

**ОСОБЕННОСТИ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУКСИРУЕМОГО  
СКАНИРУЮЩЕГО ПО ГЛУБИНЕ  
КОМПЛЕКСА МГИ 9201М  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОЛОГО-  
ОПТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ШЕЛЬФОВЫХ  
ПАЛЕОДОЛИН И КАНЬОНОВ**

**Н.Н. Карнаушенко,  
Г.С. Дворянинов, Н.А. Запевалова**  
Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г.Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

Шельфовые зоны морей и океанов, особенно низкоширотные, являются объектами наиболее интенсивных исследований в настоящее время. Повышенный интерес к ним вызван не только практическими целями как к регионам наибольшей биопродуктивности, значительными и мало освоенными запасами минеральных ресурсов, но и спецификой этих регионов: высокими уровнями антропогенно-техногенной нагрузки, интенсивными динамикой и изменчивостью полей в пространственно-временных масштабах от малых до размеров бассейна.

Сложные орография побережья и рельеф дна, наличие каньонов и палеодолин, мелководье и интенсивные приливы, воздействие динамики открытого моря (океана) значительно усложняют их изучение и делают не эффективными традиционные методы исследований.

Одним из подобных регионов является шельф западного побережья Африки и, в частности, шельф Гвинеи - один из наиболее протяженных и мелководных, на примере которого будет показана эффективность использования новых гипотез и нетрадиционных методов исследований.

Восточная часть Тропической Атлантики являются зоной взаимодействия таких звеньев крупномасштабной циркуляции, как Северное и Южное Пассатные течения (СПТ, ЮПТ), Межпассатное противотечение (МППТ), Канар-

ское и Гвинейское течения (КТ, ГТ). Это, а также непосредственное воздействие пассатов, формирует гидродинамическую, гидрохимическую и биологическую структуры региона. Прибрежная акватория Гвинеи - динамически наиболее активная часть этой области. Ее особенность состоит в том, что шельф занимает большую площадь, мелководен и обладает высокой биопродуктивностью. При глубинах от 10 до 70 м его ширина достигает 150 км. Внутригодовая пространственно-временная изменчивость биопродуктивности определяется изменчивостью гидродинамики. Она, в свою очередь, обусловлена вариациями указанных крупномасштабных явлений, меридиональными миграциями внутритропической зоны конвергенции (ВЗК), вызывающими существование резко выраженных сухого и влажного сезонов с сильной изменчивостью количества атмосферных осадков и распресненных вод, сезонными изменениями апвеллинга.

Процессы в этой зоне существенно отличаются от процессов открытого океана, так как из-за наличия сложной орографии побережья, мелководья, пересеченного рельефа дна большую роль здесь играют не только крупномасштабные явления, но и локальные, имеющие существенно меньший пространственно-временной масштаб, которые обусловлены приливами, стоками рек, наличием каньонов, эстуариев и палеодолин, перегревом и другими факторами.

Для исследования специфических процессов на шельфе при ограниченных финансовых и экспедиционных возможностях были спланированы и проведены два кратковременных рейса малотоннажного судна "Устрица": 18-24.09.-1991г., 17-23.04.1992г., а также суточная экспедиция-целевой океанологический разрез 12.03.1992г.

В период 18-24.09.1991г. выполнены внутриканьонные съемки в трех наиболее протяженных палеоканьонах шель-

фа Гвинеи Компони, Нуньес, Конкуре, а также между ними с целью выделения особенностей термохалинной структуры вод каньонов и шельфа, оценки их пространственно - временной изменчивости в различные фазы прилива. Измерения  $T^{\circ}C$ ,  $S\%$  производились на ходу судна не обрывным СТД зондом МГИ 4204.

Также был спланирован и выполнен специальный 18-й рейс НИС «Устрица». Он проведен в шельфовой области Гвинеи в период с 17 по 23 апреля 1992 года. В процессе экспедиции в районе, включающем палеоканьоны рек Нуньес и Конкуре, СТД-зондом МГИ 4204 выполнен гидрологический полигон, включавший 40 зондирований в различные фазы сизигийного прилива. В гидрологической съемке выполнены разрезы вдоль палеоканьонов рек Нуньес и Конкуре. Они повторены дважды так, что информация на них получена в противофазах прилива. В окрестности начала свала глубин,  $\varphi = 9.1^{\circ}N$ ,  $\lambda = 15.1^{\circ}W$ , в устье каньона Нуньес на глубине  $H=70$  м в течение 3-х суток стояла автоматическая буйковая станция (АБС) с четырьмя измерителями вектора скорости течений  $V$ , температуры и солёности. Датчики располагались на глубинах  $z=5; 15; 65$  и  $68$  м и регистрировали информацию с дискретностью во времени  $\Delta t=5$  мин. Начало съемки вдоль каньона и работы АБС совпадали с максимальным приливом. В этой же точке с целью выяснения приливной динамики и механизма перестройки гидрологической структуры в зависимости от фазы прилива, выполнена суточная станция с ежечасным зондированием.

Кроме этого, 12 марта 1992 г., т.е. за месяц до этого, вдоль каньона Конкуре в течение суточного рейса были осуществлены специализированные наблюдения с использованием гидролого-оптического комплекса высокого разрешения МГИ 9201. Измерялись электропроводность (К- безинерционный индикатор температуры), спектральный пока-

затель ослабления направленного света (величина, обратная прозрачности) в инфракрасной (PO1) и ультрафиолетовой (PO2) областях спектра, а также флуоресценция (F); все с вертикальным разрешением  $\leq 10$  см.

Анализ материалов экспедиций, особенности океанологической структуры шельфа, приливная динамика в мелководной шельфовой зоне в области каньонов, гипотезы и их обоснование изложены в препринте Г.С.Дворянинова, Н.Н.Карнаушенко [1]. На эти результаты мы ссылаемся и частично их используем в настоящей работе при обосновании особенностей экспериментальных исследований столь сложного и динамически активного региона.

На рис. 1б представлены взятые из препринта зависимости векторов скорости течений от фазы прилива на разных глубинах, измеренные на АБС у мористой границы каньона Нуньес (показана флажком на карте, рис. 1а) Их величина и направление получены по интервалу времени, включавшему пять полных циклов приливов. Цифры 1,2,3 у конца векторов соответственно обозначают средний вектор скорости за все пять полных циклов приливов, среднее за полупериод между полной и малой водой и, наоборот, - между малой и полной водой. Там же приведена система координат с осью  $x$ , направленной на восток, и осью  $y$  - на север. И масштаб скорости. Осреднение за время, кратное числу периодов прилива, отфильтровало периодическую приливную часть. Поэтому (1) дают значения и направления квазистационарного потока, обусловленного течениями, имеющими масштаб временной изменчивости много больший, чем период прилива.

Направления векторов однозначно указывают на то, что осредненные течения на всех четырех горизонтах имеют северо-западное направление, близкое к ориентации изобат. Оно противоположно тому, какое должно иметь КТ, и ни один из векторов не направлен на юго-

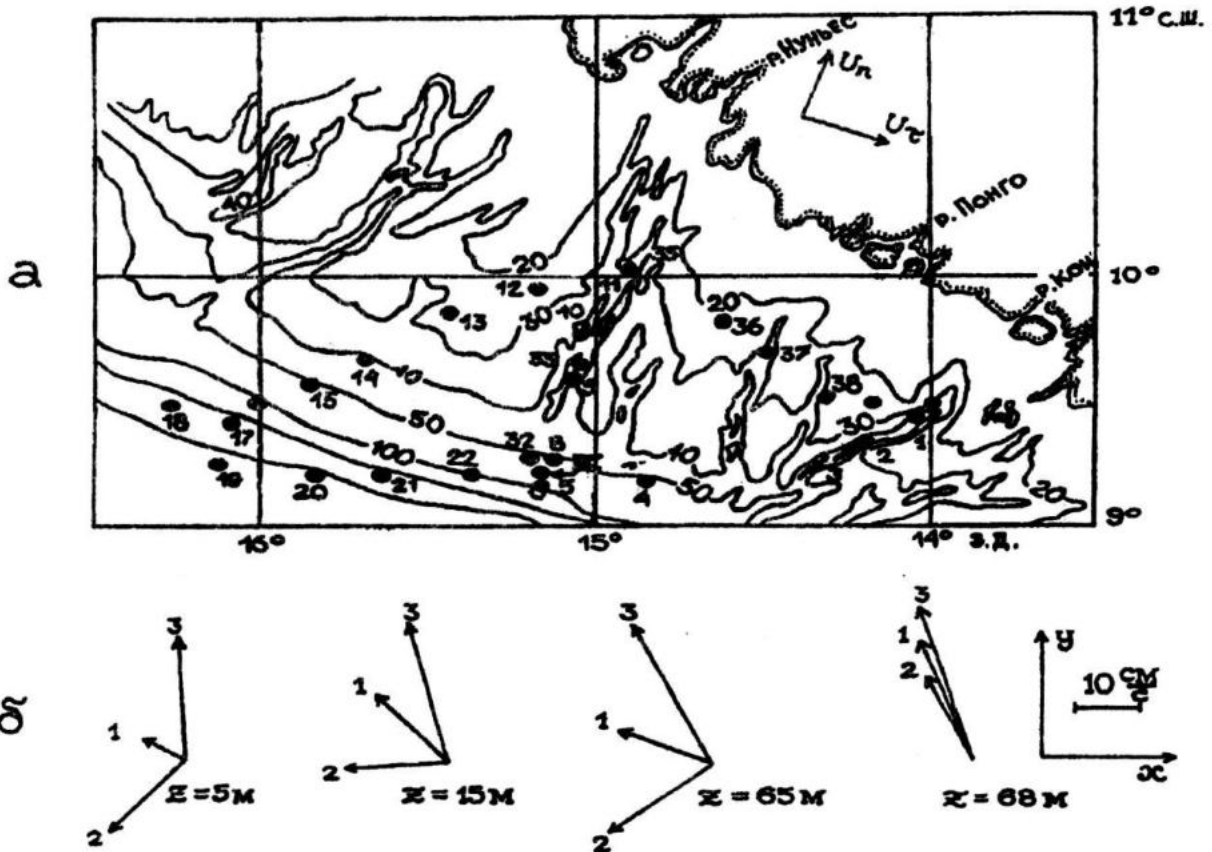


Рисунок 1. а - карта полигона наблюдений; показаны: рельеф шельфа, флажком отмечен буй. б - векторы скорости течений,  $z = 5; 15; 65; 68$  м. В зависимости от фазы прилива.

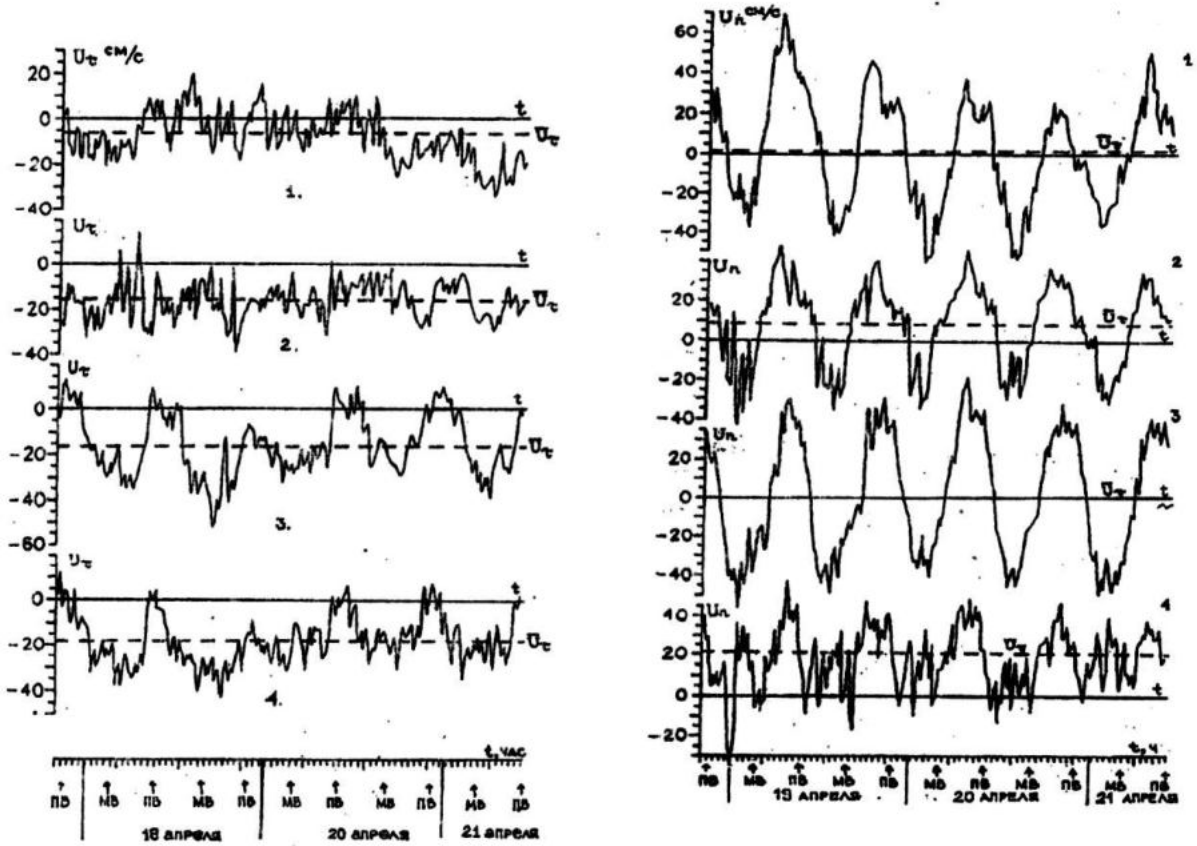


Рисунок 2 а, б. а - временная изменчивость вдольбереговой составляющей скорости  $U_x$ ; б - временная изменчивость нормальной к берегу (вдольканьонной) составляющей скорости  $U_n$ . Все на глубинах 5; 15; 65; 68 м.

восток. Поток с наибольшими скоростями лежит в придонном пограничном слое, т.е. там, где на шельф вторгаются холодные и соленые воды, приносимые из толщи открытого океана.

Направление интегрального по глубине потока, распределение скоростей течений по  $z$  и их зависимость от фазы прилива еще четче проявляются на графиках, представленных на рис. 2 а, б. На них приведена изменчивость во времени компонент вектора скорости:  $U_{\tau}$  ориентирован вдоль изобат с положительным направлением на юго-восток, а  $V_n$  — направлен вдоль каньона к берегу. Там же указаны их средние значения за максимальное число полных циклов прилива. Система координат ( $U_{\tau}$ ,  $V_n$ ) приведена на рис. 1а в верхнем правом углу. Под графиками указано время и фазы приливов; аббревиатуры ПВ и МВ соответствуют полной и малой воде прилива.

Из графиков видно, что по направлению приливные течения практически совпадают с направлением оси каньона. Это же следует из расчета эллипсов приливных течений в этом районе [2,3]. Вдольканьонная составляющая подвержена периодическому возмущению приливом существенно больше, чем составляющая, направленная вдоль берега.

“Вдольбереговая” средняя скорость  $U_{\tau}$ , полученная из мгновенной отфильтровыванием приливной части, увеличивается с глубиной от 8 см/с при  $z=5$  м до 18,5 см/с при  $z=68$  м. При этом поток, захватывающий толщу воды от  $z=15$  м до дна, имеет практически одинаковые, хотя немного возрастающие с глубиной, скорости:  $U_{\tau}=16$  см/с при  $z=15$  и 65 м,  $U_{\tau}=18,5$  см/с при  $z=68$  м. Он отрицателен на всех горизонтах, т.е. имеет направление, противоположное тому, которое должно иметь КТ.

Итак, выполненные на АБС измерения скоростей течений в сухой сезон показали, что их направление и распределение по глубине дают основание утверждать, что в этот период на шельф Гвинеи не проникало Канарское тече-

ние. Гидрологический, Т-S анализ также подтверждают это.

В связи с этим естественно возникает предположение, что, возможно отсутствие КТ на шельфе Гвинеи и такое распределение течений в апреле 1992 г. является следствием сильного аномального явления в крупномасштабном взаимодействии атмосферы и океана в этом году, а не является закономерностью. Но тогда, соответственно, и распределения гидрологических и гидрохимических характеристик в это время здесь должны быть также существенно иными, чем среднеклиматические. Для выяснения этого в препринте [1] был выполнен анализ гидрологических и гидрохимических параметров. Он показал, что распределения температуры, солености и фосфора в своей основе совпадают с их климатическими распределениями, отличаясь лишь во второстепенных деталях. Изотермы, изохалины отслеживают рельеф дна и вытянуты вдоль изобат.

Возможен ли другой механизм, формирующий языкообразное распределение Т и других характеристик на шельфе Гвинеи, а не КТ? Он был сформулирован Г.С.Дворяниновым [1] и заключается в следующем.

1. В сухой сезон распределение Т в поверхностном квазиоднородном слое (но не во всей толще) за счет прогрева должно быть таким, что ее изолинии будут параллельны берегу с максимальными значениями Т на мелководной части у берега, с уменьшающимися ее значениями при удалении от него.

2. С другой стороны, распределение Т на шельфе формируется под воздействием приливов, которые ортогональны изобатам. Приливы и генерируемые ими на кромке шельфа внутренние волны и течения распространяются в сторону берега ортогонально изобатам и перемешивают придонную область и глубинные слои. Здесь образуется мощный перемешанный слой (имеющий практически постоянную толщину поперек

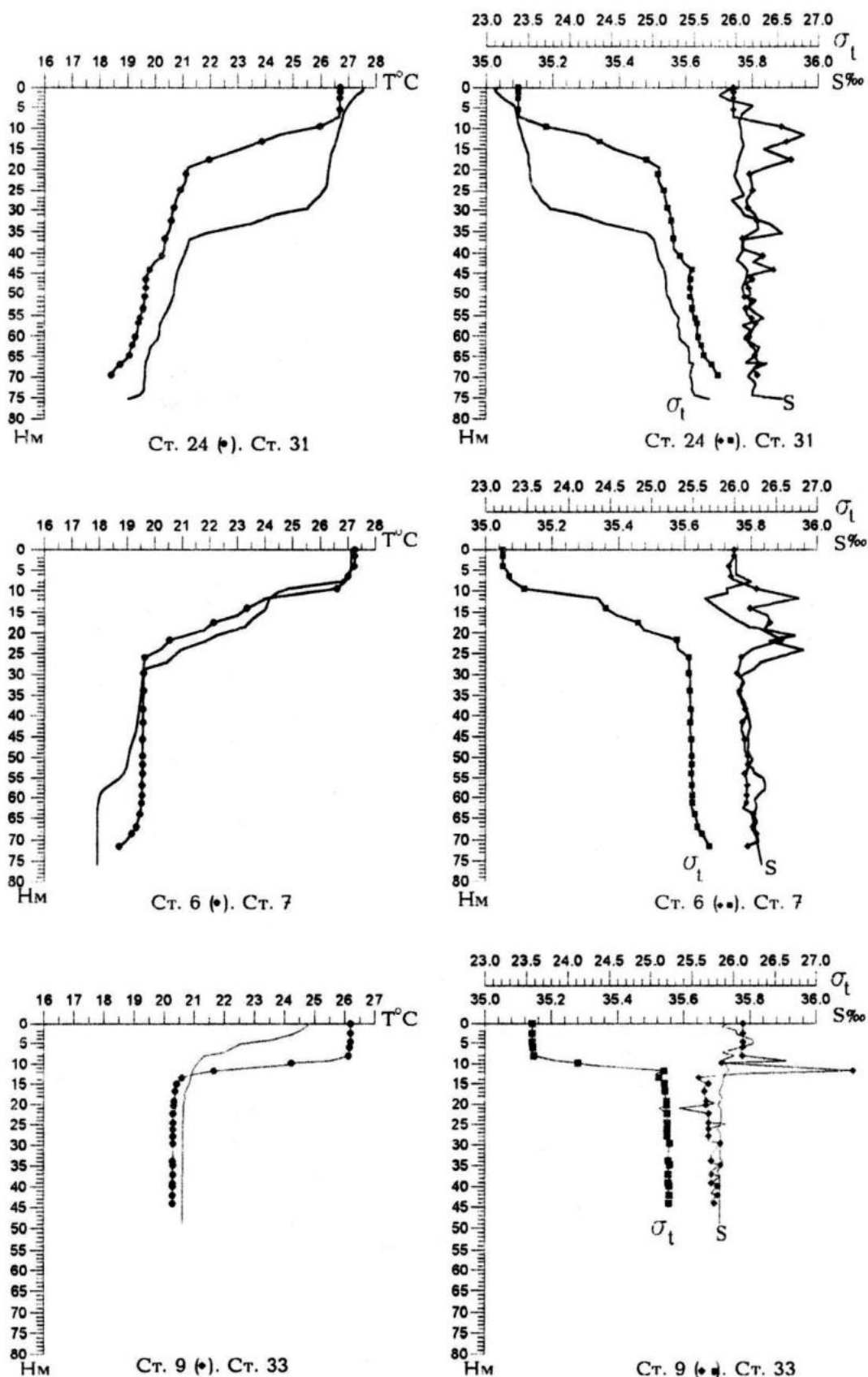


Рисунок 3 а, б, в. Распределение по глубине  $T^{\circ}\text{C}$  и  $S\text{‰}$  на свале глубин (ст.24, 31; 6, 7) и в каньоне (9, 33) в разные фазы прилива: а) 24( $M=04\text{ч } 21\text{м}$ ;  $\Pi=10\text{ч } 29\text{м}$ ;  $H=09\text{ч } 00\text{м}$ ); 31 ( $M=H=16\text{ч } 50\text{м}$ ); б) 6( $M=14\text{ч } 48\text{м}$ ;  $\Pi=20\text{ч } 52\text{м}$ ;  $H=19\text{ч } 40\text{м}$ ); 7( $\Pi=H=20\text{ч } 52\text{м}$ ); в) 9( $M=03\text{ч } 06\text{м}$ ;  $\Pi=09\text{ч } 14\text{м}$ ;  $H=04\text{ч } 00\text{м}$ ); 33( $M=16\text{ч } 50\text{м}$ ;  $\Pi=22\text{ч } 42\text{м}$ ;  $H=22\text{ч } 10\text{м}$ ).

всего шельфа), что демонстрирует распределение T и S, представленное на рис. 7а, 8в, 13-15 и других препринта [1], а также рис. 48 на стр.190 работы [2], рис. 5 работы [4]. Перемещаясь к берегу, вследствие того, что общая глубина уменьшается, а толщина перемешанного слоя остается практически постоянной, холодные массы воды придонного слоя выклиниваются к поверхности так, что с уменьшением глубин все более холодные слои выходят на поверхность океана, понижая в направлении к берегу ее температуру. Этот эффект отчетливо проявляется на вертикальных разрезах T и S, сделанных по оси каньона от его устья в направлении к берегу по данным, полученным в одной фазе прилива [1]. Он и приводит к наблюдаемому расположению изотерм.

Удивительно, что при исследовании пространственно-временной изменчивости гидрофизических характеристик, приливных барьеров, фронтальных зон и т.д., в работах [5-9] использовались совокупно, без систематизации и классификации, измерения, полученные совершенно в разные фазы прилива, отлива, в сизигии и квадратуры. В то же время очевидно, что на мелководье протяженного шельфа, каким является Гвинейский, где амплитуды приливов сопоставимы с общей глубиной прибрежной зоны, при наличии эстуариев и каньонов, при скоростях приливного переноса, достигающих нескольких метров в секунду, пространственно-временная деформация всех океанологических характеристик за счет этих причин может быть больше межсезонной.

Все сказанное подтверждают результаты наших измерений, выполненных на НИС "Устрица" 17-23.04.1992г.[1]. Так распределения по глубине температуры и солёности, демонстрирующие сильную зависимость от фазы прилива, представлены на рис. 3а, б, в. Причем, станции 6,7 и 24,31 выполнены на вер-

шине свала глубин (в устье каньона Нуньес), где стоял буй, а 9,33 в самом каньоне, см. рис.2а. Заметим, что измерения на станциях 6.7 (вблизи фазы прилива) и 24,31 (в противофазе прилива) попарно получены в один и тот же день в одном цикле прилива, а на станциях 9, 33 с разницей в двое суток, но также в противоположные фазы прилива.

Из этих данных следует, что даже вдали от берега распределения гидрологических характеристик сильно зависят от фазы прилива. Они изменяются по всей глубине, а максимально – в области квазиоднородного слоя (КОС) и скачка плотности; температура – на шесть-семь градусов, значительна изменчивость и солёности. Толщина же КОС при этом изменяется не менее, чем на пятнадцать метров (сравним распределения T(24) и T(31); аргумент в скобках указывает номер станции). Приведенные наблюдения исключают возможность строить изолинии, фронты, пространственные распределения и делать выводы без учета приливов даже у границы шельфа.

Сравнение распределений T и S по глубине в каньоне (ст. 9,33) и вне его (ст. 24,31) выявляет еще ряд эффектов:

а) В обоих случаях в моменты, близкие, или совпадающие с низкой водой, верхние квазиоднородные слои в несколько раз толще, а температура у поверхности выше, чем в момент высокой воды, т.е. в окрестности времени прилива. Эта особенность справедлива для всей области шельфа и полностью подтверждает высказанные нами [1] предположения.

б) Очевидно, что если в каньоне и на мелководье ниже скачка плотности залегает практически однородный слой, температура в котором у дна меньше лишь на десятые доли градуса, чем в его верхней части, то в районе начала свала глубин ниже скачка существует заметное линейное затухание T с приближением ко дну, а разница температуры в

момент прилива и отлива здесь достигает нескольких градусов.

Распределения  $T(z)$  на ст. 6 и 7, выполненные в одной и той же точке соответственно за час до наступления максимального прилива и в его момент, показывают как быстро разрушается однородный глубинный слой под скачком плотности. Поступающие у самого дна по склону холодные воды вытесняют теплые, захватывают толщу в несколько десятков метров, что снова соответствует предположениям.

Сильную разницу распределения температуры по  $z$  в зависимости от приливных фаз, что уже выше отмечалось, хорошо демонстрирует сравнение  $T(24)$  и  $T(31)$ , которые получены соответственно в момент, близкий к максимальному приливу, и в полный отлив.

в). Особенностью распределения солености является наличие максимума, лежащего в области скачка плотности над холодным нижним слоем. Причем, чем более резким оказывается скачок плотности, тем более тонкой прослойка повышенной солености. Сравните соответственно  $T(24)$  и  $S(24)$  с  $T(31)$  и  $S(31)$  рис. 3а, а также  $T(9)$ ,  $S(9)$  с  $T(33)$ ,  $S(33)$ . Эти особенности важны – они подтверждают наличие здесь пограничного слоя с признаками проскальзывания (жидкой стенки).

Следующей закономерностью распределения  $S$  является то, что если на свале глубин соленость в нижнем слое больше, чем в верхнем, то в каньоне она, напротив, меньше. Это демонстрирует сравнение ее распределений на ст. 6, 7 и 24, 31 с распределениями, полученными на ст. 9, 33; и подтверждает факт, что непосредственно в каньонах процесс перемешивания интенсивнее и захватывает большую часть по отношению к общей высоте столба воды.

г). Как показывает сравнение графиков  $S(9)$  и  $S(33)$ , соленость в каньоне в верхней части скачка увеличивается в стадии прилива, а затем к его концу происходит эрозия соленой прослойки.

Это же справедливо и в устье каньона. Отметим, что так как это явление имеет место, то оно подтверждает факт, что в процессе прилива КОС за счет давления снизу увеличивающимся в толщине ППС, соскальзывает; в этот момент здесь внедряется соленая прослойка, а затем КОС настолько уменьшается в толщине, что его структура эродирует, разрушая и соленую прослойку, и уменьшая температуру, так как его замещает верхний слой скачка.

Во время отлива, напротив, КОС становится более мощным, скачок температуры резким из-за резкого опускания скачка плотности, и на него снова вторгается соленая вода: ср.  $T(9)$  с  $T(33)$  и  $T(31)$  с  $T(7)$ , рис. 3а, б, в.

Как подчеркнуто в [1] отмеченные эффекты совокупно становятся объяснимыми и естественными, если скачок плотности, разделяющий верхний квазиоднородный и нижний перемешанный слои, при приливо-отливной динамике действительно играет роль жидкой границы между ними, а в его окрестности образуется аналог пограничного слоя. В таком случае верхний и нижний слои перемещаются друг относительно друга ("проскальзывают"), перенося массы воды в направлении к берегу, или от него, и изменяя при этом свою толщину. В момент прилива вода из открытой глубокой части океана, поднимаясь по свалу глубин, при выходе на шельф будет, во-первых, увеличивать скорость и нагнетать ее массу, поэтому, понятно, температура в нижней части вплоть до скачка плотности должна понижаться, а сам скачок, играющий роль жидкого дна, мало деформируясь, подниматься вверх, сдавливая и вытесняя верхний квазиоднородный слой. Вода КОС под совместным воздействием этого эффекта и приливов станет приобретать большую скорость, чем скорость подстилающего ее скачка плотности – жидкого дна.

При планировании съемок нами, дополнительно к изложенному, ставилась

еще одна цель [1]. А именно: важнейшей задачей при исследовании динамики мелководных шельфовых областей является проблема их загрязнения. И выяснение возможного механизма выноса взвесей в открытый океан, т.е. вентиляции прибрежных вод, - вопрос принципиальный. Именно для шельфа Гвинеи - мелководного, наиболее широкого в Мировом Океане - эта задача является одной из самых актуальных и практически важных.

Некоторая попытка понять совместную роль приливно-отливной динамики и каньонов в процессе вентиляции прибрежных вод, отсоса примесей из шельфовой области и снабжения ее чистыми водами открытого океана и была предпринята в экспериментах, хотя мы имели ограниченные возможности.

12 марта 1992 г. на НИС. "Устрица" был выполнен целенаправленный экспрессный океанологический разрез вдоль каньона Конкуре. Задачей эксперимента было получение в течение малого временного отрезка информации о закономерностях пространственного распределения с высоким разрешением спектральных показателей ослабления света (мутности) вод вдоль каньона. Требование иметь данные в разных точках каньона, минимально отличающиеся по времени, диктовалось тем, что как было показано, океанологические характеристики в этой области испытывают сильную пространственную (особенно по вертикали) деформацию в зависимости от фазы прилива, и если мы хотим исследовать некоторые принципиальные, постоянно действующие закономерности, связанные с динамикой приливов, то должны анализировать информацию, относящуюся к одной и той же фазе приливов, иначе результаты и выводы не будут достоверными..

В экспресс - съемке в течение менее двух часов было сделано 25 зондирования вдоль каньона от поверхности до дна океана, т. е. За 1/12 часть периода основной приливной гармонике. Следо-

вательно, сформулированное требование выполнено.

Зондирования проводились на ходу судна прибором высокого разрешения МГИ 9201; при этом независимо друг от друга измерялись: распределение по вертикали электропроводности (К), спектральные показатели ослабления направленного света (мутность воды, т.е. величина, обратная прозрачности, позволяющая судить о концентрации взвеси в воде) в ультрафиолетовой (PO1) и инфракрасной (PO2) областях, а также флуоресценция (F); все с вертикальным разрешением не хуже 10 см. Применявшаяся методика измерений и одновременность данных PO1, PO2, F, К, получаемых независимо друг от друга, позволяют разделить биологически активную (живую), биологически пассивную (отмершие био-объекты) и терригенную взвеси, что, понятно, важно, тем более, что на мелководном шельфе Гвинеи количество последних велико.

Таким образом, одновременные совместные и в то же время независимые измерения прозрачности в разных областях спектра морской воды и ее флуоресценции, реализованные в приборе МГИ 9201, позволяют оценить концентрацию взвеси и, главное, закономерность ее пространственного распределения и их особенности.

Конфигурация шельфовой области в районе каньона Конкуре представлена на рис. 2а.

Результаты, представленные на рис. 4 и рис. 5, 6, отражающие распределение взвесей в реальности, оказались неожиданными, противоречащими представлению о том, что на мелководном шельфе, тем более не в мористой его части, подверженной приливно-отливным течениям, наиболее мутным должен быть придонный слой. В самом деле, казалось бы мощные приливно-отливные течения, сильно завихренные вблизи дна из-за изрезанного рельефа и вертикального сдвига скорости, должны поднимать с него взвесь и делать воды в



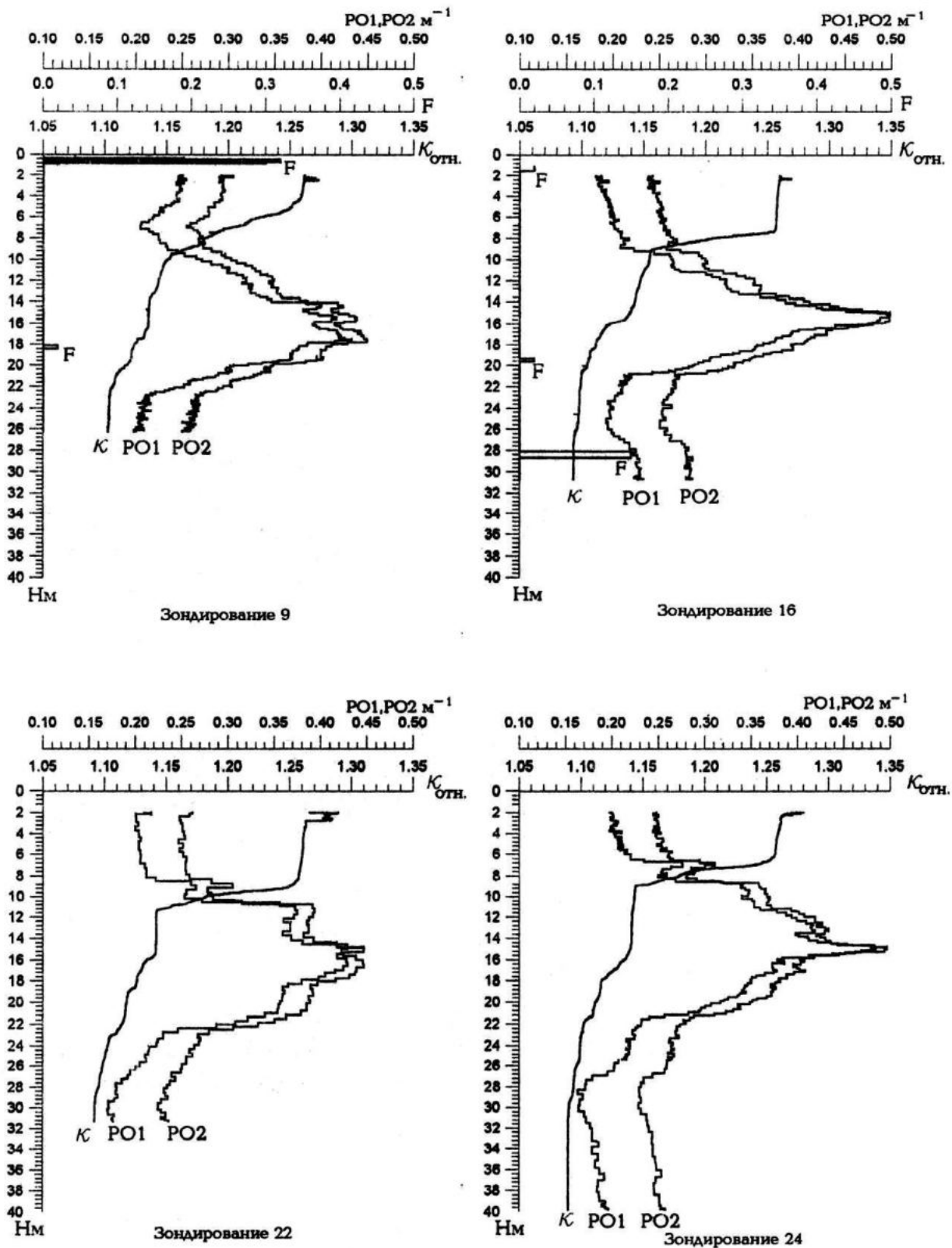


Рисунок 4 — Распределение по глубине в каньоне: К (безинерционной температуры); показателей ослабления света (PO1) — в инфракрасной, (PO2) — в ультрафиолетовой областях спектра; флуоресценции (F)

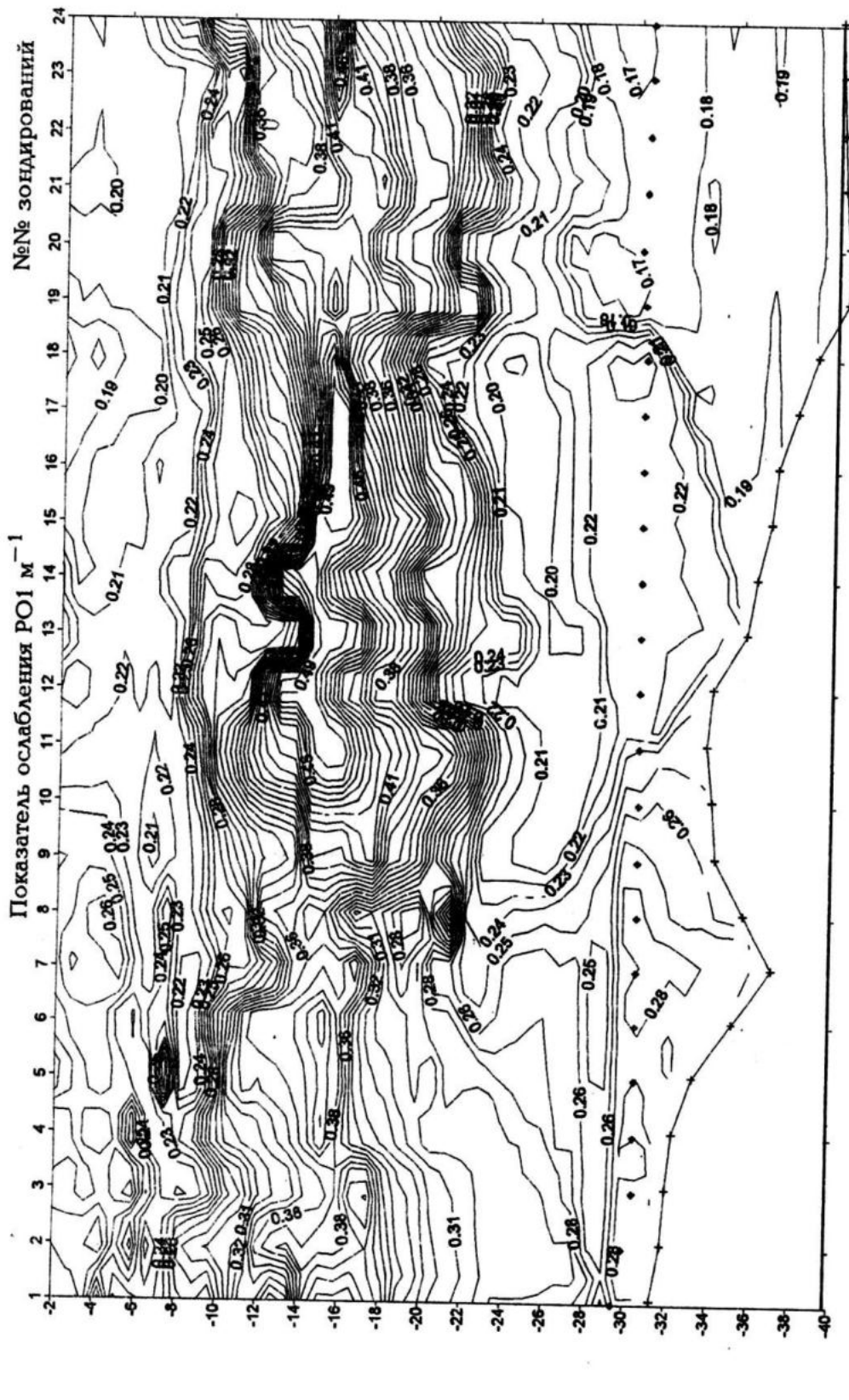
этом слое наименее прозрачными. Это кажется естественным, если учесть, что особенно нормальная к каньону составляющая скорости приливного движения, т.е. тангенциальная по отношению к берегу составляющая (см. систему координат в правом верхнем углу рисунка 1а, графики и оценки скорости, рис. 1б, 3а,б), пересекая в поперечном направлении каньон, будет возбуждать в нем вихри с продольными осями, взбаламучивать придонный слой воды. И даже во влажный сезон, при интенсивном выносе терригенной взвеси и ее оседании предположительно наибольшая концентрация должна располагаться над дном, а в период измерений (конец сухого сезона) при минимальном поступлении ее с суши - тем более, так как ее основной источник - поднятые со дна осадки. Однако измерения показали, что вдоль всего каньона показатели ослабления света как в ИК так и в УФ областях, т.е. "мутность" воды, имеют лишь незначительные относительные максимумы. Разрезы распределения взвеси вдоль каньона Конкуре представлены на рис. 5, 6; там же сверху указаны и номера зондирований. В нижней части рисунка крестиками показана глубина каньона Конкуре, а ромбиками - глубина шельфа вдоль каньона.

Видно, что ярко выраженной особенностью их является существование максимума взвеси, располагающегося в стратифицированной области непосредственно под скачком плотности. Причем, он существует на всех зондированиях (по которым построены разрезы) и максимальные его значения на них совпадают с большой степенью точности. Заметим, что значения  $K$  представлены в относительных единицах. Здесь не важны ее абсолютные величины, так как для физической интерпретации преследуемой нами цели имеет смысл лишь распределение электропроводности  $K$  (безинерционной температуры) по  $z$  и связь его с распределением взвеси.

Другими важными закономерностями зависимости  $PO_1$  и  $PO_2$  от глубины являются:

Во-первых, несмотря на то, что они регистрируются независимыми каналами, их функциональные от  $z$  распределения одинаковы. Это говорит о том, что концентрацию по вертикали крупных и мелких частиц взвеси обуславливает один и тот же механизм. И это - существенно. Далее, во всех случаях в поверхностном КОС она изменяется незначительно, увеличиваясь при приближении к скачку плотности, являющемуся границей, за которой следует резкое ее увеличение до абсолютного максимума. Затем, по мере дальнейшего заглубления, концентрация взвеси также быстро, практически симметрично относительно ее максимального значения, уменьшается. Распределение максимальной концентрации взвеси во всех случаях занимает стратифицированную зону и имеет куполообразный вид, похожий на шлем, лежащий на боку. Это общие особенности всех распределений. Но существуют также и другие, имеющие важное значение для интерпретации результатов и понимания динамики, управляющей движением примесей.

Так распределение взвеси в зондированиях 1-3, выполненных вблизи берега, в истоке каньона, рис. 5, 6, вплоть до самого дна имеет высокую концентрацию, в том числе и в придонном пограничном слое, отмеченном областью изотермии (участком с постоянной температурой высотой в несколько метров). Далее, при удалении от берега в сторону устья каньона (зондирования 7-17) максимумы становятся более выраженными и сосредоточенными в центральной части общей глубины, но их купол также остается в стратифицированном слое, а под ним является зона наименее замутненных вод, и при удалении от берега она становится все более прозрачной, так что на зондировании 7 в ее области прозрачность такая же как и на поверхности, а в области зондирования 9 вода



Н м

Рисунок 5 — профиль распределения в каньоне Конкуре показателя ослабления света (POI) в ультрафиолетовой области спектра

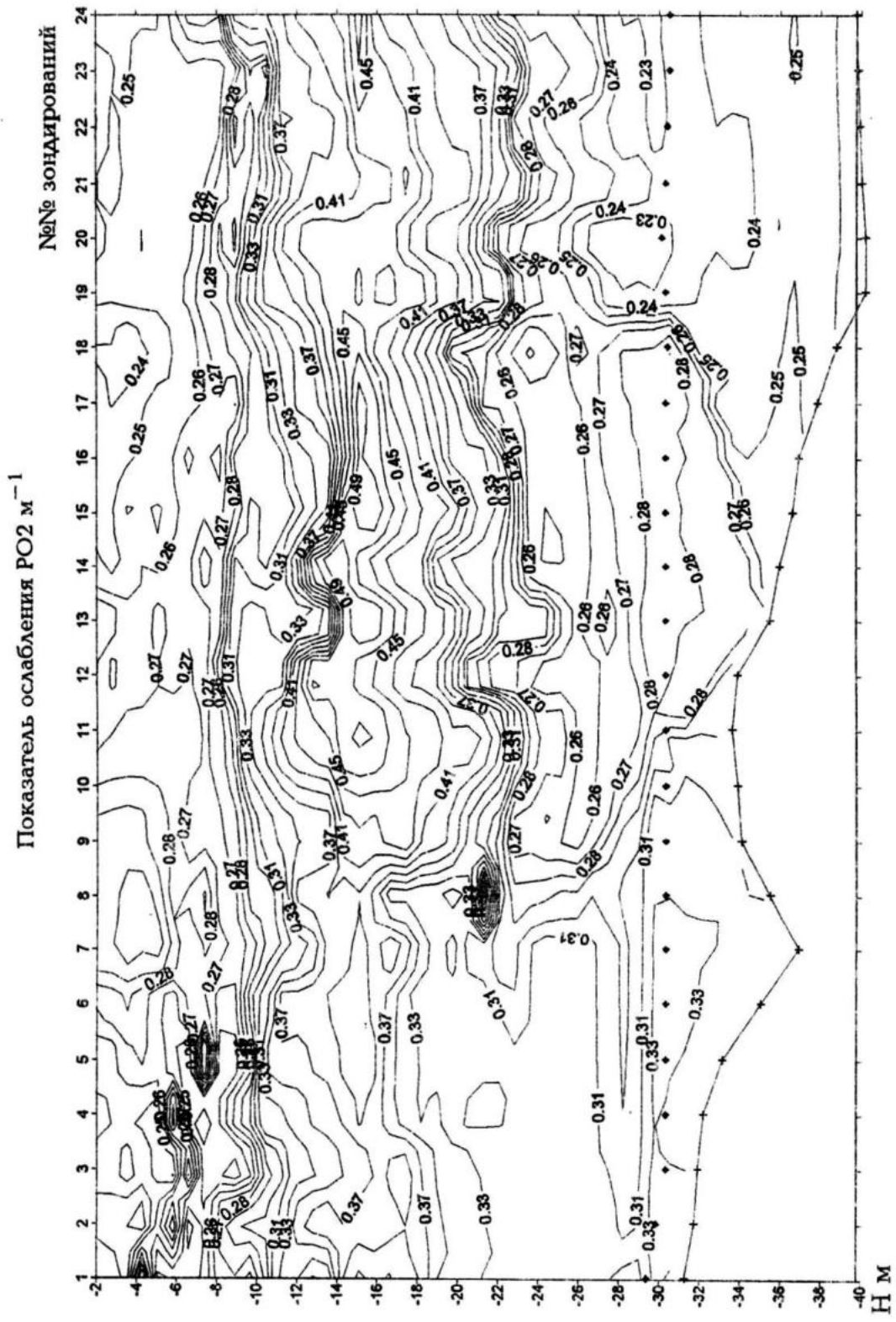


Рисунок 6 — профиль распределения в каньоне Конкуре показателя ослабления света ( $PO_2$ ) в инфракрасной области спектра

с глубины 25 м. даже прозрачнее, чем в приповерхностном квазиоднородном слое (!). При продвижении дальше в сторону открытого океана область придонной прозрачной воды, залегающей под слоем максимального содержания взвеси, увеличивается по глубине. Ее верхняя граница совпадает и даже превышает верхнюю границу изотермического придонного перемешанного слоя. Затем у дна, несмотря на то, что температура по вертикали не изменяется, да и соленость – тоже (см. рис. 2 б, в; 4), т.е. слой воды по гидрологическим характеристикам-перемешан, при приближении ко дну концентрация взвеси снова возрастает, что хорошо видно на зондированиях с 8 по 19. Причем, с возрастанием глубины увеличивается и слой прозрачной воды с медленно возрастающей ко дну концентрацией взвеси. – Это уже действует эффект взмучивания приливными течениями донных осадков [1]. И еще: чем более резкий, четко выраженный скачок температуры (плотности) под КОС, тем более резок, скачкообразен переход тут от прозрачных к мутным слоям воды.

Как можно проинтерпретировать все отмеченные выше особенности?

В самом деле, как показывают графики вертикального распределения  $K$  в каньоне Конкуре, рис. 4, скачок плотности не менее резок, чем в других областях шельфа, а разница между плотностью в КОС и ниже скачка достигает даже больших величин. Следовательно, он в приливной динамике также должен играть роль жидкой границы, разделяющей верхний и нижний слои, препятствующей обмену между ними и имеющей относительный минимум горизонтальных скоростей и вертикальных напряжений сдвига, как это показано в [1]. Поэтому приливной поток, имеющий максимальные скорости в слое над дном, будет поставлять здесь основную массу чистых глубинных вод открытого океана на шельф. По руслам каньонов, более глубоких, чем окру-

жающее их пространство, они должны поступать вплоть до прибрежной зоны. За счет сильного вертикального сдвига скорости в придонных слоях и более интенсивного вихревого движения в каньонах, воды открытого океана наиболее интенсивно будут перемешиваться с прибрежной водой в них, образуя квазиоднородный придонный слой, занимающий область высотой до десятков метров от дна и до нижней границы стратифицированного слоя, верхней частью которой является скачок плотности. Отлив из придонного перемешанного слоя, а так как вблизи берега последний переходит в прибрежный гомогенный слой, то и из него, будет отсасывать (здесь скорости снова максимальны) мутную перемешанную воду и, стало быть, - взвеси, вынося их в открытый океан, а, следовательно выполняя роль вентиляционного механизма. Несмотря на то, что он будет действовать на всем шельфе, но за счет проникающих до самого побережья глубинных вод в каньонах, особенно эффективно – в них.

В то же время, вследствие того, что скачок плотности играет роль жидкого барьера и при приближении к берегу выклинивается к поверхности, отделяя от чистой мористой части мутную прибрежную зону и одновременно придонный перемешанный слой, взвесь в приповерхностный квазиоднородный слой поступать практически не должна. Поэтому-то, как и демонстрируют рис. 4 и 5,6, КОС в несколько раз прозрачнее, чем лежащий под ним стратифицированный слой. Ниже же КОС, как показано в [1], располагается область, имеющая минимум напряжений и горизонтальных скоростей, и, как следствие, в ней будет слабое перемешивание и отсос (вынос) примесей, а следовательно, вентиляция вод. А так как эта область, хотя и в меньшей степени, чем скачок плотности, стратифицирована, см. рис. 4, то в результате всех этих причин и возникают неоднородность и максимум

концентрации взвесей в стратифицированном слое под скачком плотности.

В заключение отметим, что представленные результаты демонстрируют возможности новых методологий (новых гипотез и измерительных средств высокого разрешения) в изучении специфических, сложных и высокодинамичных регионов, какими являются шельфовые и прибрежные зоны морей и океанов.

#### Литература

1. Дворянинов Г.С., Карнаушенко Н.Н. Явления на шельфе, связанные с приливами и каньонами (шельф Гвинеи) // МГИ НАНУ. Препринт.-Севастополь.-2000.-48 с.

2. Булгаков Н.П., Безбородов А.А., Овсяный Е.И., Камара С. Фронтальные и барьерные зоны океана. Прибрежная фронтальная зона на шельфе Гвинеи. // МГИ НАНУ. Препринт.-Севастополь.-1987.-55 с.

3. Горячкин Ю.Н., Иванов В.А., Ива-

нов Л.И., Кейта И.К., Плотников В.А. особенности приливных движений у шельфа Гвинеи // МГЖ.-1989.-№2.-С. 45-51.

4. Тропическая Атлантика. Регион Гвинеи. // Киев: Наук. думка.-1988.-410 с.

5. Андриющенко А.Л., Тимченко И.Е. Численная динамико-стохастическая модель шельфовой зоны океана // Препринт.-Конакри.-1991.-74 с.

6. Поляничев В.Ю., Тимченко И.Е., Ярин В.Д. Контроль характеристик верхнего слоя океана на основе динамико-стохастической модели // Конакри.-1991.-44 с.

7. Еремеева Л.В., Безбородов А.А., Емельянова О.В. Влияние фронтальных зон на биохимию шельфа Гвинеи // МГЖ.-1989.-№ 6.-С. 48-54.

8. Отчеты Научно - Исследовательского центра РОГБАНе - Конакри за 1982-1991 гг.

9. Безбородов А.А. и др. Атлас гидрохимических характеристик северо-восточной зоны Тропической Атлантики // Киев: Наук. думка.-1988.-75 с.