакара и Такоради). Бюлл. технико-экономической информации Калининградского совнархоза. № 5. Калининград. 1958.
6. Семенова Г. Б. Изучение планктона и питания планктоноядных рыб в водах средней и экваториальной Африки. Труды Балтиро. Вып. 5. Калининград. 1960.
7. Хромов Н. С. Распространение планктона и питание сардинеллы в районе Дакара.— Рыбное хозяйство. 1960. № 1.
8. Хромов Н. С. Качественный состав планктона в районе Зеленого мыса в летне-осеннее время. Сборник научных работ молодых специалистов. Изд-во журнала «Рыбное хозяйство». 1960.
9. Яшнов В. А. Новая модель волюменометра для быстрого и точного определения объема планктона в экспедиционных условиях. Зоологический журнал. Т. 38. Вып. II. 1959.
10. Морской атлас. Т. II. Изд-во ГШВМС. 1953.
11. Bainbridge V. Occurrence of *Calanoides carinatus* (Kröyer) in the Plankton of the Gulf of Guinea, Reprinted from Nature. V. 188. № 4754. Dec. 10. 1960.
12. Cadenat J. Notes d'Ichtyologie Ouest Africaine. VI. Poussons des campagnes du «Gerard Treca». Bull. I.F.A.N. XV(3). 1953.
13. Friedrich H. Versucht einer Darstellung der relativen Besiedlungsdichte in den Oberflächenschichten des Atlantischen Ozeans. Kieler Meeresforschungen. Bd. VII. Heft 1—2. Kiel. 1950.
14. Hardy A. Plankton ecology and hypothesis of animal exclusion. Proc. Linn. Soc. 148-th Session. 1936.
15. Hayes H. L., Austin T. S. The distribution of discoloured sea-water. Texas Journ. Sci. 4. 1951.
16. Hentschel E. Eine biologische Karte des Atlantischen Ozeans. Zoolog. Anzeiger. Bd. 137 (7—8). 1942.
17. Mainguy P. et Doutre M. Variations Annulides de la Teneur en matières Grasses de trois Clupeïdes du Senegal (*Etmalosa fimbriata*, *Sardinella eba*, *S. aurita*), Rev. de Tr. de l'Ins. des pèches marit. t. XXII. fasc. 3. 1958.
18. Postel E. Resume des connaissances acquises sur les clupeïdes de l'Ouest—Afrique. Rapp. Proc.—Verb. 137. 1953.