

В. А. Бурков

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКВАТОРИАЛЬНЫХ ТЕЧЕНИЙ ТИХОГО ОКЕАНА

Проблема изучения океанических течений занимает в современной океанографии центральное место. Несмотря на большие успехи теории течений, наши знания о них во многих районах Мирового океана очень скудны. Особенно мало мы знаем о течениях на глубинах и вообще о вертикальной структуре течений. Это в полной мере относится и к тропической области Тихого океана, где систему Северного и Южного пассатных течений и Межпассатного (Экваториального) противотечения мы называем экваториальными течениями.

Длительное время наши знания об экваториальных течениях Тихого океана ограничивались данными «Карнеги» [11]. В 1946—1947 гг. в Экваториальной области Тихого океана работал «Альбатрос» [8]. Правда, в последние годы в центральной части Тихого океана были проведены крупные экспедиционные работы, известные под названием «Эквапак» [6], а также работы по исследованию океанографических условий тунцового промысла. Последние выполнялись американскими научными и рыбохозяйственными учреждениями во главе с Комиссией по исследованию рыбных богатств океана [10]. Однако в литературе результаты этих работ представлены только в форме технических отчетов, без научного обобщения. Заметим к тому же, что наиболее подробные съемки в этих районах проводились в экваториальной части Тихого океана восточнее 180° в. д.

В двух экспедициях по программе Международного геофизического года «Витязь» выполнил наблюдения над течениями на разрезе вдоль 172° в. д. в экваториальной части Тихого океана в январе-феврале 1958 г. и на нескольких разрезах к северу от Новой Гвинеи в апреле 1958 г. Наблюдения состояли из измерений температуры и взятия проб воды на соленость на стандартных горизонтах до глубины 2000-2500 м и инструментальных измерений течений самописцами Алексева (БПВ и БПВ-2р) методом различия (Макарова — Нансена) на горизонтах 10, 50, 100, 200, 500 (или 400 и 600) и 1000 м, причем последний горизонт принимался за горизонт сравнения [1]. Инструментальные наблюдения вместе с динамическими расчетами и послужили тем исходным материалом, на основе которого ниже дается характеристика экваториальных течений Тихого океана к западу от 180 меридиана. При расчете зональных составляющих вблизи экватора применялся способ Ерлова, изложенный Хидака [9].

Рассмотрим зональные составляющие экваториальных течений на разрезе вдоль 172° в. д. [2]. Результат инструментальных наблюдений на этом

разрезе показан на рис. 1 в виде изотак, причем восточным составляющим присвоен знак плюс, а западным — минус. На рисунке отчетливо выражены все три экваториальных течения с особенностями, присущими зимнему сезону северного полушария. Северное пассатное течение на поверхности занимает полосу от 11 до 18° с. ш., а Южное пассатное — от 5° с. ш. до 14° ю. ш. Межпассатное противотечение, сравнительно узкое на поверхности, расширяется на глубинах, образуя характерные глубинные противотечения. Впервые глубинное противотечение было открыто в системе

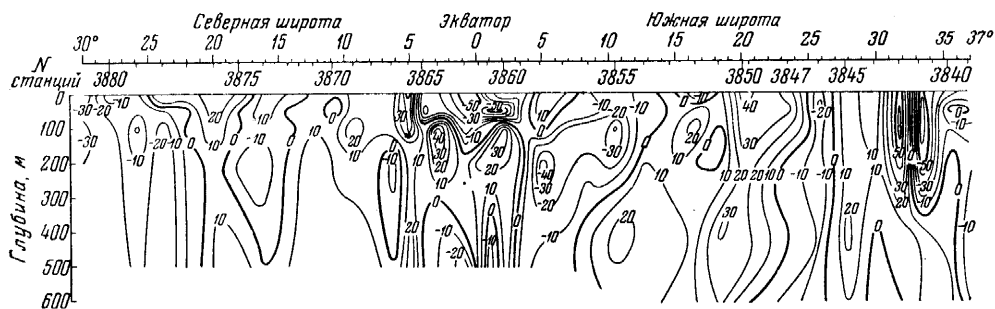


Рис. 1. Изотакhi зональных составляющих скорости течений, измеренных на разрезе по 172° в. д. в январе-феврале 1958 г.

Южного пассатного течения [7]. Теперь рядом систематических измерений показано, что это явление представляет устойчивый элемент структуры экваториальных течений Тихого океана. Из двух пассатных течений Южное явно преобладает над Северным, отражая тем самым большую интенсивность ветровой и океанической циркуляции южного полушария по сравнению с северным. Сами течения состоят из нескольких струй сравнительно высокой скорости с максимумом преимущественно на глубине от 50 до 150 м.

Были предприняты попытки рассчитать зональные составляющие скорости течений на разрезе вдоль 172° в. д. динамическим методом. Хотя расчеты производились относительно поверхности 2000 дб, т. е. поверхности, достаточно заглубленной, удовлетворительного соответствия между результатом расчетов и наблюдениями не получилось. Правда, основные черты структуры зональных потоков сохраняются как в том, так и в другом случаях, однако положение границ течений и величины скоростей существенно расходятся. Эти различия можно объяснить тем, что инструментальные наблюдения дают значения скоростей в данный момент (момент измерения), включая к тому же, помимо градиентного, еще дрейфовое течение, в то время как скорости течений, рассчитанные динамическим методом, дают представление о поле скоростей, осредненных по какому-то неизвестному нам промежутку времени. «Пестрота» структуры на динамическом разрезе, построенном из наблюдений на эпизодических станциях, является, по-видимому, следствием внутренних волн, а также неопределенности значений скорости вблизи экватора. Ниже будет показано, что гораздо более сравнимы между собой осредненные значения рассчитанных и наблюдаемых течений, даже по относительно короткому ряду в одной и той же точке.

К северу от Новой Гвинеи в апреле 1958 г. «Витязь» выполнил три меридиональных разреза между 142 и 145° в. д., причем два восточных разреза были повторены. Учитывая слабую изменчивость океанологических характеристик в тропической и экваториальной зонах Тихого океана по широте и принимая во внимание опыт наблюдений и обработки на

172° в. д., инструментальные наблюдения над течениями, а также скорости, рассчитанные динамическим методом, на одних и тех же широтах были осреднены, несмотря на то, что разрезы отстояли друг от друга на 90 миль.

Однако самостоятельный интерес представляют сами квазисиноптические измерения течений (рис. 2). На этих рисунках показаны течения на глубине 10 и 500 м. Повторные наблюдения показаны стрелками с кружками. Линия из белых треугольников обозначает положение южного тропического фронта во время первой съемки; из черных — во время второй. Эти карты иллюстрируют характер экваториальных течений к северу от Новой Гвинеи и движение южного тропического фронта во времени и по мере увеличения глубины.

В апреле 1958 г. Южное пассатное течение на глубине 10 м простиралось до 4° с. ш. Севернее 5° с. ш. шла отчетливая полоса Межпассатного противотечения; дальше к северу от Каролинских о-вов наблюдался постепенный переход к Северному пассатному течению.

Ссылаясь на схемы поверхностных течений Морского Атласа [5], приведенные для зимы и лета, заметим, что Межпассатное противотечение весной по характеру ближе к летнему типу, а Южное пассатное течение, наоборот, — к зимнему. Таким образом, в переходный сезон от зимы к лету к северу от Новой Гвинеи течения имеют черты, присущие как летней, так и зимней схеме. Причину изменения одного течения к летнему типу, а другого — к зимнему надо искать в изменении ветра. Действительно, весной западные ветры, создающие поперечную неравномерность в системе пассатов обоих полушарий, а следовательно, и противотечение, сходны с западными ветрами летом. Что же касается Южного пассатного течения, то юго-восточный пассат, возбуждающий его, в апреле больше напоминает январский, чем июльский.

Во фронтальных зонах (границах течений) на поверхности и на глубинах почти всюду мы наблюдаем разного размера вихри с вращением как по часовой, так и против часовой стрелки. На рис. 2 наиболее отчетливые вихри показаны крупными двойными стрелками. В Тихом океане, к северу от Новой Гвинеи, вихри на тропических фронтах, по-видимому, осуществляют перенос воды из пассатных течений в Межпассатное противотечение. Возникновение и исчезновение вихрей, а также их движение приводят к тому, что при повторных измерениях в одной и той же точке уже через несколько дней можно встретить течения, сильно различающиеся как по скорости, так и по направлению. Ветер в период наблюдений менялся несущественно, поэтому вихреобразование может явиться главной причиной кратковременной изменчивости экваториальных течений и быстрых смещений тропических фронтов. Отсюда следует, что не подвергая наблюдения специальной обработке, очень трудно получить представление об устойчивых элементах структуры экваториальных течений.

Исключая влияние вихрей путем осреднения течений на всех пяти разрезах, получим широтные слагающие скорости на разрезе (со средним для всех вошедших в осреднение разрезов рельефом дна) на моменты середины обеих съемок (рис. 3). На этом разрезе хорошо различаются основные течения в районе съемки, а также меридиональное сечение поверхности южного тропического фронта. Межпассатное противотечение с глубиной расширяется, заходя под оба пассатных течения и образуя глубинные противотечения. Таким образом, глубинные противотечения характерны для всей системы экваториальных течений Тихого океана.

Чтобы подкрепить сделанные выводы (а они нуждаются в подкреплении из-за ограниченности и погрешностей примененного метода инструментального измерения течений), мы построили также осредненный динамический разрез (рис. 4) с распределением скорости, рассчитанной относительно поверхности 2000 дб. Структура течений в главных своих

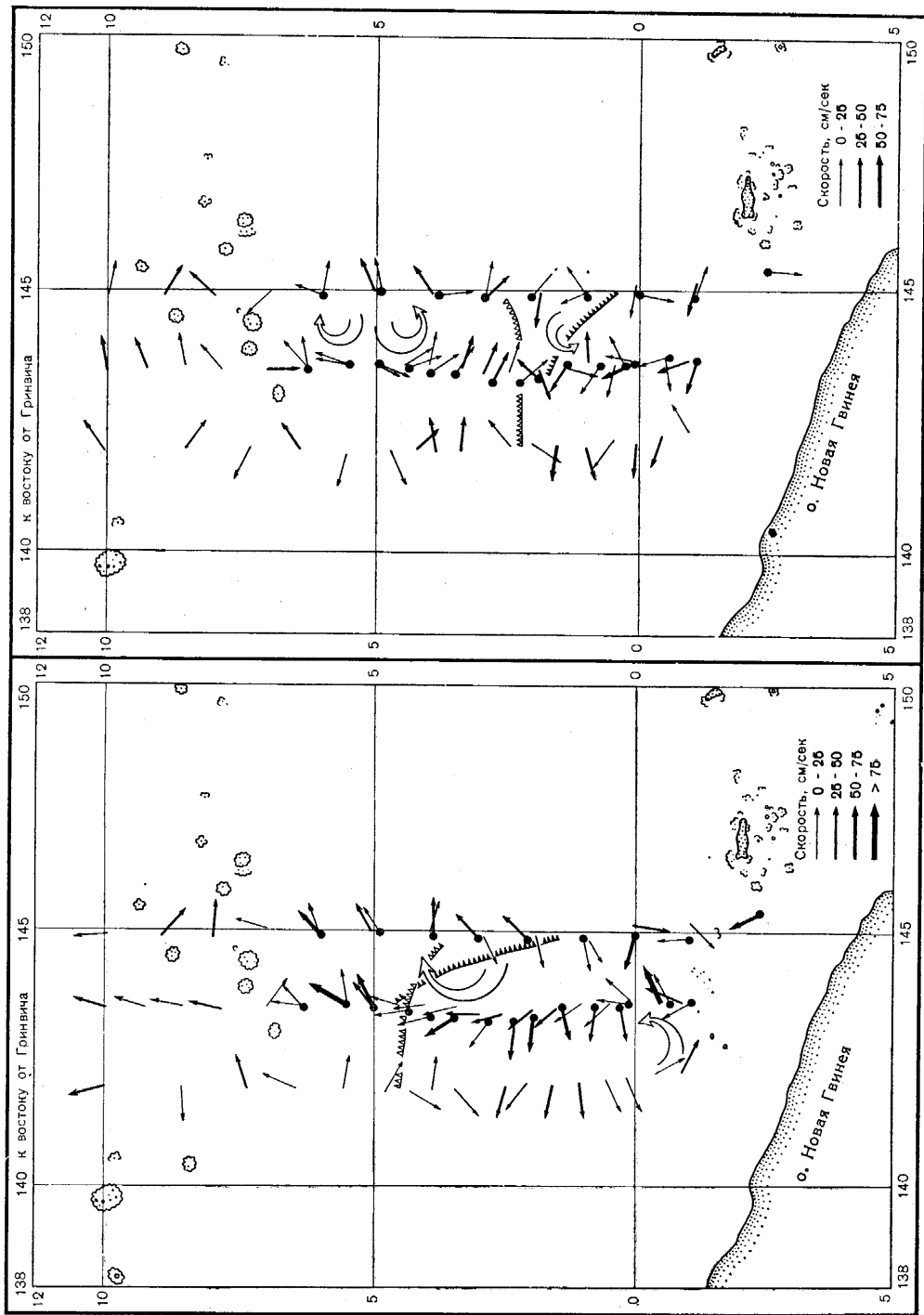


Рис. 2. Течения, измеренные методом разности к северу от Новой Гвинеи в апреле 1958 г.: слева — на глубине 10 м, справа — на глубине 500 м

чертах одинаково хорошо отражается как осредненным разрезом изотак инструментальных измерений, так и изотакami средних скоростей, рассчитанных динамическим методом. По-видимому, операция осреднения

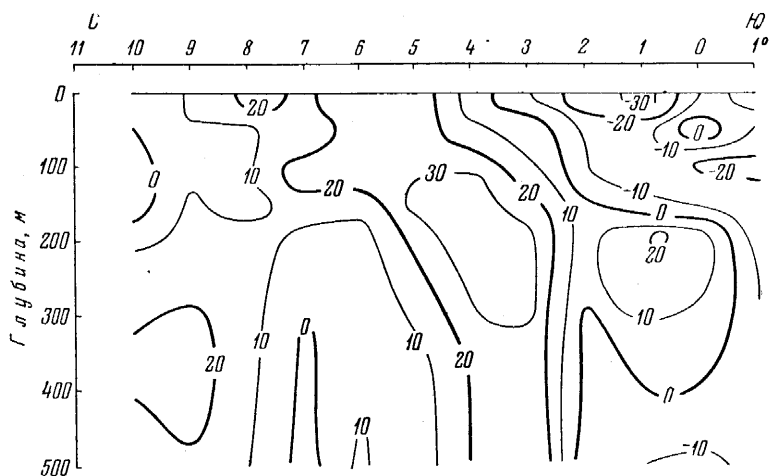


Рис. 3. Изотакhi осредненных вдоль широт зональных составляющих скорости течений, измеренных на разрезах к северу от Новой Гвинеи

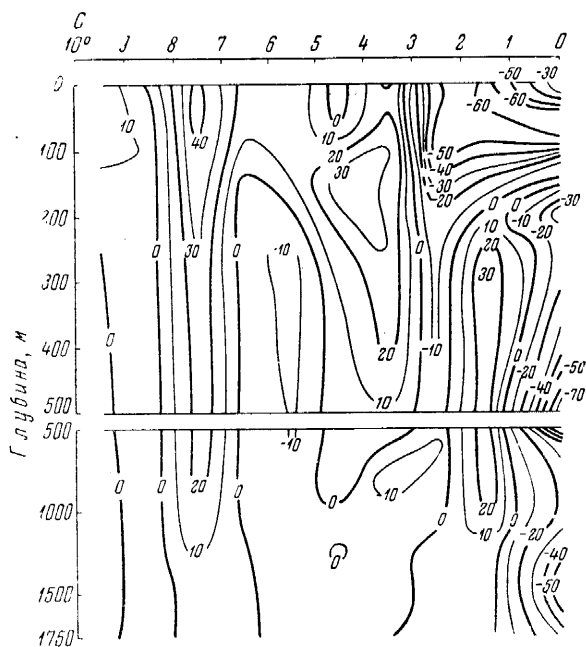


Рис. 4. Изотакhi осредненных вдоль широт зональных составляющих скорости течений, рассчитанной динамическим методом из наблюдений на разрезах к северу от Новой Гвинеи

частично освобождает результат от искажений, которые вносят применяемые методы, если их использовать для обработки мгновенных наблюдений.

Выводы о структуре экваториальных течений касаются пока что только зональных составляющих. Чтобы оценить роль меридиональной циркуляции, рассмотрим осредненные также по пяти разрезам меридиональ-

ные составляющие скорости течения (рис. 5). Осредненные векторы были положены на поле средней плотности, причем наклон составляющих к горизонту определялся положением изопикн.

Меридиональная циркуляция образует более сложную картину по сравнению с распределением широтных составляющих (хотя их величина вдвое меньше, чем широтных), и на данном этапе исследования невозможно объяснить все особенности этой циркуляции. Отметим, однако, две из них. Первая состоит в том, что на поверхности все без исключения меридиональные составляющие направлены на север. Это означает, что тропические фронты сдвигаются к северу. Вторая особенность меридио-

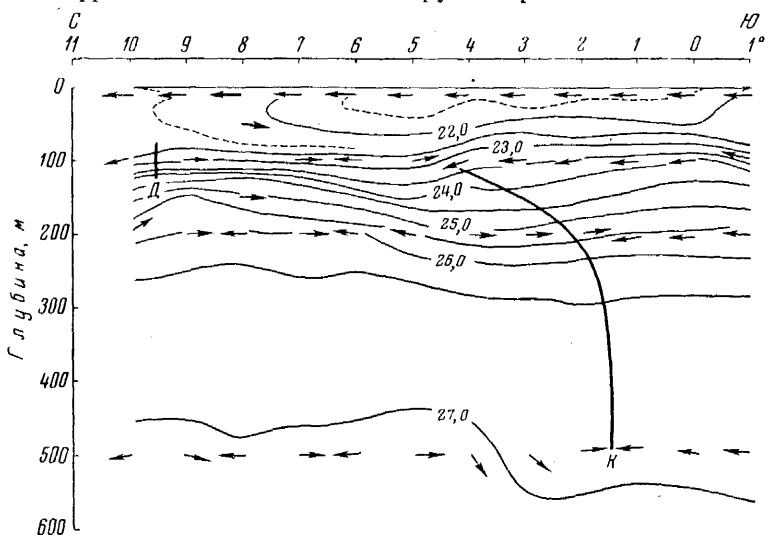


Рис. 5. Меридиональная циркуляция в системе экваториальных течений к северу от Новой Гвинеи в апреле 1958 г. К — конвергенция на границе Межпассатного противотечения и Южного пассатного течения; Д — дивергенция на границе противотечения и Северного пассатного течения

нальной циркуляции заключается в образовании ее составляющими конвергенции на южной границе Межпассатного противотечения. Эта конвергенция неплохо совпадает с южным тропическим фронтом. Наконец, около 10° с. ш. можно отметить дивергенцию, связанную с северным тропическим фронтом.

Остановимся теперь кратко еще на одной проблеме, связанной с экваториальными течениями: определении и характеристике тропических фронтов, северного и южного, разделяющих экваториальную и тропические структуры вод в обоих полушариях. В литературе вопрос о тропических фронтах освещен еще недостаточно [4]. Используя наблюдения над течениями, выполненные «Витязем» к северу от Новой Гвинеи, мы попытаемся развить понятие о тропических фронтах [3]. Заметим, что для южного тропического фронта этот район океана не является типичным из-за ограничения развития фронта на глубинах к югу берегом Новой Гвинеи. Поэтому главное внимание мы обратили на исследование северного тропического фронта, в какой-то мере аналогичного фронту в открытых частях океана.

Положение фронтов мы отождествили с границами экваториальных течений: северный тропический фронт — на границе Северного пассатного течения и Межпассатного противотечения; южный тропический фронт — на границе Южного пассатного течения и Межпассатного противотечения. Положение этих фронтов на глубине 10 и 500 м показано соот-

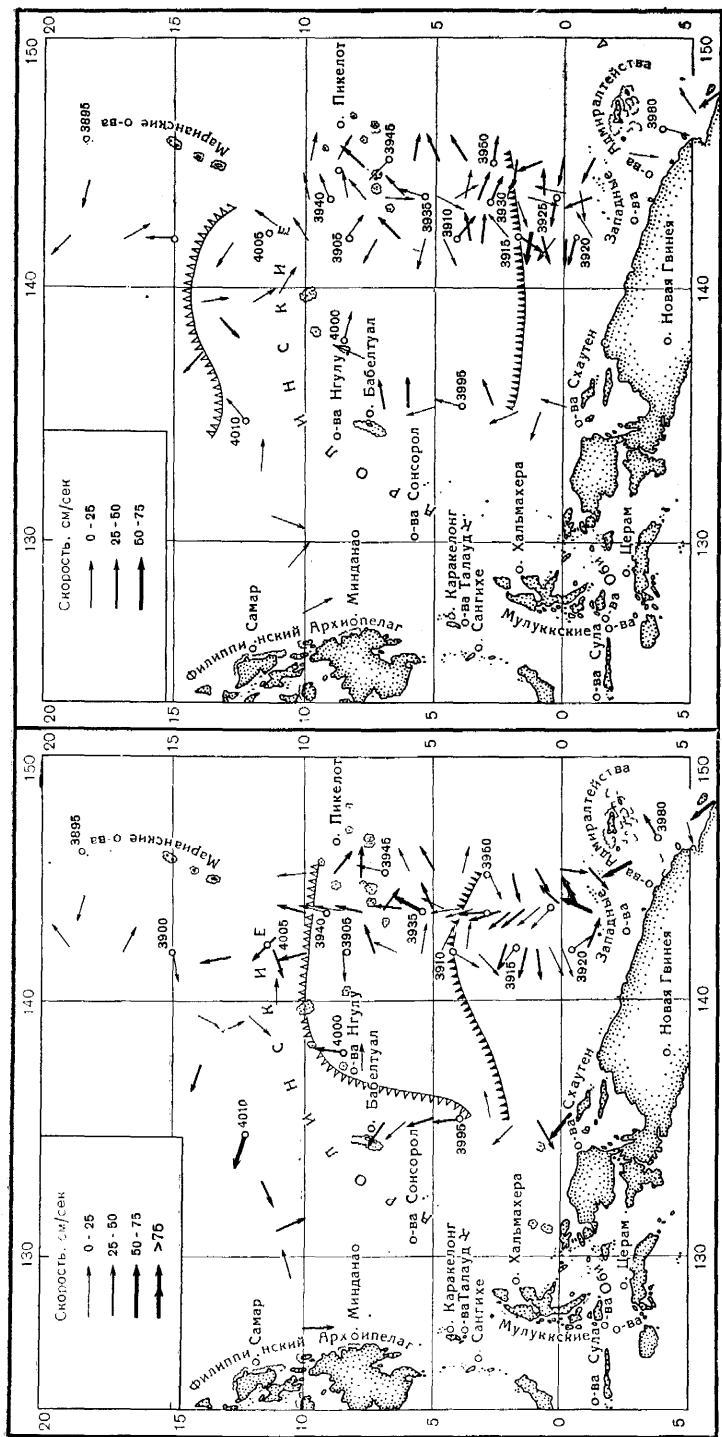


Рис. 6. Положение северного (белые треугольники) и южного (черные треугольники) тропических фронтов к северу от Новой Гвинеи: слева — на глубине 10 м, справа — на глубине 500 м

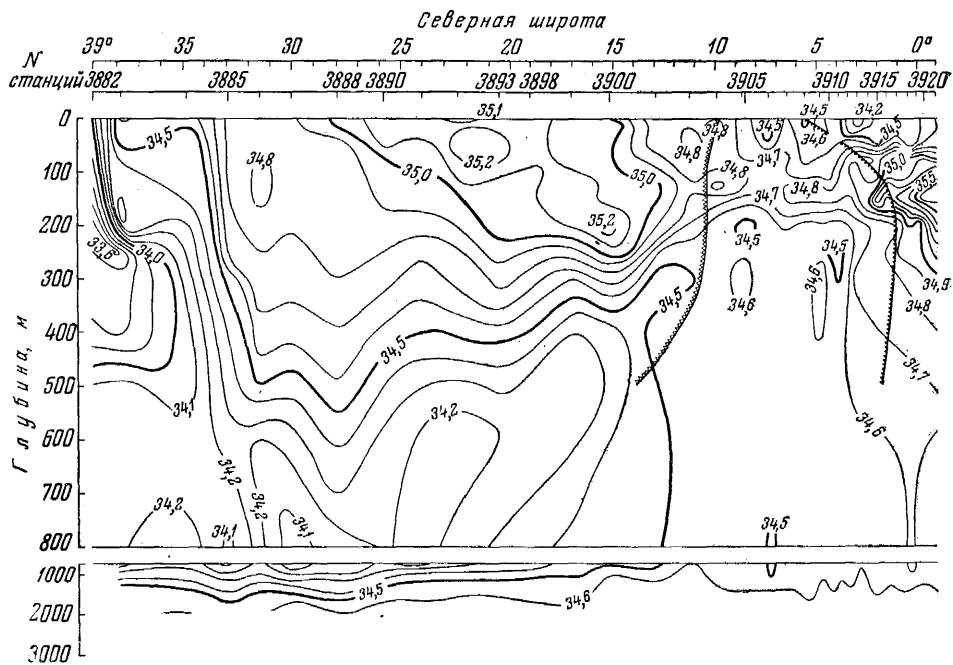
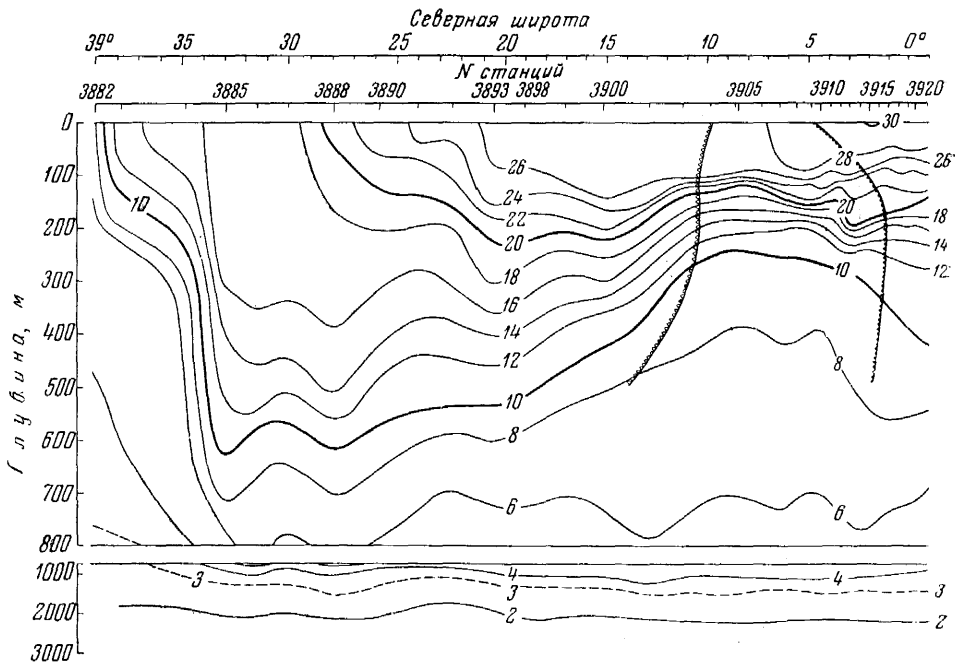


Рис. 7. Разрез по 142° в. д. с распределением температуры (вверху) и солёности (внизу) в марте-апреле 1958 г. и вертикальное сечение северного (белые треугольники) и южного (черные треугольники) тропических фронтов

ветственно на рис. 6. На этом рисунке северный тропический фронт показан линией белых треугольников, а южный — линией черных треугольников. Такое обозначение тропических фронтов сохраняется и на последующих рисунках. Из схем на рис. 7 следует, что с глубиной северный и южный тропические фронты постепенно расходятся, а ширина Межпассатного (Экваториального) противотечения неуклонно возрастает.

Т а б л и ц а 1

**Ширина Межпассатного противотечения
в зависимости от глубины
к северу от Новой Гвинеи**

Глубина, м	Ширина противотечения, градусы меридиана
10	7
100	8—9
200	10
500	12

Насколько же хорошо согласуется намеченное положение фронтов с теми признаками в распределении океанологических характеристик, которые должны сопутствовать явлению фронта? Это сопоставление в случае позитивного результата одновременно явится независимым критерием достоверности намеченного положения фронтов.

Вспомним некоторые главные признаки океанологических фронтов в приложении к исследуемому. Во-первых, по природе северный тропический фронт связан с дивергенцией и с соответствующими экстремальными значениями океанологических характеристик в плане. Южный же тропический фронт связан с конвергенцией и с присущим ей распределением океанологических характеристик. Кроме того, на глубинах в качестве отличительного признака фронта можно принять области максимальных градиентов океанологических характеристик. Вообще определение фронтов — одна из трудных задач океанографии, имеющая много противоречивых решений. Однако в каждом случае надо учитывать особенности океанографических условий, которые и должны определить те или иные критерии характеристики фронтов.

Сказанное выше мы проиллюстрируем расположением северного и южного тропических фронтов на разрезе с распределением температуры и солёности, выполненном «Витязем» в течение этого же периода вдоль 142° меридиана (рис. 7). На этот разрез мы нанесли широты фронтов на различных глубинах, взятые с карт рис. 2. Соединив точки плавной кривой, мы получим вертикальное сечение обоих фронтов. Последний результат можно интерпретировать как границы вод экваториальной и тропической структур. В самом деле, фронты удивительно хорошо отграничили воды противотечения, т. е. экваториальные воды. Особенность их заключается в том, что изотермы 8—26° С лежат выше таковых в тропических водах, а по солёности экваториальные воды стратифицированы только в верхнем 200-метровом слое, да и то сравнительно очень слабо. В верхнем слое, толщиной 100—150 м, в распределении температуры и солёности мы находим признаки дивергенции на северном тропическом фронте и конвергенции — на южном.

ВЫВОДЫ

В результате работ «Витязя» в районе экваториальных течений Тихого океана можно сделать следующие главные выводы:

1. Экваториальные течения отличаются сложной структурой, одной из характерных черт которой является расширение с глубиной Межпассатного (Экваториального) противотечения с внедрением под пассатные течения и образованием противотечений на глубинах 150—350 м.

2. Меридиональная циркуляция в системе экваториальных течений способствует стабилизации основных зональных течений, в то время как кратковременная изменчивость обусловлена интенсивным вихреобразованием на границах течений.

3. Границы экваториальных течений неплохо согласуются с границами экваториальной и тропических структур вод, а тропические фронты расходятся с глубиной, следуя расширению Межпассатного противотечения.

ABSTRACT

The article presents preliminary results of researches in the Northern and Southern trade wind currents and in the Equatorial countercurrent between them in the central and western regions of the Pacific. The structure of these currents is shown along the meridional section. One of the main characteristics of the structure is the spreading of the Equatorial countercurrent with greater depths and the formation of deep-water countercurrents. The short-life changes of the Equatorial currents and the resulting intensive eddies on their borders are touched upon. In conclusion the paper shows the connection between the Equatorial currents and water masses, and states that tropical fronts spread with greater depths following the spreading of the Equatorial countercurrent.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Бурков, К. Т. Богданов, В. А. Ширей, А. Е. Гамутилов. Методика гидрологических работ в открытом море. Труды Ин-та океанологии, т. 24, 1957.
2. В. А. Бурков, И. М. Овчинников. Особенности структуры зональных потоков и меридиональной циркуляции в центральной части Тихого океана зимой северного полушария. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. 40, 1959 (в печати).
3. В. А. Бурков, В. С. Арсеньев и И. М. Овчинников. О тропических фронтах в океанах. Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. 40, 1959 (в печати).
4. А. Д. Добровольский. Водные массы Северной части Тихого океана. Рукопись. Ин-т океанологии АН СССР, 1947.
5. Морской Атлас, т. II.
6. T. S. Austin. Summary Oceanographic and Fishery Data, Marquesas Islands Area, August-Sept. 1956 (Equipac). U. S. Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rept.-Fish. N 217, 1957.
7. T. Cromwell, R. B. Montgomery and E. D. Stroup. Equatorial Undercurrent in Pacific Ocean revealed by new methods. Science, vol. 119, 1954.
8. N. G. Jerlov. Studies of the Equatorial currents in the Pacific. Tellus. Vol. 5, N 3, 1953.
9. K. Hidaka. Dynamical Computation of Ocean Currents in a Vertical Section Occupied across the Equator. Japanese Journal of Geophysics. Vol. I, N 2, May 1955.
10. O. E. Sette. Progress in Pacific Oceanic Fishery Investigations 1950—53. U. S. Fish and Wildlife Serv., Spec. Sci. Rept.-Fish. N 116, 1954.
11. H. U. Sverdrup and coll. The Oceans. 1942.