

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

УДК 551.464.6 (267.52)

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОСФАТОВ В АДЕНСКОМ ЗАЛИВЕ

В. А. Химица
АзчерНИРО

Океанологические исследования в Аденском заливе имеют сравнительно давнюю историю, однако многочисленные иностранные и отечественные («Витязь» и др.) экспедиции производили здесь наблюдения на отдельных станциях или в лучшем случае на единичных разрезах.

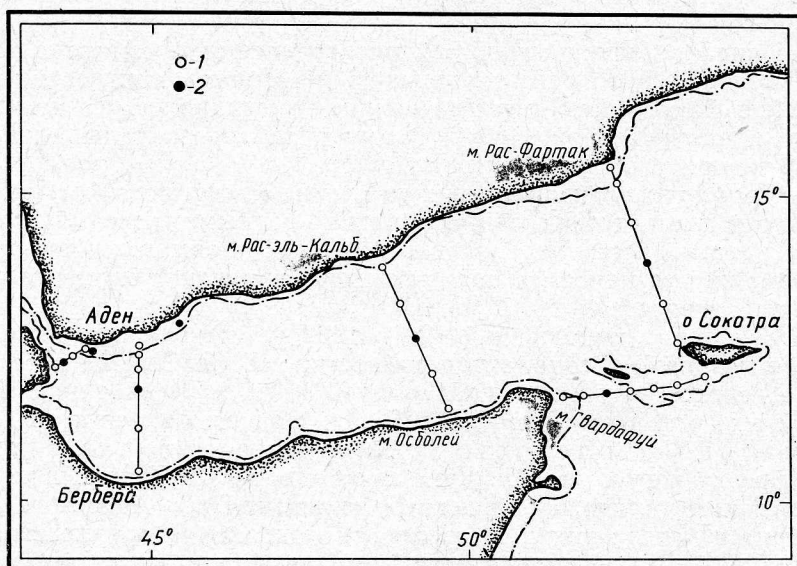


Рис. 1. Схема стандартных разрезов в Аденском заливе:
1 — эпизодические станции; 2 — суточные станции; - - - - изобата 200 м.

С 1961 г. АзчерНИРО на экспедиционном судне «Владимир Воробьев» начал регулярные съемки Аденского залива по определенной схеме стандартных разрезов (рис. 1). В статье обобщены материалы наблюдений по минеральному растворенному фосфору (фосфатам) за

период 1961—1964 гг., собранные в Аденском заливе научно-поисковыми экспедициями АзчерНИРО. Наблюдениями были охвачены все основные сезоны года, исключая март — апрель. Пробы на химические анализы отбирались по стандартным горизонтам до глубин 1000—1500 м. Растворенный минеральный фосфор (фосфаты) определялся по методу Дениже-Аткинса. Стандартные растворы готовились на дистиллированной воде; в результаты определений вводились поправки на соленость по С. В. Бруевичу и В. С. Красновой.

Аденский залив отличается жарким, сухим климатом и муссонной циркуляцией атмосферы. В зависимости от перемены направления муссонных ветров изменяется система течений в заливе. При зимнем северо-восточном муссоне преобладает перенос вод из Аравийского моря в залив, а при летнем юго-западном муссоне — из залива.

В соответствии с сезонной изменчивостью циркуляции вод, а также с местными географическими особенностями в Аденском заливе возникают гидродинамические условия, способствующие подъему глубинных вод в верхние слои моря. Зимой эти явления наблюдаются у Африканского побережья залива, летом — у аравийского берега. Значительное влияние на формирование режима водных масс Аденского залива оказывает приток вод из Красного моря, а также водообмен с Аравийским морем.

Среди биогенных элементов, лимитирующих развитие фитопланктона, важное место занимает фосфатный фосфор.

Концентрация минерального растворенного фосфора в верхних слоях воды зависит от соотношения скоростей потребления фосфатов при фотосинтезе и поступления их при минерализации органического вещества, а также от водообмена с нижележащими слоями моря и адвекции вод.

При анализе закономерностей распределения фосфатов в том или другом водоеме необходимо учитывать не только химические и биохимические факторы, но также и конкретные гидрологические условия, которые в значительной степени влияют на горизонтальное и вертикальное распределение элемента в море.

Поэтому характеризовать распределение фосфатного фосфора целесообразно в соответствии с выделенными водными массами и типами вод и с учетом систем течений в различные сезоны года, так как это дает возможность наиболее полно осветить изменения элемента во времени и пространстве.

На основании наблюдений 1961—1962 гг., относящихся к периоду северо-восточного муссона, автор совместно с В. В. Серым (1963) выделил в Аденском заливе в пределах от 0 до 1500 м три типа вод: а) поверхностную воду, б) подповерхностную воду минимальной солености и в) промежуточную трансформированную воду Красного моря. Дальнейшие исследования показали, что предложенная типизация вод Аденского залива характерна и для других сезонов года и позволяет (с привлечением материалов «Витязя» и «Атлантика») выделить еще придонную воду, которая занимает слой от 1000 м до дна.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФАТОВ В ПЕРИОД ЮГО-ЗАПАДНОГО МУССОНА

Общий ход фосфатов по вертикали в период летнего муссона показан на рис. 2 (станции, данные которых использованы для построения графиков, на рис. 1 заштрихованы). Как следует из графиков, содержание фосфатов в водной толще залива колеблется в широком диапазо-

не, однако эти изменения в общем соразмерны с фосфатными характеристиками, присущими каждому из типов вод в данный сезон.

В поверхностной воде концентрация фосфатного фосфора в начале юго-западного муссона (май — июнь) была равна в среднем 10—25 мкг Р/л (рис. 2 и 3), но в различных частях залива от этих общих величин наблюдались значительные отклонения. Органическое

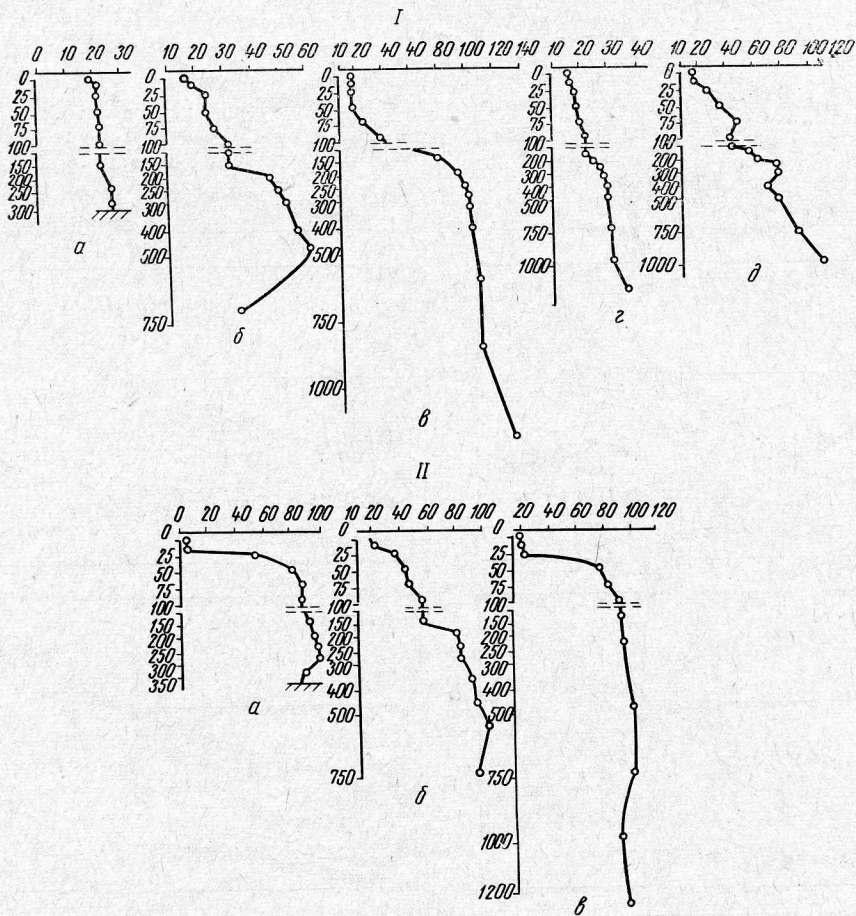


Рис. 2. Вертикальное распределение фосфатов (мкг Р/л) на станциях в Аденском заливе в период юго-западного муссона:

а — 12°20' с. ш. — 43°39' в. д.; б — 11°52' с. ш. — 44°48' в. д.; в — 12°43' с. ш. — 49°08' в. д.; з — 13°58' с. ш. — 52°45' в. д.; д — 11°52' с. ш. — 52°09' в. д.; I — май—июнь; II — август.

вещество (судя по степени насыщения воды кислородом 105—112%) продуцировалось на значительной части залива со средней интенсивностью и относительно равномерно. Поэтому можно предположить, что фосфаты поглощались растительным планктоном во многих районах залива с одинаковой скоростью, а на характер их распределения существенное влияние оказывала циркуляция вод.

В начале летнего муссона в Аденском заливе, по данным В. В. Серого*, наблюдалась система разнонаправленных течений. Южнее 12°

* Статья опубликована в данном сборнике.

с. ш. перенос вод происходил с востока на запад, а севернее ее, наоборот, — с запада на восток. Эти потоки дивергентной стороной были обращены к побережью, в результате чего в прибрежной зоне наблюдался вынос фосфатов из нижележащих слоев моря. В срединной же части залива отмечалась сходимість указанных течений. В результате количества органического вещества здесь несколько возрастало (окисляемость — $0,6 \text{ мг } \text{O}_2/\text{л}$) и за счет его минерализации увеличивалась концентрация фосфатов.

В районе к западу от линии залива Таджура-Бербера концентрация фосфатного фосфора в поверхностной воде была очень высокой (см. рис. 3). В эту часть залива течениями сносилось органическое вещество (окисляемость здесь выше $1 \text{ мг } \text{O}_2/\text{л}$), которое в застойной области при высокой температуре ($28\text{—}30^\circ \text{C}$) быстро минерализовалось. Несколько повышенное содержание фосфатов отмечалось у мыса Кальб, где наблюдался вынос глубинных вод в циклоническом круговороте (рис. 3, а и б).

В Баб-эль-Мандебском проливе и предпроливном районе картина распределения фосфатного фосфора была сложной. Вдоль азиатского берега пролива в Красное море переносилась аденская поверхностная вода, содержание фосфатов в которой было около 20 мкг Р/л . На акватории пролива наблюдалось перемешивание аденской и красноморской вод, причем в верхних слоях здесь отмечалось повышенное содержание органического вещества (окисляемость $1 \text{ мг } \text{O}_2/\text{л}$), минерализация которого значительно увеличивала концентрацию фосфатов в смешанной водной массе. Поэтому содержание фосфатного фосфора в смешанной воде на выходе из пролива превышало 25 мкг Р/л .

Восточнее 50 меридиана горизонтальное и вертикальное распределение фосфатов обуславливала система течений антициклонического круговорота. В центральную часть этого круговорота сносилось значительное количество органического вещества, минерализация которого в процессе опускания вод увеличила концентрацию фосфатов в этой области. В периферийных частях антициклонической циркуляции содержание фосфатов было несколько понижено (рис. 3 и 4). Высокие концентрации фосфатного фосфора ($20\text{—}35 \text{ мкг Р/л}$) отмечались в центральной части циклонального завихрения, расположенного между мысом Гвардафуй — о. Сокотра. В периферийной части этой циркуляции содержание фосфатов значительно снижалось в результате потребления их развивающимся растительным планктоном (степень насыщения воды кислородом составляла здесь $110\text{—}135\%$).

Массовая вегетация фитопланктона в Аденском заливе, по данным М. С. Савича*, наблюдалась в июле, когда биомасса его достигала в северной части залива $1\text{—}4 \text{ г/м}^3$. Интенсивное развитие фитопланктона должно способствовать значительному поглощению растворенного минерального фосфора в верхних слоях моря. Однако, как следует из анализа карт и графиков (см. рис. 2, 3 и 4), в августе в зоне фотосинтеза содержание фосфатов уменьшалось незначительно, а в некоторых районах залива даже несколько возросло. Такое распределение фосфатов является результатом сложной динамики вод Аденского залива и быстрой минерализации органического вещества в условиях высоких летних температур воды.

В период установившегося юго-западного муссона (август) водные массы перемещались с запада на восток. У африканского побережья вследствие нагонного эффекта течения водные массы опускались; у ара-

* Статья опубликована в данном сборнике.

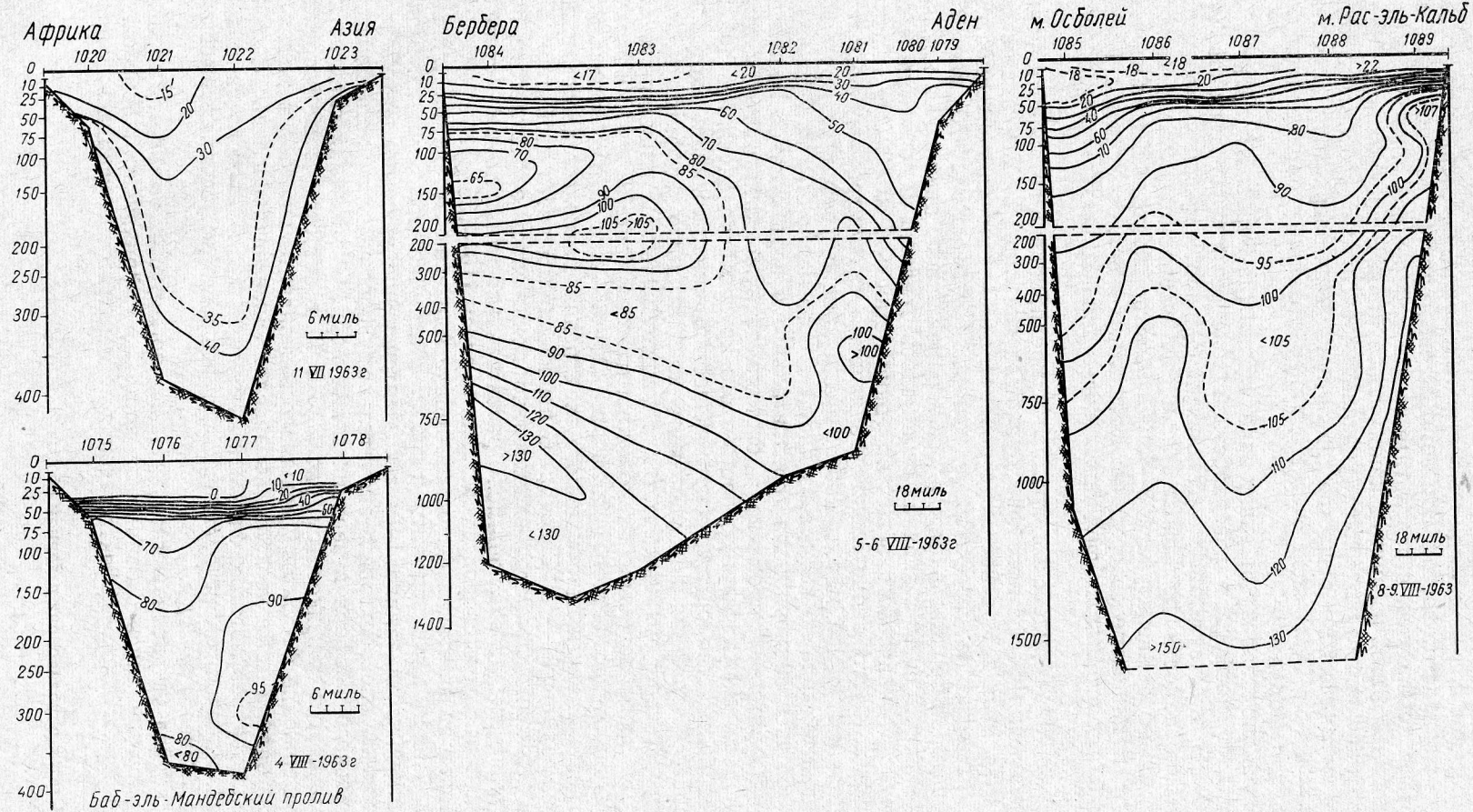


Рис. 4. Вертикальное распределение фосфатов (мкг Р/л) на разрезах в Аденском заливе в период юго-западного муссона.

вийского берега отмечались сгонные процессы (дивергентная сторона потока). В заливе развивается общая поперечная циркуляция с подъемом вод вдоль северного побережья и опусканием — у южного.

В соответствии с циркуляционными особенностями в августе концентрация фосфатов около аравийского берега оказалась равной 25—40 мкг Р/л , в то время как у африканского побережья она была ниже 15 мкг Р/л (см. рис. 3, а). На горизонте 50 м содержание фосфатов на всей акватории залива колебалось в пределах 50—80 мкг Р/л .

В Баб-эль-Мандебском проливе и предпроливной части залива в отличие от общего распределения фосфатов по акватории залива в августе наблюдались очень низкие величины растворенного минерального фосфора. На рис. 3 и 4 видно, что концентрации фосфатного фосфора опускались здесь до аналитического нуля. Это — довольно редкое явление для Аденского залива. Из анализа материалов экспедиционного судна «Константин Болдырев» следует, что в этот период в южной части Красного моря и Баб-эль-Мандебском проливе вегетация планктона протекала бурно, в результате чего фосфаты в зоне фотосинтеза были полностью исчерпаны. Расход фосфатного фосфора здесь был значительным, а поступление из нижних слоев — небольшим вследствие резко выраженной плотностной стратификации, которая затрудняет водообмен со слоями, богатыми питательными солями. В сентябре концентрация фосфатов повысилась здесь до 20 мкг Р/л вследствие изменения направления течений (из залива в Красное море), способствовавших переносу вод с повышенным содержанием фосфатов и размыву слоя скачка плотности.

В подповерхностной воде концентрация фосфатов зависит от минерализации органического вещества, продуцируемого в верхних слоях, и солевого обмена с Красным и Аравийским морями. Причины, оказывающие влияние на распределение фосфатов в подповерхностной воде, различны по своему генезису и по направленности процессов.

В начале летнего муссона концентрация фосфатов в подповерхностной воде убывала от центральной части залива к его периферии, а порядок колебания величин был значительным (см. рис. 3, в и рис. 4). В западной части Аденского залива большое влияние на формирование режима фосфатов в подповерхностных слоях оказывают малофосфатные красноморские воды; вследствие их воздействия концентрация фосфатного фосфора к западу от разреза Аден-Бербера не превышала в мае — июне 30—50 мкг Р/л . К востоку от этого разреза содержание растворенного минерального фосфора в подповерхностной воде быстро возрастало и на разрезе мыса Рас-эль-Кальб — мыса Осболей оказалось равным 50—80 мкг Р/л .

Судя по распределению океанологических характеристик, в центральной части залива наблюдался подъем глубинных вод, которые превышали здесь концентрацию фосфатов. В восточной части водоема содержание фосфатного фосфора опять уменьшалось, но уже вследствие смешения подповерхностных водных масс с поверхностной водой, которая опускалась здесь в антициклоническом круговороте.

Через пролив между о. Сокотра — мысом Гвардафуй в Аденский залив проникала подповерхностная вода из южной части Аравийского моря (очевидно, ветвь Муссонного течения) с содержанием фосфатов около 60—80 мкг Р/л , которая значительного влияния на концентрацию фосфатов в подповерхностной воде залива не оказывала, поскольку, продвигаясь к западу, она смешивалась с водными массами с таким же или слегка повышенным содержанием растворенного минерального фосфора.

В сезон установившегося юго-западного муссона (август) распределение фосфатного фосфора в подповерхностной воде было более равномерным, хотя общая тенденция возрастания величин фосфатов при продвижении к аравийскому берегу сохраняется, как и в поверхностной воде. Сток красноморских вод в августе значительно уменьшается, а в подповерхностных слоях наблюдается перемещение вод в сторону Красного моря (см. рис. 4, Баб-эль-Мандебский разрез). В результате окисления органического вещества, интенсивное образование которого наблюдалось в июле, уменьшения стока малофосфатных красноморских вод и выноса фосфатов из глубинных слоев моря, концентрация растворенного минерального фосфора в подповерхностной воде возрастает в августе на значительной части залива до 70—100 *мкг Р/л*.

Для подповерхностной воды характерно наличие максимума фосфатов, который достаточно четко выражен к западу от 50° в. д. Слой максимума фосфатов в этой части залива располагается на глубине 250—400 м и совпадает с слоем минимума кислорода. Концентрация фосфатного фосфора в слое максимума колеблется от 50 до 100 *мкг Р/л* и соотносится с общими закономерностями распределения фосфатов в подповерхностной воде. В августе слой максимума фосфатов наблюдается только к западу от разреза Аден-Бербера, где содержание их в этом слое было равно 90—100 *мкг Р/л*.

Обычно максимальные величины фосфатов наблюдаются в Аденском заливе на более значительной глубине (в придонной воде). Наличие же максимума фосфатного фосфора в подповерхностной воде западной части залива связано, во-первых, с интенсивной регенерацией фосфатов у верхней границы подповерхностной воды и, во-вторых, с распространением обедненных фосфатами красноморских вод, которые при выходе из пролива, хотя и перемешиваются с окружающими водами, но все же значительно отличаются от собственно аденской подповерхностной воды.

Промежуточная трансформированная красноморская вода образуется в результате перемешивания красноморских вод с водами Аденского залива. Трансформация красноморских вод начинается в Баб-эль-Мандебском проливе и продолжается при передвижении их через залив. Поэтому промежуточная трансформированная красноморская вода в Аденском заливе не обладает стабильными фосфатными и другими характеристиками.

В начале летнего муссона (май) наблюдается максимальный сток красноморских вод (по данным В. В. Серого *). Выходящая из пролива вода имела в ядре соленость выше 39‰, содержание фосфатов около 30 *мкг Р/л*. В центральной части залива соленость понижалась до 36,2‰, а концентрация фосфатного фосфора возрастала до 85 *мкг Р/л*. На выходе из залива промежуточная трансформированная вода по солености и содержанию фосфатов почти не отличалась от вод прилегающей части Аравийского моря.

По мере уменьшения стока красноморских вод содержание фосфатов в промежуточной воде возрастает. К сентябрю, когда сток красноморской воды становится минимальным, концентрация фосфатов в промежуточной воде на значительной акватории залива становится равной 90—100 *мкг Р/л* и лишь к западу от линии Аден-Бербера — менее 70 *мкг Р/л*.

Таким образом, в период юго-западного муссона концентрация фосфатного фосфора в промежуточной трансформированной красноморской

* Статья опубликована в данном сборнике.

воде испытывает значительные колебания, зависящие от величины стока красноморских вод и интенсивности солеобмена с окружающими водными массами залива.

В придонной воде концентрация фосфатов постепенно возрастает с глубиной, достигая максимума на горизонтах 1700—1900 м. В придонном 50—100 м слое содержание фосфатного фосфора незначительно понижается (на 5—10 мкг Р/л).

Вследствие высокой динамичности водных масс Аденского залива содержание фосфатов в придонной воде изменяется по сезонам, хотя и не так значительно, как в вышележащих слоях: в западной части залива (примерно до 47° в. д.) концентрация фосфатного фосфора от мая к сентябрю изменяется от 90 до 125 мкг Р/л, восточнее этого меридиана — от 120 до 130 мкг Р/л.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФАТОВ В ПЕРИОД СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО МУССОНА

Характер вертикального распределения фосфатов в период зимнего муссона представлен на рис. 5, 6 и 7. Из анализа графиков следует, что по мере развития муссона фосфатный фосфор в верхних слоях распределяется более равномерно, а в нижних — несколько возрастает его

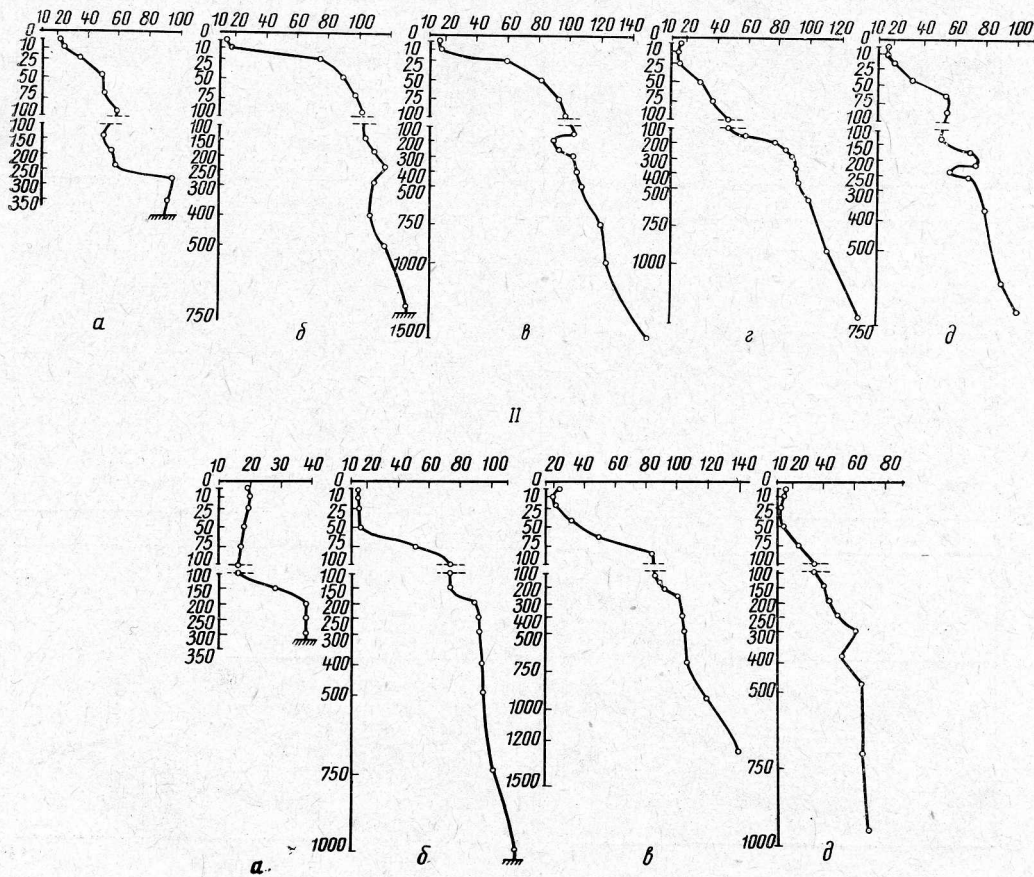


Рис. 5. Вертикальное распределение фосфатов (мкг Р/л) на станциях в Аденском заливе в период северо-восточного муссона:

a — 12°20' с. ш. — 43°39' в. д.; *б* — 11°52' с. ш. — 44°48' в. д.; *в* — 12°43' с. ш. — 49°08' в. д.; *г* — 13°58' с. ш. — 52°45' в. д.; *д* — 11°52' с. ш. — 52°09' в. д. *I* — сентябрь — октябрь; *II* — декабрь.

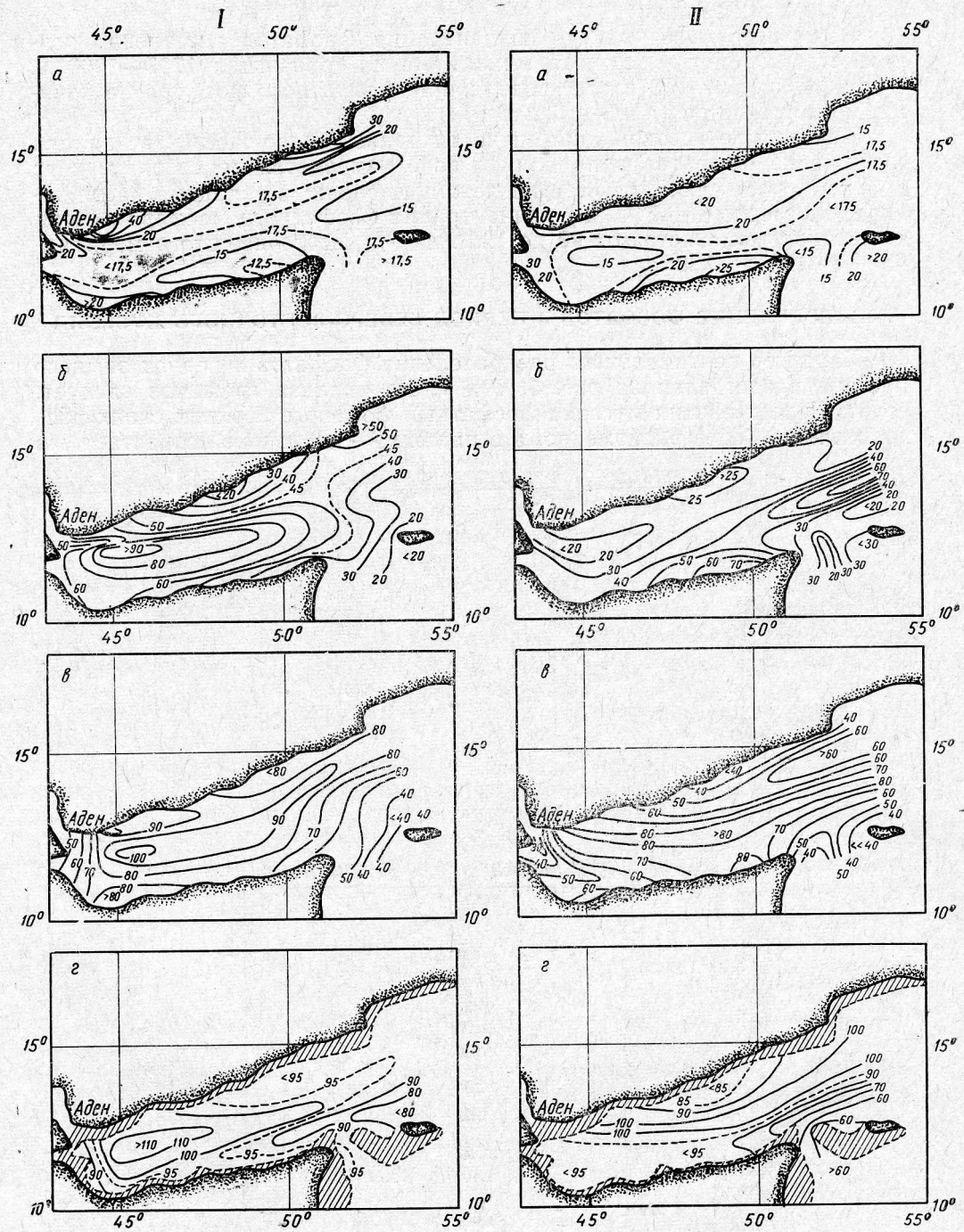


Рис. 6. Карты распределения фосфатов (мкг Р/л) в Аденом заливе в период северо-восточного муссона:

I — сентябрь — октябрь; II — декабрь; а — 10 м; б — 50 м; в — 100 м; г — 500 м.

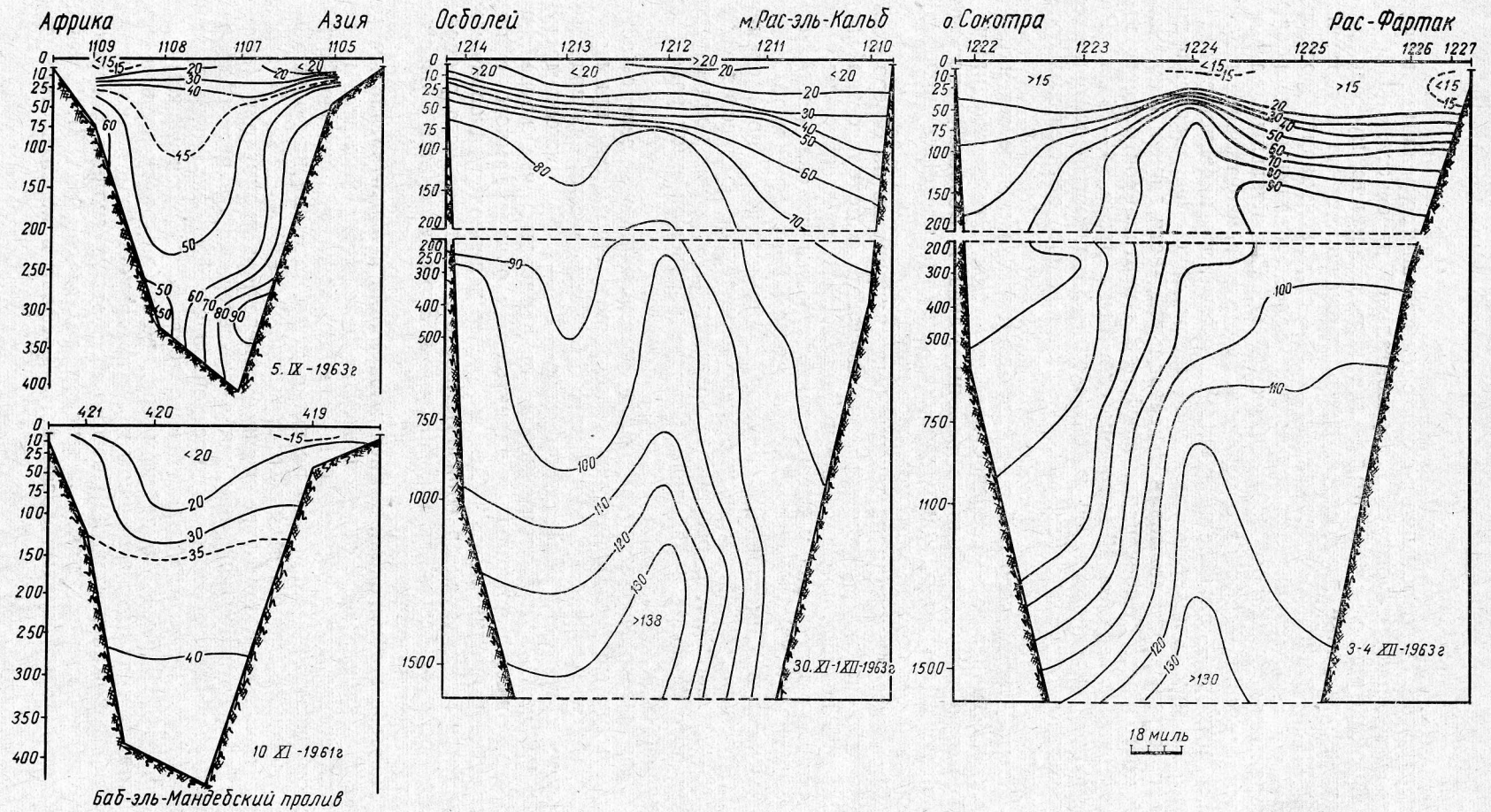


Рис. 7. Вертикальное распределение фосфатов ($\mu\text{кг P/l}$) на разрезах в Аденском заливе в период северо-восточного муссона.

концентрация. Одновременно в связи с изменившимся режимом течений перераспределяются фосфаты в горизонтальной плоскости.

В поверхностной воде для начала зимнего муссона было характерно наличие двух слоев, резко отличающихся по содержанию фосфатов. Верхний 25-метровый слой воды с концентрацией фосфатов 10—20 мкг Р/л располагался над водами, более богатыми растворенным минеральным фосфором (50—70 мкг Р/л). Значительные различия в распределении фосфатов отмечались также в горизонтальной плоскости. В сентябре — октябре на акватории залива, ограниченной с востока 50 меридианом, в поверхностном слое наблюдались разнонаправленные потоки, которые образовывали в центральной части залива циклонический круговорот. Концентрация фосфатов в центральной области этой циркуляции в верхнем 10-метровом слое была равна 14—16 мкг Р/л , однако уже на горизонте 50 м содержание фосфатного фосфора здесь значительно возрастало (см. рис. 6) за счет выноса питательных солей с глубин.

Вдоль Аравийского побережья наблюдалось западное течение, а у африканского берега — перенос вод на восток. Этими течениями в прибрежную зону (особенно в районы Адена и Берберы) сносилось органическое вещество, минерализация которого повышала количество фосфатов в верхнем 10-метровом слое воды.

Восточнее 50 меридиана течение было направлено на северо-запад. В этом районе залива концентрация фосфатов в поверхностной воде возрастала по мере продвижения к Аравийскому побережью, чему способствовал подъем вод у дивергентной стороны потока (см. рис. 6, горизонты 10 и 50). В пролив между мысом Гвардафуй и о. Сокотра входила струя Сомалийского течения, воды которого, по сведениям А. Г. Розанова (1964), имели несколько пониженное количество фосфатов (8—10 мкг Р/л). В результате воздействия этих вод концентрация фосфатного фосфора в районе о. Сокотра в поверхностной воде была несколько понижена.

Органическое вещество в период установившегося северо-восточного муссона на всей акватории залива продуцировалось примерно с такой же интенсивностью, как и летом (степень насыщения воды кислородом в верхнем 25-метровом слое — 105—110%, окисляемость — около 0,8 $\text{мг О}_2/\text{л}$). Поэтому можно предположить, что потребление фосфатов зимой растительным планктоном в общем немного отличалось от потребления летом. Тем не менее в период установившегося зимнего муссона характер горизонтального и вертикального распределения фосфатов был не таким, как летом. Это объясняется в основном динамическими причинами.

По мере стабилизации зимней циркуляции и развития плотностной конвекции слой воды с однородным распределением фосфатов по вертикали становится мощнее, и к декабрю концентрация фосфатного фосфора в зоне интенсивного развития фитопланктона на большей части Аденоского залива становится равной 14—20 мкг Р/л . В это же время начинает развиваться зимняя поперечная циркуляция (подъем вод у южного побережья, опускание — у северного), в результате чего содержание фосфатов в поверхностной воде постепенно возрастает по мере продвижения от аравийского берега к африканскому (см. рис. 6, б). В Баб-эль-Мандебском проливе наблюдалась зимняя двухслойная циркуляция с переносом вод в поверхностных и подповерхностных слоях в Красное море. Поэтому фосфаты в проливе распределялись почти так же, как в Аденоском заливе (см. рис. 7). В районе о. Сокотра концентрация фосфатного фосфора в поверхностной воде

к декабрю понизилась на 3—7 *мкг Р/л* вследствие усиления воздействия струи Сомалийского течения и развития растительного планктона.

В январе конвективное перемешивание охватывает всю толщу поверхностной воды, поэтому концентрация фосфатов во всех районах Аденского залива отличается равномерностью распределения по вертикали, а содержание их становится равным в поверхностной воде 15—30 *мкг Р/л*.

Концентрация фосфатов в подповерхностной воде в начале зимнего муссона на значительной части залива была довольно высокой (90—100 *мкг Р/л*) и возрастала к центральной части циклонического круговорота. К западу от 45° в. д. при продвижении к Баб-эль-Мандебскому проливу содержание растворенного минерального фосфора в подповерхностной воде понижалось до 80—50 *мкг Р/л*. Еще более низкие величины фосфатов наблюдались в зоне действия вод Сомалийского течения, особенно в районе о. Сокотра (см. рис. 6, в). Максимум фосфатов в подповерхностной воде с содержанием растворенного минерального фосфора, равным 105—110 *мкг Р/л*, отмечался на горизонтах 150—250 м и прослеживался только до 50 меридиана.

С развитием циркуляции вод, характерной для зимнего муссона, усиливается солевой обмен с Аравийским (через пространство между о. Сокотра и мысом Рас-Фартак) и Красным морями, вследствие чего общее содержание фосфатов в подповерхностной воде понижается до 80—95 *мкг Р/л*. Особенно заметно действие красноморских малофосфатных вод на участке залива к юго-востоку от линии Баб-эль-Мандебский пролив — Бербера (см. рис. 6, в).

Воздействие обедненных фосфатами вод Сомалийского течения к декабрю несколько ослабевает, поскольку они оттесняются потоком, идущим от Аравийского моря вдоль азиатского побережья. На нагонной стороне этого потока наблюдается опускание и перемешивание поверхностной воды с подповерхностными водными массами. В результате этого процесса содержание фосфатов в подповерхностной воде указанного района было более низким, чем в других частях залива.

В южной прибрежной зоне залива вследствие действия вод Красного моря и Сомалийского течения концентрация фосфатного фосфора в подповерхностной воде была также понижена. Поэтому в горизонтальной плоскости зона с максимальными величинами фосфатов в декабре наблюдалась примерно по центральной оси залива (см. рис. 6, в).

Вследствие ослабления регенерации фосфатов и усиления зимнего вертикального водообмена к декабрю максимум фосфатного фосфора в подповерхностной воде в большинстве районов залива исчезает и наблюдается лишь в местах повышенного содержания органического вещества (район Адена) у нижней границы водной массы.

Промежуточная трансформированная красноморская вода в начале зимы хорошо прослеживалась только к западу от разреза Аден-Бербера и в узкой прибрежной полосе у Африканского побережья, где содержание фосфатов было равно 90—95 *мкг Р/л* (см. рис. 6, г).

К декабрю район распространения промежуточной воды несколько расширяется, но основная масса ее по-прежнему наблюдается у южного берега водоема, причем концентрация фосфатов изменяется незначительно по сравнению с начальным периодом зимнего муссона.

По мере возрастания стока малофосфатных вод из Красного моря содержание растворенного минерального фосфора в промежуточной трансформированной воде постепенно уменьшается и к середине сезона северо-восточного муссона становится равным 80 *мкг Р/л*.

Придонная вода в западной части залива характеризовалась в сентябре—октябре величинами фосфатов порядка 110—120 мкг Р/л. В восточном районе, где аденская придонная вода имела контакт с водными массами Аравийского моря, концентрация фосфатного фосфора в ней была понижена до 100—110 мкг Р/л.

Такие высокие значения растворенного минерального фосфора наблюдались в придонной воде до января. Затем содержание фосфатов в ней понижается до 90—110 мкг Р/л вследствие уменьшения скорости поступления фосфатов при минерализации органического вещества и перемешивания с красноморскими водами.

СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФАТОВ

На рис. 8 представлены суточные колебания величин фосфатов в июле и сентябре на мелководье (менее 60 м) у Баб-эль-Мандебского пролива и Адена.

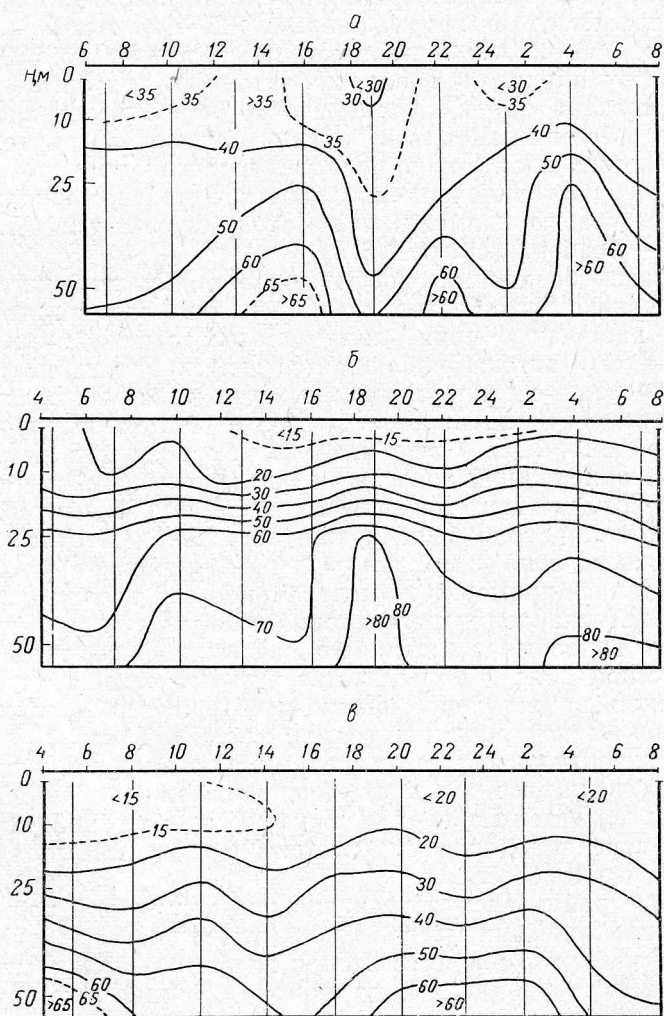


Рис. 8. Суточные изменения фосфатов (мкг Р/л) на станциях:

а — 12°28' с. ш. — 44°04' в. д., июль; б — сентябрь; в — 12°55' с. ш. — 45°24' в. д., сентябрь.

Наблюдения на суточной станции, выполненной в июле, показывают, что резкие изменения в содержании фосфатов вызваны действием приливо-отливных и сгонных течений.

В начале сентября на этой станции наблюдалась хорошо заметная плотностная стратификация. Верхний 10-метровый слой легкой воды с низкими величинами фосфатов располагался на более плотных водных массах со значительным содержанием фосфатного фосфора. Хотя в зоне фотосинтеза растворенный минеральный фосфор потреблялся фитопланктоном, но в основном содержание фосфатов изменялось под действием приливо-отливных явлений, которые способствовали периодическому выходу на мелководье подповерхностной воды. Подобная картина наблюдалась и на суточной станции к востоку от Адена, хотя здесь не отмечалось резко выраженной плотностной стратификации вод (рис. 8, в).

Таким образом, суточные колебания фосфатного фосфора на шельфе зависят в основном от приливо-отливных явлений. Изменения фосфатов, связанные с жизнедеятельностью растительного планктона в течение суток, менее заметны.

Выводы

1. Поверхностная вода Аденского залива в различные сезоны года хорошо обеспечивается фосфатным фосфором, концентрация которого в зоне фотосинтеза не опускается ниже величин, лимитирующих развитие фитопланктона. Исключение представляет район Баб-эль-Мандебского пролива, где содержание фосфатов в период бурного развития фитопланктона (август) может опускаться до аналитического нуля.

2. Достаточное количество растворенного минерального фосфора в поверхностной воде поддерживается за счет выноса питательных солей из нижних слоев моря; в период юго-западного муссона подъем вод происходит у северного побережья, а в период северо-восточного муссона — у южного. Кроме того, запасы фосфатов пополняются при минерализации органического вещества, особенно интенсивно летом.

3. Летом в водной толще залива наблюдаются два максимума фосфатов: первый — в подповерхностной воде, второй — в придонной. Наличие слоя максимума фосфатного фосфора в подповерхностной воде отмечается преимущественно в западной части залива и связано с интенсивной регенерацией фосфатов у верхней границы водной массы и распространением на промежуточных глубинах малофосфатных красноморских вод. В придонной воде в течение всего года наблюдается обычный глубинный максимум растворенного минерального фосфора.

4. Воды Красного моря влияют на формирование режима фосфатов Аденского залива. В период максимального стока красноморских вод содержание фосфатного фосфора в подповерхностной, промежуточной и придонной водах значительно понижается, а в период минимального стока — возрастает.

5. Суточные колебания фосфатов на мелководье зависят в основном от приливо-отливных явлений.

ЛИТЕРАТУРА

- Серый В. В. и Химица В. А. К гидрологии и гидрохимии Аденского залива и Аравийского моря. «Океанология». Т. III. Вып. 6. М., Изд-во АН СССР, 1963.
Розанов А. Г. Распределение фосфатов и кремнекислоты в воде северной части Индийского океана. Труды ИОАН. Т. 64, М., 1964.