

Том LXIV	<i>Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)</i>	1968
Том XXVIII	<i>Труды Азово-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (АзчерНИРО)</i>	

УДК 551.46(267)

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ИНДИИ

А. А. Елизаров
ВНИРО

С середины января до начала февраля 1966 г. на научно-поисковом судне «Академик Книпович» проводили комплексную океанографическую съемку в северной и восточной частях Аравийского моря, главным образом в районе шельфа и материкового склона Западной Индии.

Работы начались с выполнения гидрологического разреза через северную часть Аравийского моря от мыса Рас-эль-Джибш (Аравийский полуостров) до районов г. Карачи. Затем было выполнено 10 гидрологических разрезов, идущих поперек шельфа Западной Индии.

Всего было сделано 55 станций с полным комплексом гидрологических и гидрохимических работ (температура и соленость морской воды, минеральный фосфор и кремний, нитраты, нитриты, растворенный кислород, рН и щелочность). На 18 станциях определяли первичную продукцию методом радиоактивного углерода (C^{14}). Постоянно проводили наблюдения над прозрачностью и цветом морской воды.

Была выполнена динамическая обработка полученных данных, в результате чего построена карта барической топографии относительно 750 дцб, отражающая общую схему циркуляции вод в зоне шельфа (рис. 1). На всех станциях была подсчитана вертикальная устойчивость водных слоев.

Режим вод шельфа и материкового склона Западной Индии сравнительно мало исследован. В литературе схематически отражены лишь самые общие процессы формирования водных масс и их динамики (Валло К., 1948; Schoff G., 1945; Sverdrup и др., 1946). Общепринятая концепция заключается в том, что динамика вод в этом районе связана с муссонным характером климата. Зимой (декабрь — февраль) муссонные ветры отгоняют поверхностные воды от берегов, вызывая подъем вод, богатых биогенными веществами, в зону фотосинтеза. Продуктивность прибрежных вод при этом увеличивается. Летом (июнь — август) юго-западный муссон вызывает нагон поверхностных вод в прибрежную зону. Снабжение биогенными веществами слоя фотосинтеза за счет средних слоев моря замедляется.

Несколько подробней вопросы динамики вод в районе шельфа Западной Индии рассмотрены в последних работах индийских ученых, в частности в работе Паникара (Panikkar, 1966). Он считает, что классическая схема применима лишь к районам, примыкающим к северной части п-ова Индостан. У юго-западного берега Индии (южнее широты Бомбея) подъем вод, обогащающий слой фотосинтеза биогенными веществами, наблюдается во время летнего муссона, т. е. в июне — августе.

Мы работали во время зимнего, северо-восточного муссона, когда северные и северо-восточные ветры должны отгонять от берегов к морю (по крайней мере севернее широты Бомбея) поверхностные воды, вызывая тем самым подъем вод из средних слоев моря. Полученные нами данные не подтверждают это положение. Почти на всем протяжении шельфа Западной Индии наблюдалось движение вод по направлению к берегу, а не наоборот. Исключения представляют район, примыкающий к устью Инда, и район южнее 10° с. ш.

На большей части исследуемого района скорости постоянных течений невелики. Почти везде величины скорости на поверхности моря колеблются от 0,05 до 0,2 узла. В северной части района скорости постоянного течения достигают 0,5 узла лишь в районе каньона Инда и в зоне материкового склона юго-западнее г. Карачи. Мощное течение со скоростями свыше 1,5 узла наблюдалось нами южнее 10° с. ш. у внешнего края шельфа. По-видимому, это течение, проходя между Лаккадивскими островами и шельфовой зоной, выносит далеко на север опресненные воды из экваториальной зоны океана. Приблизительно под $16^{\circ}30'$ с. ш. на небольшом участке это течение вклинивается в пространство над шельфом, его скорость превышает здесь 1,2 узла. Поперечная циркуляция вдоль продольной оси течения почти везде южнее 20° с. ш. создает движение вод на шельфе по направлению к берегу.

Это течение оказывает большое влияние и на вертикальный обмен вод. Слабосоленые (до 33‰) на поверхности моря воды глубже слоя

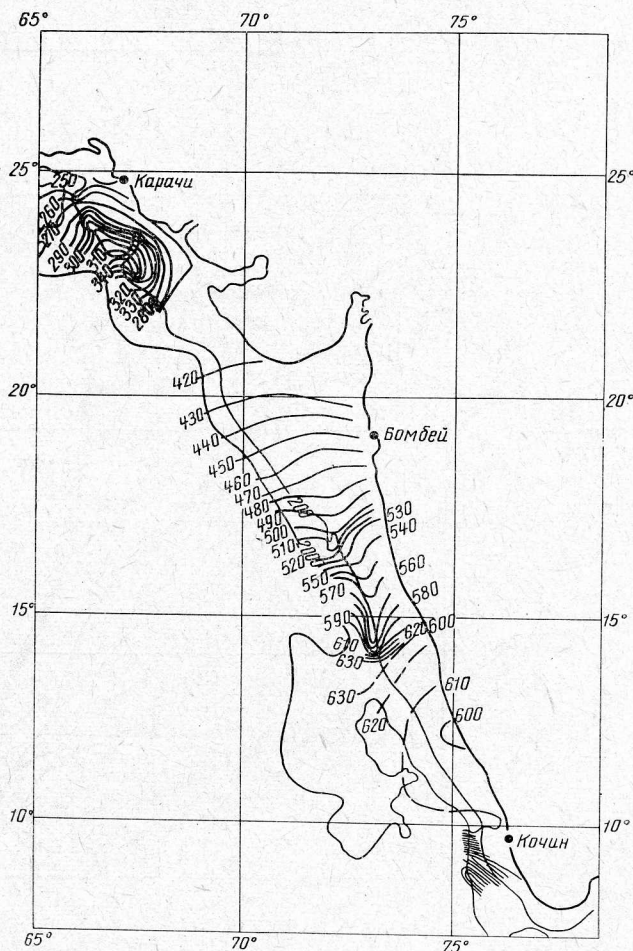


Рис. 1. Распределение динамических высот на поверхности относительно 750 дцб и линии тока.

фотосинтеза (75—100 м) сменяются тяжелыми тропическими водами. Большой градиент солености определяет высокую устойчивость слоев воды, что в конечном итоге приводит к резкому уменьшению вертикального обмена между поверхностными и средними слоями воды. Это положение хорошо иллюстрируется данными по распределению фосфора (рис. 2). Если севернее 21° с. ш. за пределами действия описы-

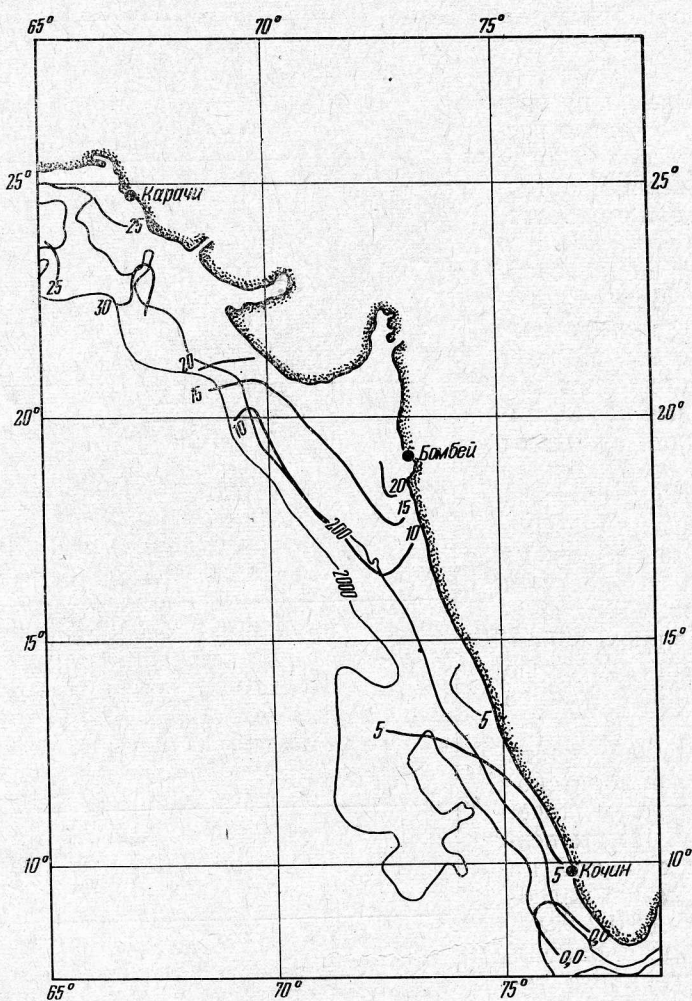


Рис. 2. Распределение фосфора на поверхности моря.

ваемого течения содержание фосфора на поверхности моря, как правило, превышает 20 мкг/л, достигая максимума (около 35 мкг/л) в районе каньона Инда, то южнее 18° с. ш. фосфора на поверхности моря везде меньше 10 мкг/л, а в участках выхода на шельф течения из экваториальных широт фосфор на поверхности моря почти полностью исчезает.

Таким образом, особенности динамики вод позволяют разделить зону шельфа и материкового склона Западной Индии на два района:

- 1) северный, простирающийся от широты г. Карачи, приблизи-

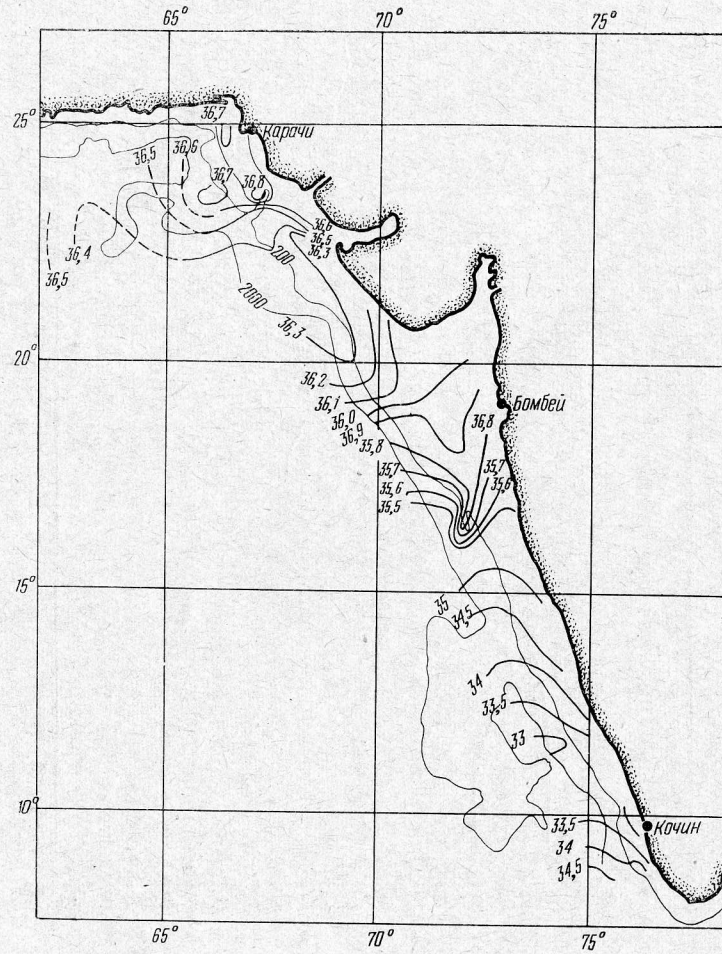


Рис. 3. Распределение солености на поверхности моря.

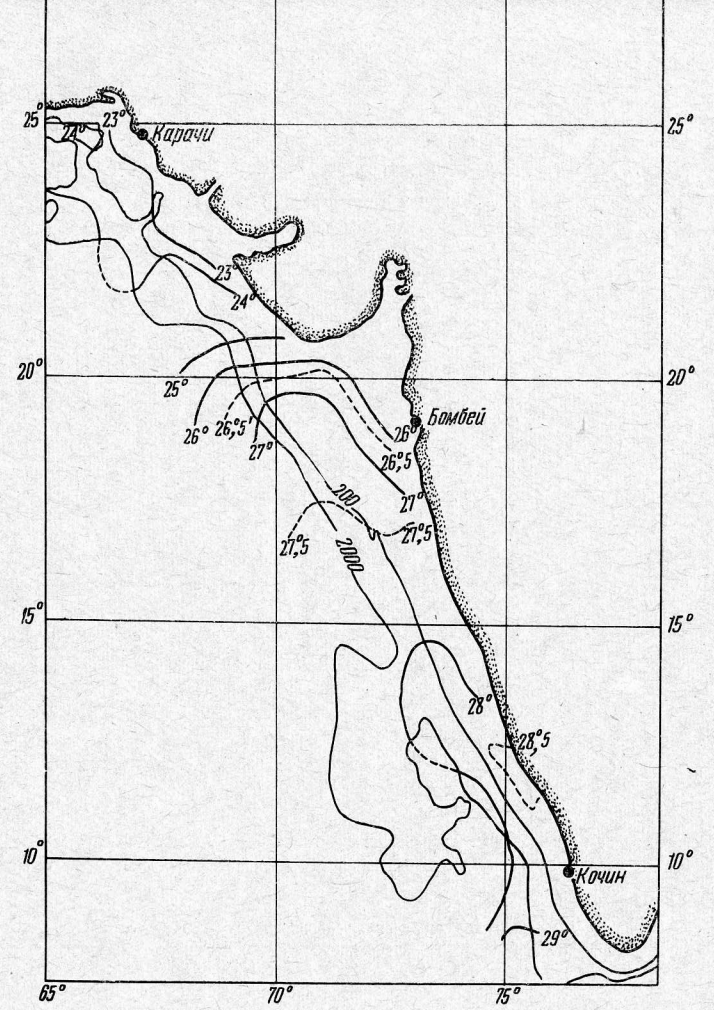


Рис. 4. Распределение температуры воды на поверхности моря.

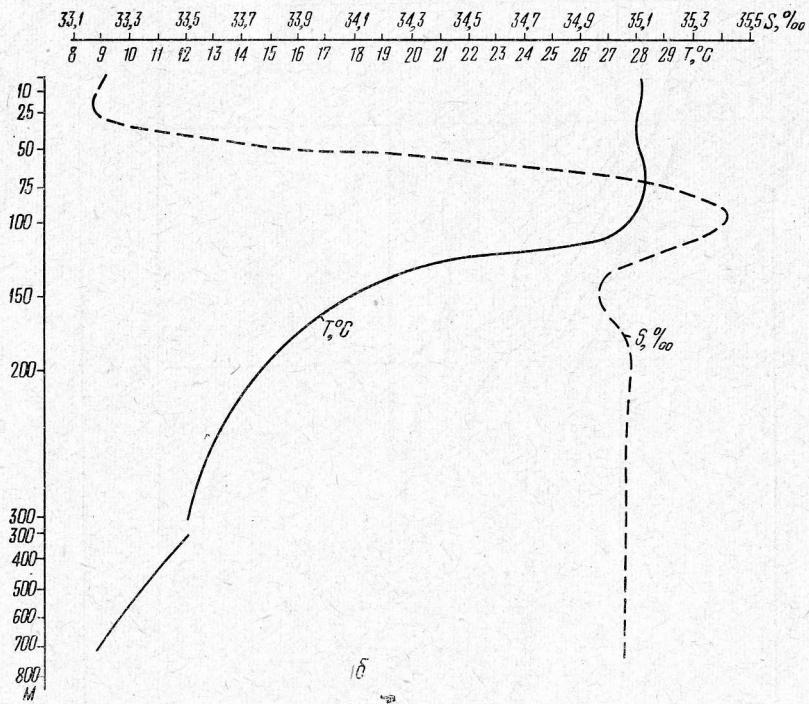
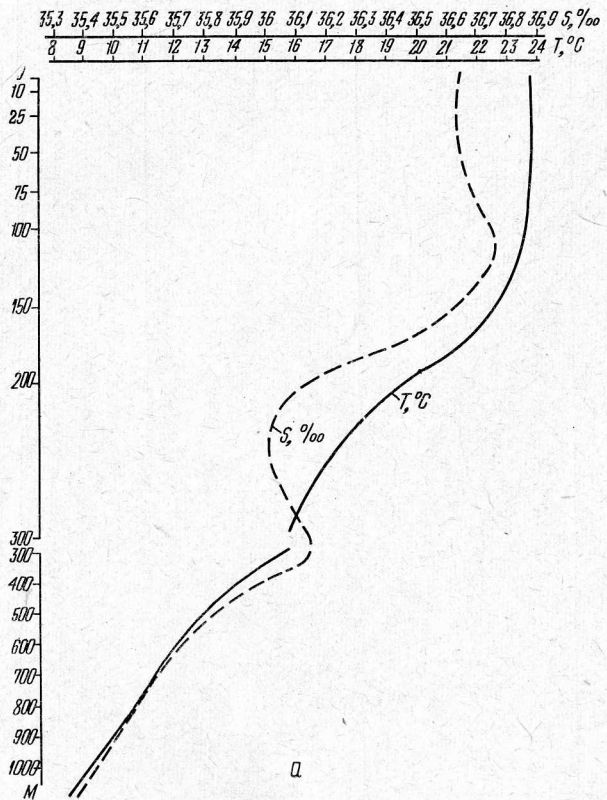


Рис. 5. Вертикальное распределение температуры и солености:
 а — в северном районе; б — в южном районе.

тельно до 21° с. ш.; этот район характерен высоким содержанием биогенных веществ в поверхностных слоях воды;

2) южный, расположенный к югу от 18° с. ш.; количество биогенных веществ в слое фотосинтеза здесь невелико, а местами доходит до нуля.

Район г. Бомбея (от 18° с. ш. до 21° с. ш.) представляет собой переходную зону. Здесь наблюдаются наиболее значительные градиенты большинства океанологических характеристик в меридиональном направлении.

Общая схема циркуляции вод рассматриваемого района определяет распределение всех океанологических характеристик. В соответствии с выносом в южный район относительно малосоленых вод из экваториальной зоны океана соленость вдоль шельфа медленно уменьшается с севера на юг, ее величина на поверхности моря изменяется от 36,5 до 33‰ (рис. 3). Температура воды в направлении с севера на юг увеличивается довольно плавно, изменяясь на поверхности моря от 22° до 29° (рис. 4). По существу ни соленость, ни температура в зоне шельфа не создают больших градиентов в горизонтальной плоскости. По вертикали резкий температурный градиент почти повсеместно обнаруживается уже на глубине 100 м (рис. 5).

На юге на широте г. Кочина он выражен значительно резче, чем на севере, где высокосолёные воды (до 36,8‰), образующиеся на мелководье вблизи берегов, сползают по склону. Этот процесс сказывается и на распределении кислорода. Слой дефицита кислорода, который мы наблюдали у края шельфа вдоль всего побережья Западной Индии, в северном районе располагается глубже, чем на юге. Воды с минимальным содержанием кислорода (меньше 0,5 мл/л) обнаруживаются на севере, начиная с 200 м, а на юге — со 100—150 м. Однако дефицит кислорода на севере выражен резче, чем на юге (рис. 6).

Величины первичной продукции, выраженные интенсивностью фотосинтеза (метод C^{14}), варьировали в районе исследования в широких пределах — от нескольких единиц до нескольких сотен мг C/m^3 в день. В общем в соответствии с распределением минерального фосфора в слое фотосинтеза первичная продукция уменьшается с севера на юг. При равных условиях в содержании биогенных веществ богаче первичной продукцией оказываются воды хорошо стратифицированные, с большими величинами вертикальной устойчивости слоя фотосинтеза. В целом величины первичной продукции на шельфе Западной Индии достаточно велики и иногда могут быть сопоставимы с аналогичными характеристиками богатых промысловых районов, например с районом Бенгельского течения. Это положение относится в первую очередь к северному району.

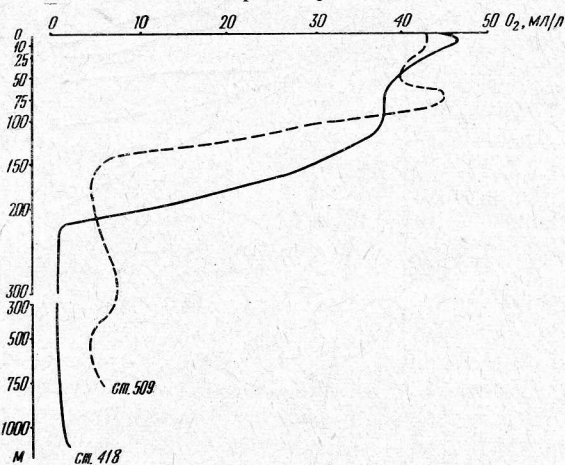


Рис. 6. Вертикальное распределение растворенного кислорода в северном и южном районах.

Наблюдения за щелочностью морской воды показали, что речной сток (особенно в северном районе), по-видимому, оказывает значительное влияние на воды шельфа. В результате статистической обработки удалось установить, что связь между соленостью и щелочностью заметно падает при приближении к устью Инда. Наименьшая величина коэффициента корреляции в этом случае падает на станции, относящиеся к каньону Инда, где наблюдалось максимальное содержание биогенных веществ в слое фотосинтеза.

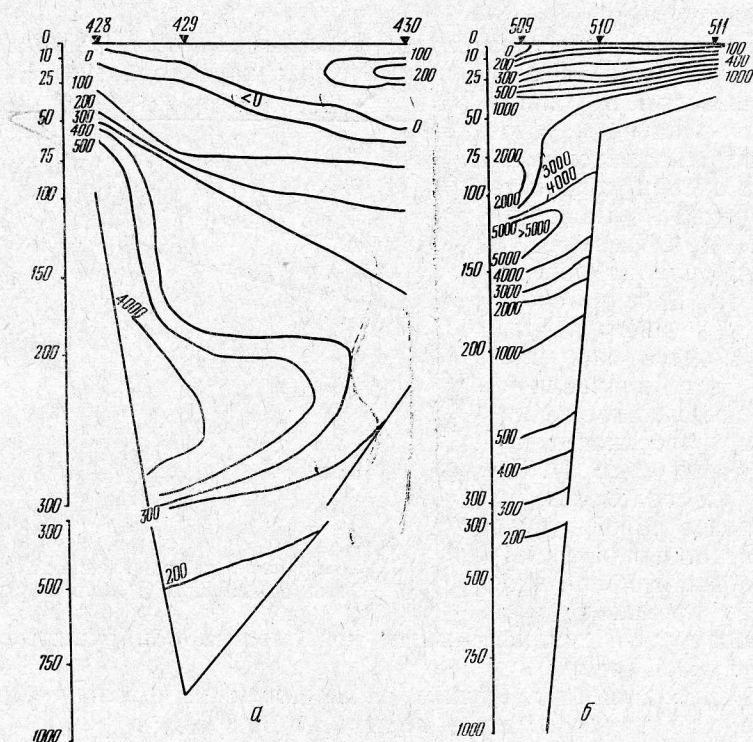


Рис. 7. Распределение вертикальной устойчивости в северном (а) и южном (б) районах.

Интересно, стабильны ли явления, которые мы наблюдали в январе 1966 г., по крайней мере для периода зимнего муссона, или они были в какой-то мере случайными?

Нужно иметь в виду, что во второй половине января 1966 г. мы застали в этом районе почти полное безветрие, т. е. муссон как фактор, радикально меняющий схему циркуляции в зимний период, по существу, бездействовал. Ясно, что здесь проявились условия конкретного года.

В период дождей менее плотные воды скапливаются вблизи берегов, что также может оказать определенное влияние на схему циркуляции. Наконец, речной сток несет в море много минеральных солей, нехватка которых, как мы видели на примере южного района, резко уменьшает продуктивность вод. Таким образом, гидрологические условия в зоне шельфа Западной Индии могут существенно изменяться, что неизбежно должно отражаться на распределении и концентрации промысловых рыб.

Возможность радикальных изменений условий в зоне шельфа За-

падной Индии в значительной степени связана с характером распределения вертикальной устойчивости, определяющей стабильность вертикального обмена вод. В связи с этим были подсчитаны величины вертикальной устойчивости и построены графики вертикального распределения этой характеристики (рис. 7). Оказалось, что северный район характерен довольно низкими (для тропических вод) величинами устойчивости. Средние устойчивости слоя 0—200 м на большинстве станций не превышают 500 ед. $E \cdot 10^8$, а в районе каньона Инда соответствующие значения устойчивости минимальны (150—300 единиц). В южном районе на большинстве станций средние величины устойчивости слоя 0—200 м превышают 2000 ед. $E \cdot 10^8$. Следовательно, возможность радикальных изменений в интенсивности вертикального обмена здесь маловероятна. Однако сезонные изменения в снабжении слоя фотосинтеза питательными солями здесь возможны за счет усиления стока в летние месяцы — в «период дождей».

Выводы

1. В зоне шельфа и материкового склона Западной Индии в январе 1966 г. по характеру динамики вод и содержанию питательных солей выделяются два района: северный и южный. Район Бомбея (18—21° с. ш.) представляет собой переходную зону.

2. Режим вод северного района характерен сравнительно малой стратификацией деятельного слоя моря (особенно в районе каньона Инда), сравнительно высоким содержанием питательных солей и большими величинами первичной продукции (интенсивность фотосинтеза).

3. Режим вод южного района определяется влиянием постоянного течения с юга, приносящего сюда малосоленые воды из экваториальных широт Индийского океана. В этом районе в связи с дефицитом минерального фосфора в слое фотосинтеза продуктивность вод сравнительно невелика.

4. По всему району исследования глубже 100—200 м резко снижается содержание кислорода (меньше 0,5 мл/л). В южных районах слой минимума кислорода начинается со 100—150 м, в северных — с 200 м. Дефицит кислорода в северных районах выражен резче, чем в южных.

5. Условия, наблюдаемые нами на шельфе Западной Индии в январе 1966 г., по-видимому, нельзя считать стабильными для всех лет.

ЛИТЕРАТУРА

- К. Валло. Общая география морей. М., Учпедгиз, 1948.
Punlikar, N. K. Fishery resources of the Indian Ocean, Second Intern. oceanographic congress. Moscow, 1966.
Schoff, G. Geographie des Indischen und Stillen Ozeans. Hamburg, 1935.
Sverdrup H. U., Johnson U. W., Fleming R. H. The oceans, 1946.