

551.46(267.52+267.1)

**КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ МАСС АДЕНСКОГО  
ЗАЛИВА И СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АРАВИЙСКОГО МОРЯ  
ПО ДАННЫМ 2-й ИНДИЙСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ АЗЧЕРНИРО  
(июль—октябрь 1962 г.)****М. С. Эдельман**

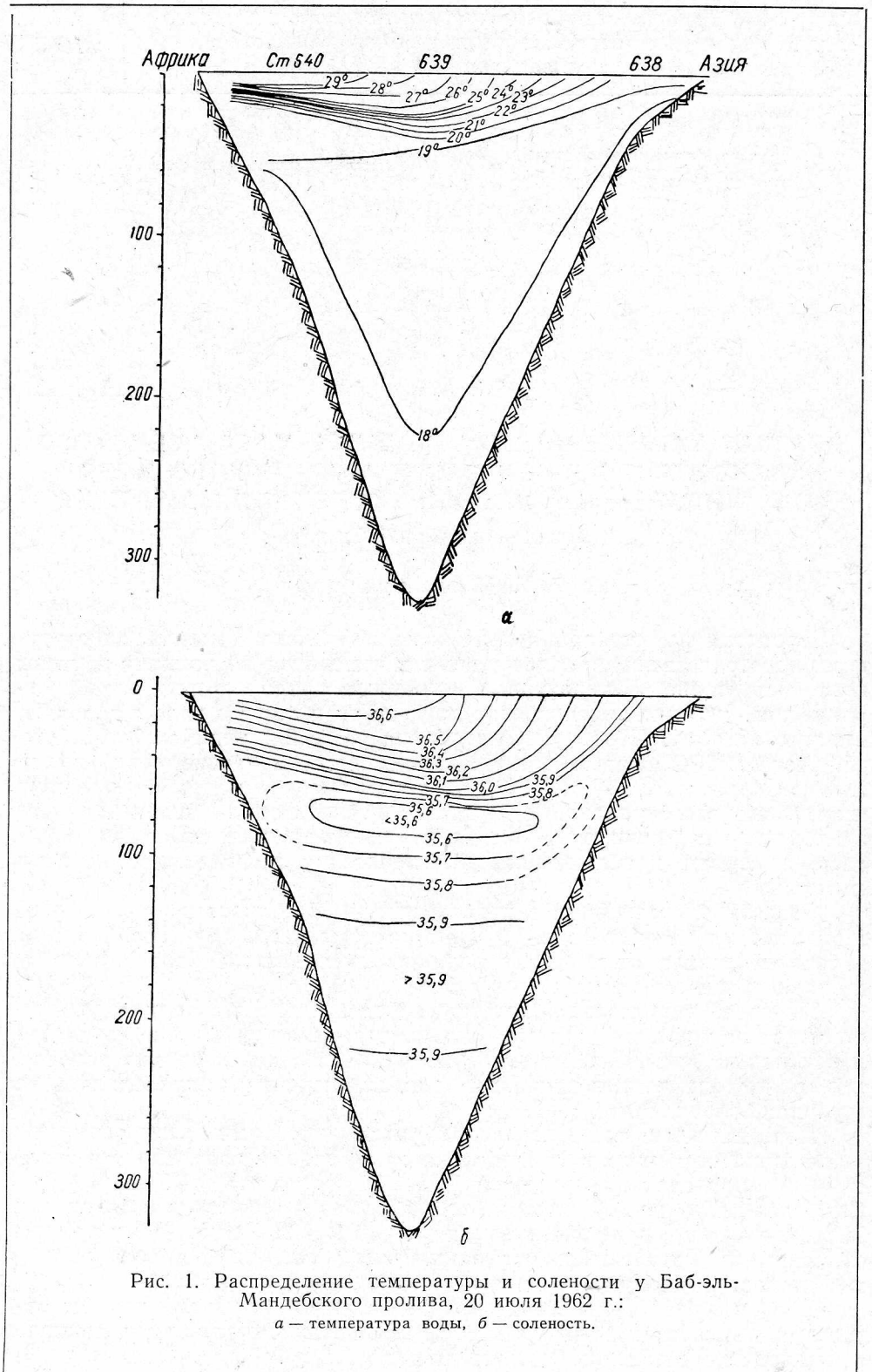
Процессы формирования водных масс Аденского залива, их структура, пространственное распределение и изменения во времени изучены пока очень слабо. Литературные источники, число которых весьма ограничено, нередко противоречат друг другу и дают в целом довольно неясную картину. Поэтому исследования 1-й и 2-й индийской экспедиций АЗЧЕРНИРО впервые после англо-египетской экспедиции имени Джона Муррея (1933—1934 гг.) более или менее подробно осветили гидрологию этого района. И, хотя эти исследования должны быть продолжены и расширены, уже сейчас представляется возможным дать, в первом приближении, характеристику водных масс верхних слоев залива.

Разрезы, выполненные в непосредственной близости к Баб-эль-Мандебскому проливу (рис. 1), у Аденского мелководья (рис. 2 и 2, а) и поперек залива от мыса Осболей до мыса Рас-эль-Кальб (рис. 3) позволяют сделать следующие выводы.

По своей вертикальной структуре воды Аденского залива подразделяются на три слоя (водные массы): поверхностный, промежуточный и глубокий (см. *TS*-кривые на рис. 4). Последнее название условно, так как по техническим причинам наши наблюдения не проводились на глубинах более 800 м.

Поверхностные воды характеризуются высокими температурами и большими значениями солености, которые, однако, колеблются в очень широких пределах (температура 19—30°, соленость 35,64—36,67‰). Наиболее часто на поверхности наблюдаются температуры, близкие к 26° и солености, приближающиеся к 36‰. Высокие температуры объясняются интенсивным радиационным прогревом, а солености — значительным испарением с поверхности моря.

Большие колебания обеих характеристик вызываются главным образом динамическими причинами, среди которых, по-видимому, важную роль играют вертикальные движения вод.



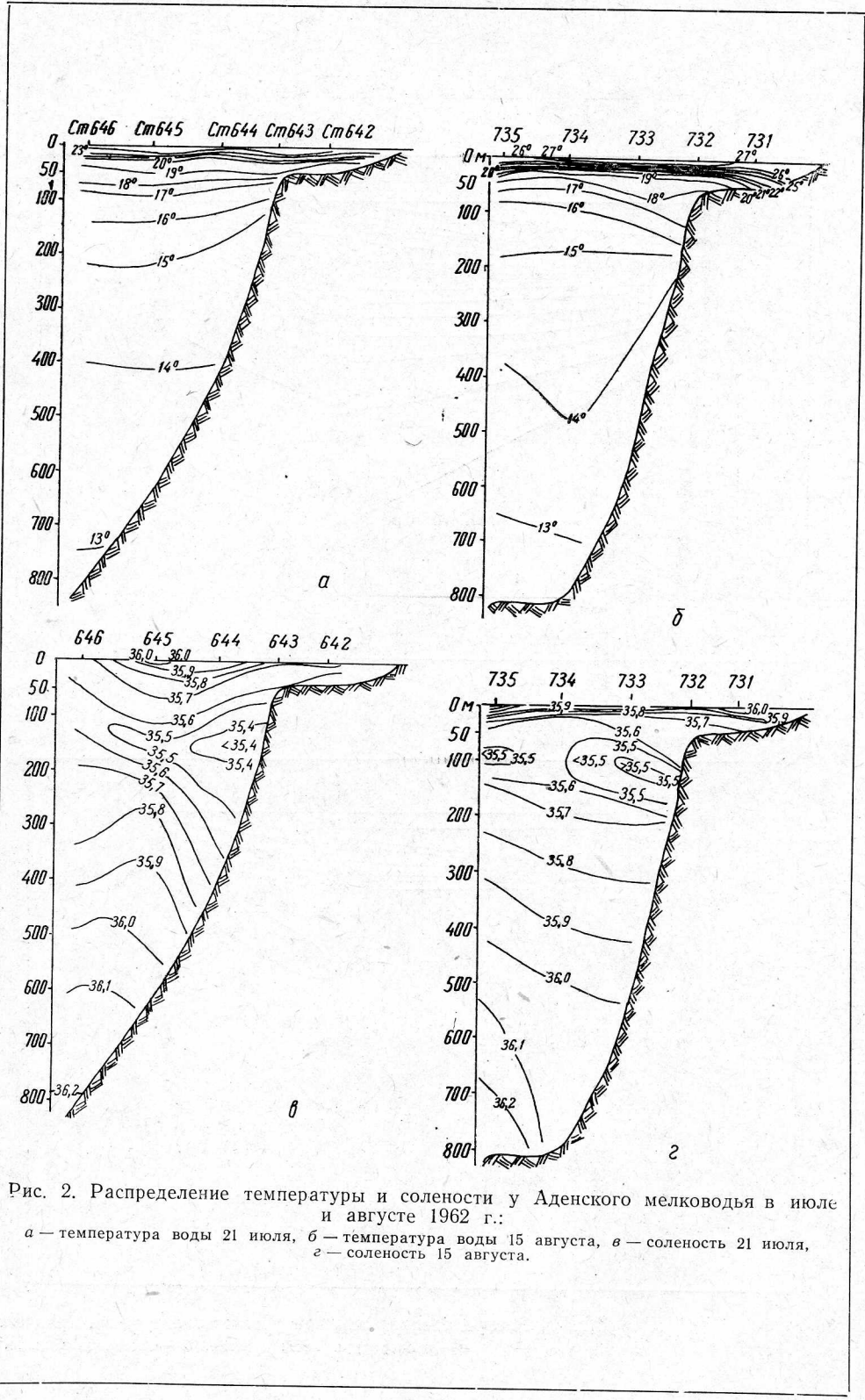


Рис. 2. Распределение температуры и солёности у Аденского мелководья в июле и августе 1962 г.:  
 а — температура воды 21 июля, б — температура воды 15 августа, в — солёность 21 июля, г — солёность 15 августа.

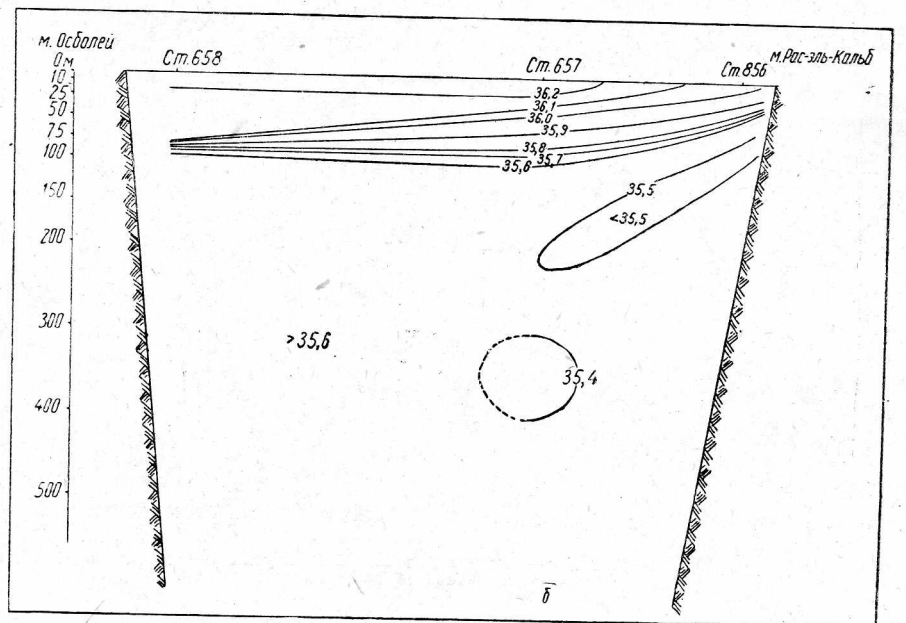
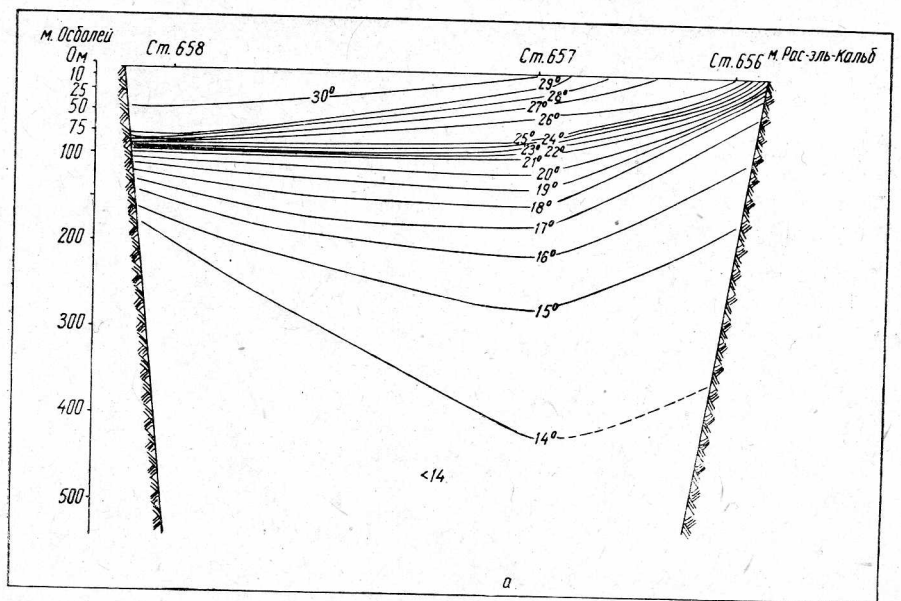
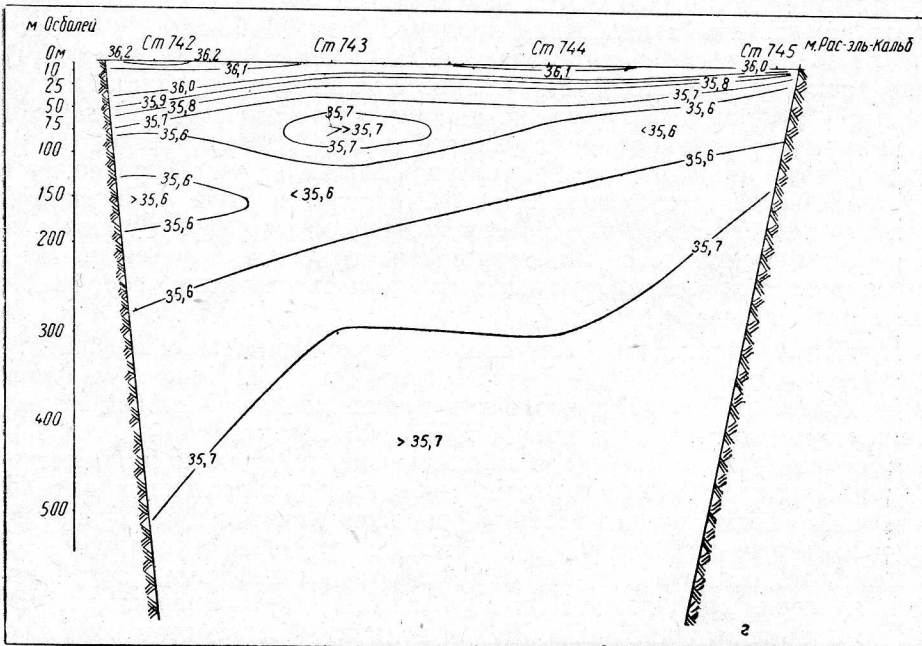
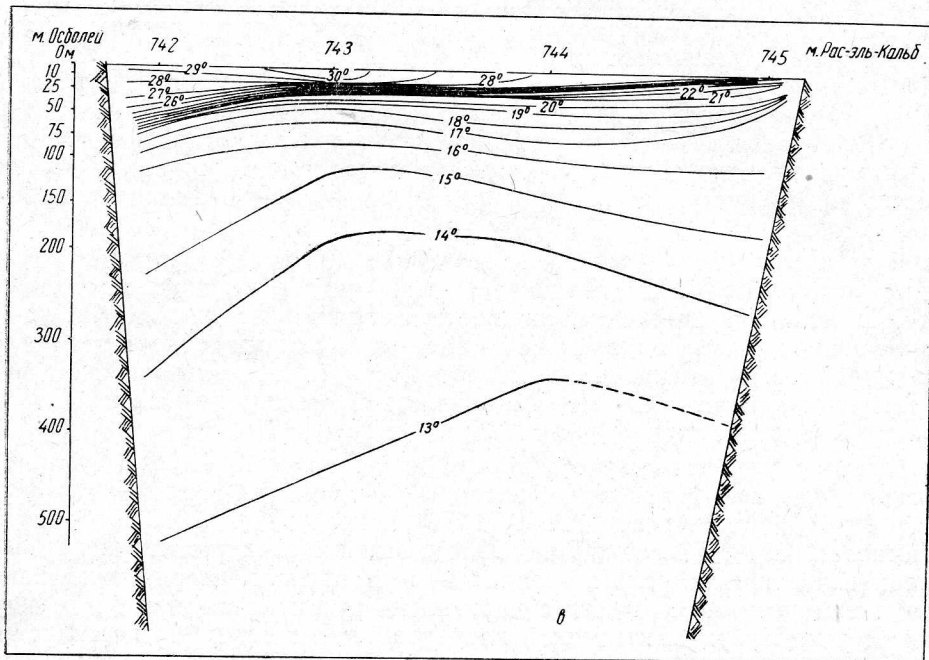


Рис. 3. Распределение температуры и солености на разрезе  
 а — температура воды в июле, б — соленость в июле,



мыс Осболей—мыс Рас-эль-Кальб в июле и августе 1962 г.:  
 в — температура воды в августе, г — соленость в августе.

Поверхностными водами мы называем слой, простирающийся в среднем до глубины 25—30 м. К этой глубине, как правило, приурочен слой наиболее резких изменений гидрологических характеристик, в отдельных случаях такие изменения наблюдались на значительно больших глубинах (достигающих 100 м).

Промежуточная водная масса (в основном глубины от 50 до 100 м) характеризуется минимумом солености, близким к 35,4—35,5‰, и температурами 15—17°. В отдельных случаях эта водная масса располагается несколько глубже (до 200 и даже 300 м), сохраняя свойственную ей соленость, а температуры несколько отличаются от приведенных значений.

Глубинная вода (глубины более 200 м) отличается вторым максимумом солености — на 0,7—0,9‰ больше, чем в вышерасположенном слое. В некоторых случаях наблюдается лишь небольшая тенденция к повышению солености, выражающаяся несколькими сотыми промилле. Если бы наши наблюдения распространялись на большие глубины, можно предполагать, что был бы выявлен более отчетливый вторичный максимум солености.

Многие зарубежные исследователи: Свердруп (Sverdrup, 1946), Клоус и Дикон (Clowes and Deacon, 1935), Лотта Мюллер (Möller, 1929, 1933), Шотт (Schott, 1929, 1935), Риель (Riel, 1932), Томпсон (Thompson, 1939), Вюст (Wüst, 1935), выявив сходную структуру вод северной части Индийского океана и Аравийского моря, связывают наличие минимума солености с движением субантарктических вод, идущих от зоны субантарктической конвергенции на север. Существование такого движения не вызывает сомнений. Однако трудно признать, что эти воды в более или менее чистом виде проникают так далеко на север, что достигают берегов Аравии. Тем более нельзя признать вероятным проникновение этих вод в чистом виде в Аденский залив вплоть до Баб-эль-Мандебского пролива. В этом смысле мы согласны с Г. Н. Ивановым-Францкевичем (1961), отвергающим упомянутую выше точку зрения. Но Г. Н. Иванов-Францкевич, проанализировавший ряд *TS*-кривых «Витязя», не дал четкого объяснения происхождения минимума солености и связанной с ним промежуточной водной массы, указав лишь, что этот минимум «... вызван распространением на глубине 500—800 м слоя несколько более соленой трансформированной красноморской воды». Вопрос о том, почему между двумя высокосолевыми слоями сохраняется минимум солености, остается неясным. Никакими процессами трансформации этих двух слоев между собой он не может быть объяснен.

Чтобы разобраться в происхождении этой водной массы, обратимся к разрезу мыс Гвардафуй — о-в Сокотра (рис. 5). График солености этого разреза показывает, что через пролив между Африкой и о-вом Сокотра проходит почти однородный поток Сомалийского течения, которое своим движением вдоль африканского побережья вызывает интенсивный подъем к поверхности глубинных распресненных вод. Последние по своему происхождению, вероятно, связаны с «антарктической промежуточной водой», но в сильно трансформированном виде. По мере продвижения к северу эти воды, взаимодействуя с водой Аравийского моря, приобретают свои собственные характеристики. Это дает основание выделить их в особую водную массу, которую мы называем «сомалийской водой», характеризующейся (в летний период) соленостью 35,3—35,4‰ и температурой (в центре этого потока на глубине около 150 м), близкой к 13—14°. По мере движения к северу «сомалийская вода» в результате взаимодействия с более солеными поверхност-

ной и глубинной водами несколько трансформируется и приобретает соленость 35,4—35,5‰ (см. разрез от мыса Рас-Фартак, рис. 6).

Поворачивая на восток, эта водная масса продолжает трансформироваться, сохраняя свои характеристики на разрезе от мыса Саукара (рис. 7) и достигает солености 35,6—35,7‰ на разрезе о-ва Масира (рис. 8).

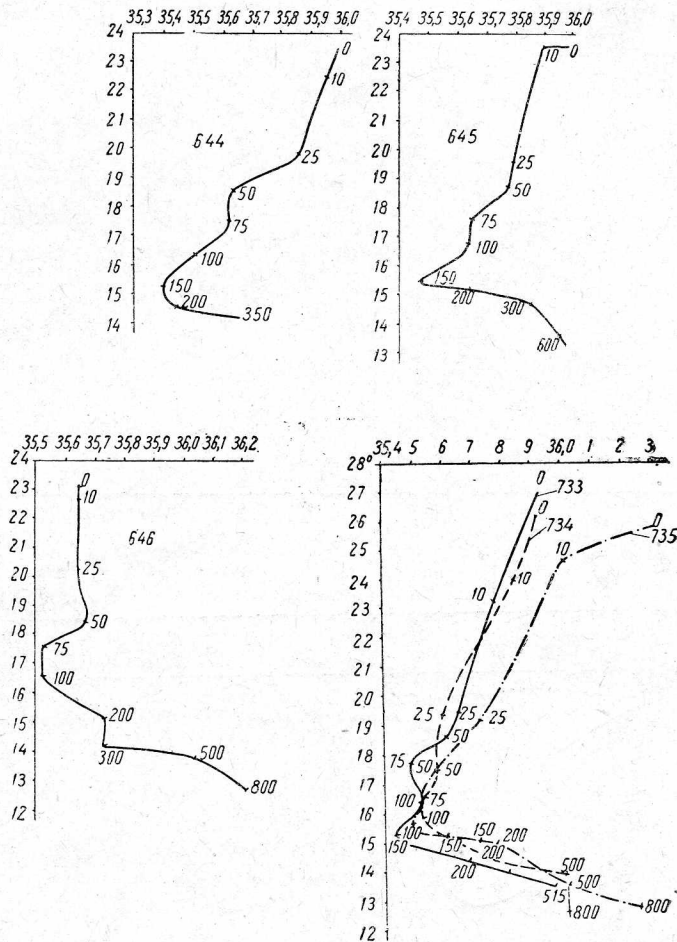


Рис. 4. Характерные TS-кривые Аденского залива.

В Аденском заливе промежуточная вода обладает практически той же соленостью, что и «сомалийская вода».

Большинство исследователей формирование глубинной воды, как бы они ее не называли, связывают с высокосоленой красноморской водой. Между тем, еще исследования «Мабахисса» (Томпсон, 1939) показали, что роль красноморской воды в общем режиме Индийского океана сильно преувеличена. Г. Н. Иванов-Францкевич (1961) первым обратил внимание на то, что величина солености глубинной воды весьма отличается от солености Красного моря и пришел к выводу, что красноморская вода трансформируется «... непосредственно в районе пролива...».

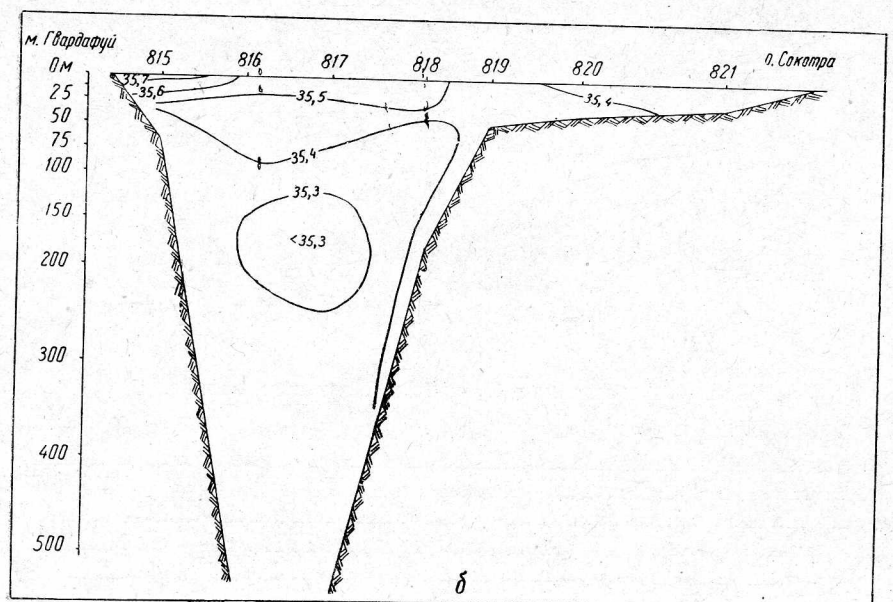
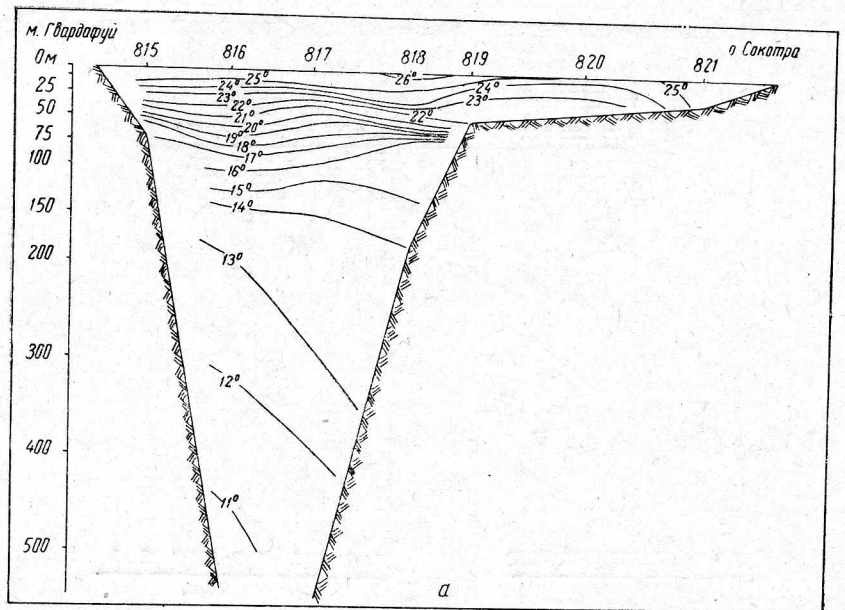


Рис. 5. Распределение температуры и солёности на разрезе мыс Гвардафуй—  
о-в Сокотра в октябре 1962 г.:  
а — температура воды, б — солёность



Разрез у Баб-эль-Мандебского пролива (см. рис. 1) показал, что в непосредственной близости к проливу соленость глубинной воды равняется лишь  $35,9\text{‰}$ , в то время как соленость вод Красного моря превышает  $37\text{‰}$ .

Чтобы выяснить, хотя бы ориентировочно, вопрос о водообмене Аденского залива с Красным морем и роли красноморских вод в формировании глубинной воды Аденского залива, Аравийского моря и

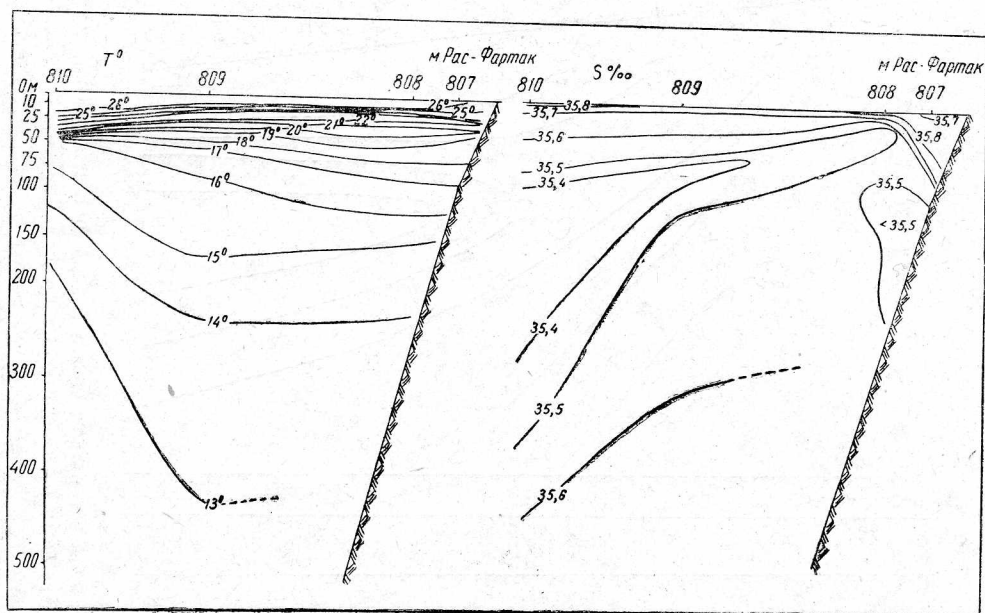


Рис. 6. Распределение температуры и солености на разрезе от мыса Рас-Фартак 23—24 сентября 1962 г.

северо-западной части Индийского океана, в конце экспедиции был выполнен разрез вдоль желоба Баб-эль-Мандебского пролива с юга на север (рис. 9). Этот разрез показал отчетливо выраженное движение вод из Аденского залива в Красное море по всей толще пролива. Сильно соленые воды, соленость которых приближается к  $37\text{‰}$ , как это видно на графике, не пересекают порога Баб-эль-Мандебского пролива. Результаты этих наблюдений подтвердили необходимость пересмотра роли красноморских вод в формировании глубинных слоев Аденского залива и смежных с ним районов Индийского океана.

Полученные нами результаты говорят о том, что, по-видимому, существуют периоды большей или меньшей продолжительности, когда движение красноморских вод в Аденский залив затухает или прекращается. Это может быть связано с очень сильным испарением с поверхности Красного моря и возникновением компенсационного потока из Аденского залива, который может усиливаться соответствующими ветрами и приливными течениями. Вопрос этот должен быть специально исследован, поскольку отчетливое представление о формировании водных масс Аденского залива и всей северо-западной части Индийского океана имеет не только научный интерес, но и даст возможность более правильно судить о распределении промысловых скоплений рыбы.

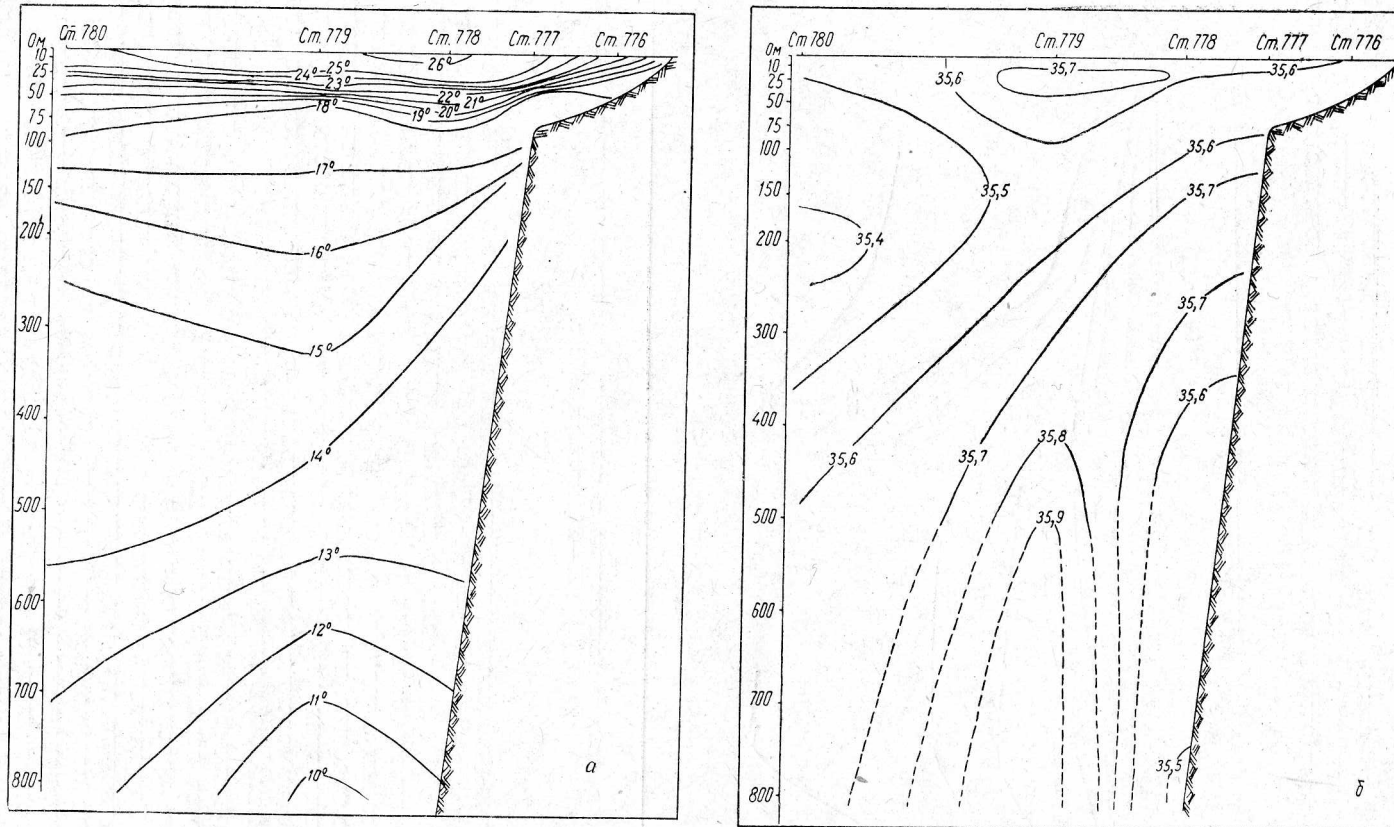


Рис. 7. Распределение температуры и солёности на разрезе мыс Саукара в сентябре 1962 г.:  
 а — температура воды, б — солёность.

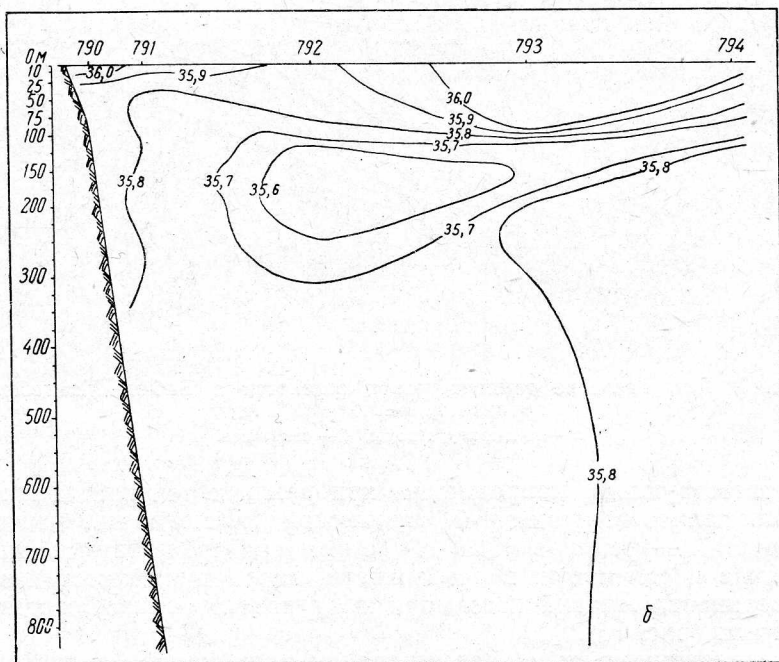
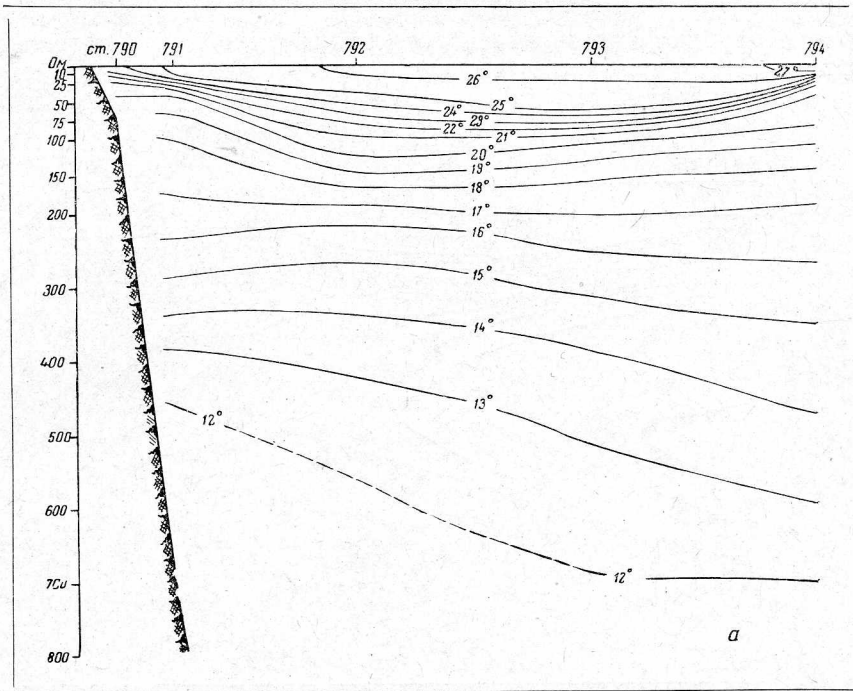


Рис. 8. Распределение температуры и солёности на разрезе от о-ва Масира в сентябре 1962 г.:  
 а — температура воды, б — солёность.

Глубинная водная масса, на наш взгляд, формируется благодаря трансформации местной поверхностной воды, погружившейся на соответствующую глубину в результате осолонения в период интенсивного испарения. Этому процессу, вероятно, способствуют нагоны и связанные с ними опускания вод на материковом склоне и в области шельфа

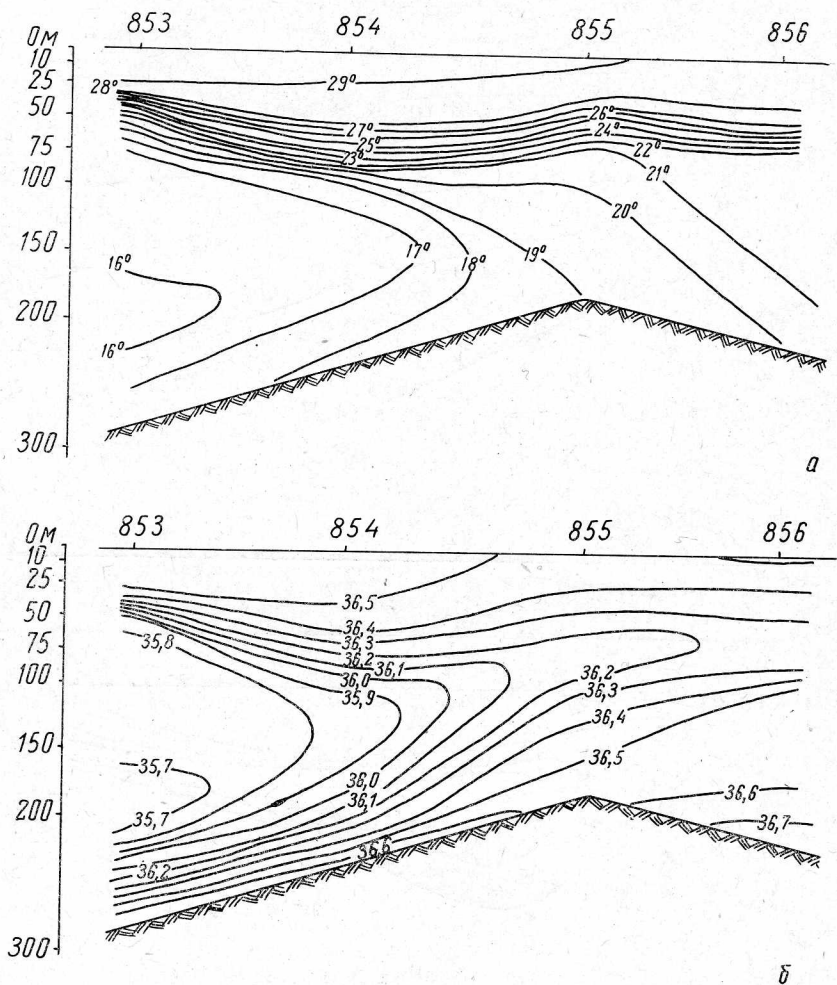


Рис. 9. Распределение температуры и солёности в Баб-эль-Мандебском проливе 12 октября 1962 г.:  
а — температура воды, б — солёность.

при соответствующем направлении прибрежных течений. Такие условия наблюдались в период 1-й индийской экспедиции АзчерНИРО (октябрь 1961 — февраль 1962 г.), о чем свидетельствуют данные по температуре и солёности, в особенности, карта динамической топографии поверхности Аравийского моря и Аденского залива, составленная В. В. Серым (рис. 10).

Определенную роль в формировании глубинной водной массы играет и красноморская вода, однако, в меньшей степени, чем это до сих пор считалось.

Справедливо предположение Г. Н. Иванова-Францкевича (1961) о том, что воды, относимые в настоящей работе к глубинной водной мас-

се, представляют собой «...мощный слой более старой соленой воды...» (основная вода Аравийского моря), пополняемой за счет экваториальной воды, красноморской воды и вод Персидского и Оманского заливов. Эту водную массу Иванов-Францкевич наряду с другими авторами называет «водой Аравийского моря».

На разрезах, выполненных в северной части Аравийского моря, у Оманского побережья была обнаружена такая же вертикальная структура вод, как и в Аденском заливе, т. е. трехслойная. Однако на разрезах от Саукара (см. рис. 7) и Рас-Фартак (рис. 6) солености поверхностного слоя равнялись  $35,5-35,8\text{‰}$ , а температуры —  $22-27^\circ$ , т. е. колебания этих величин значительно меньше, чем в Аденском заливе.

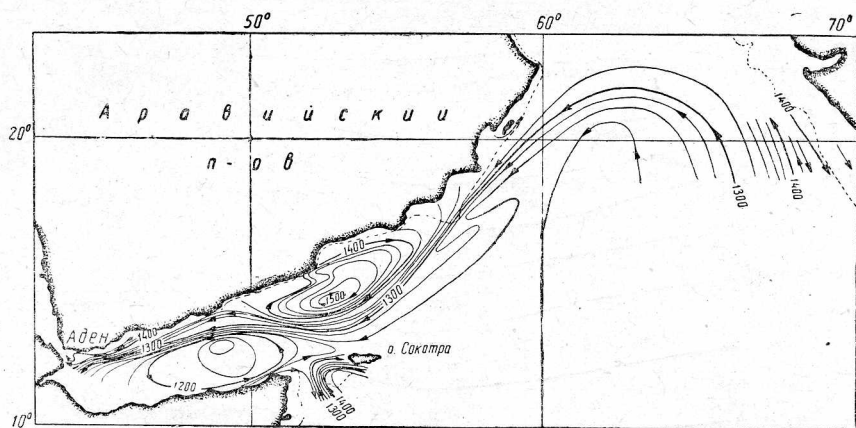


Рис. 10. Карта динамической топографии поверхности Аравийского моря и Аденского залива, построенная относительно изобарической поверхности 250 дбар на основании наблюдений, проведенных с 15 ноября по 23 декабря 1961 г.

Промежуточная водная масса характеризуется минимумом солености, определяемым величинами, близкими к  $35,3-35,4\text{‰}$ , и достигающим на разрезе мыс Саукара (см. рис. 7)  $35,5\text{‰}$ . Таким образом, в этом районе промежуточная вода отчетливо выделяется по минимуму солености, но абсолютные значения этой характеристики мало отличаются от поверхностной воды.

Глубинная вода на разрезе мыс Саукара (см. рис. 7) характеризуется соленостью  $35,7-35,9\text{‰}$  и температурой  $10-13^\circ$ , а на разрезе от мыса Рас-Фартак (см. рис. 6) — соленостью  $35,5-35,7\text{‰}$  и температурой около  $13^\circ$ .

Разрез от мыса Рас-эль-Хадд до п-ова Катагар (рис. 11) обнаружил в этой пограничной части Аравийского моря и Оманского залива такую же трехслойную вертикальную структуру вод, как и в уже описанных районах. Однако *TS*-характеристики этих слоев значительно отличаются от вышеприведенных.

Самый верхний слой до десятиметровой глубины занят водами довольно высокой солености:  $36,5-36,9\text{‰}$ . Температура воды в этом слое — около  $29^\circ$ . Это — воды Оманского залива. На глубине около 25 м наблюдается резкое изменение температуры и солености. Глубины от 50 до 100 м обнаруживают минимум солености, достигающий здесь значений  $35,9-36,0\text{‰}$  при температурах  $19-21^\circ$ . Далее следует новое повышение солености, достигающее на глубине 150—200 м величин  $36,2-36,4\text{‰}$ . По-видимому, этот максимум связан с движением высо-

косоленных вод Персидского залива. На выходе в Аравийское море благодаря взаимодействию с расположенной выше промежуточной водой и лежащей на больших глубинах водой Аравийского моря (глубинная вода), вода Персидского залива приобретает приведенные выше характеристики. Что касается Аравийской воды, то она характеризуется на этом разрезе значениями солёности от 35,7 до 35,8‰, т. е. мало отличается от величин, наблюдавшихся у Оманского побережья Аравийского п-ова.

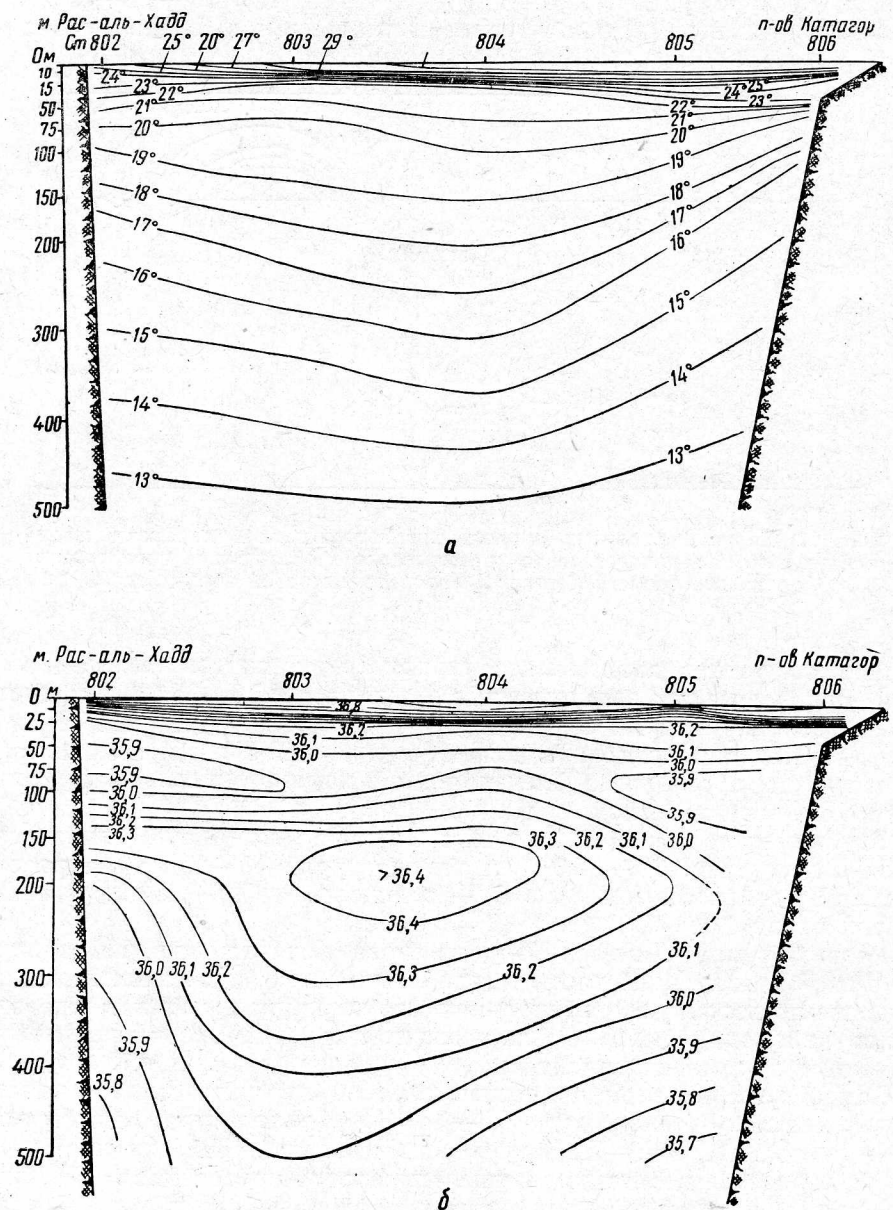


Рис. 11. Распределение температуры и солёности на разрезе мыс Рас-эль-Хадд—п-ов Катагар 16—17 сентября 1962 г.: а — температура воды, б — солёность.

## ВЫВОДЫ

1. В верхнем 800-метровом слое выделяются три водные массы:  
поверхностная —  $t^{\circ}=19-30^{\circ}$ ,  $S^{0/00}=35,6-35,7^{0/00}$ ,  
промежуточная —  $t^{\circ}=15-17^{\circ}$ ,  $S^{0/00}=35,4-35,5^{0/00}$ ,  
глубинная —  $t^{\circ}=12-14^{\circ}$ ,  $S^{0/00}=36,1-36,4^{0/00}$ .

2. Красноморская вода оказывает значительно меньшее влияние на формирование глубинной водной массы Аденского залива и Аравийского моря, чем предполагалось до настоящего времени.

## ЛИТЕРАТУРА

Г. Н. Иванов-Францкевич. О некоторых особенностях гидрологической структуры и водных масс Индийского океана. Океанологические исследования. Сб. статей, X раздел программы МГГ (океанология) № 4, М. 1961.

Clowes A. J. and Deacon G. A. R. The deep-water circulation of the Indian Ocean. Nature, vol. XXXV, 14-th Dec. 1935, London.

Möller L. Die Zirkulation des Indischen Ozean. Veroff. d. Inst. für Meeresk., N. F., H. 21, Berlin 1929.

Zur Frage der Tiefenzirkulation in Indischen Ozean. Ann. Hydr. und Marit. Met., vol. LXI, H. 5—6, Berlin 1933.

(Van) Riel P. M. Einige ozeanographische Beobachtungen im Roten Meer, Golf von Aden und Indischen Ozean. Ann. d. Hydr. und Mar. Met., vol. LX, H. 10, 1932.

Shott G. Über die Wasserbewegung im Bab-el-Mandeb. Ann. d. Hydr. und Mar. Met., vol. LIV, 1929.

Geographie des Indischen und Stillen Ozeans, Hamburg, 1935.

Sverdrup H. U., Johnson M. W. and Fleming R. H. The Oceans. New York, 1946.

Thompson E. F. The General Hydrography of the Red Sea. The John Murray Expedition 1933—1934. Sci. Rep. vol. II, N 3, 1939.

The exchange of water between the Red Sea and the Gulf of Aden over the «Sill». The John Murray Expedition 1933—1934. Sci. Rep. vol. II, N 4, 1939.

Wüst G. Zur Frage des Indischen Tiefenström. Die Naturwiss., vol. XXIII, 1935.