

# ГИДРОЛОГИЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

## (обзор литературных источников)

А. Ф. ПЛАХОТНИК

В связи с разработкой проблемы плана МГГ «Водные массы и ресурсы океана», а также в связи с экспедиционными рейсами судов Перспективной разведки ТИНРО по выявлению новых районов советского рыболовного промысла в тихоокеанских водах в последнее время возрос интерес наших научных учреждений и рыбохозяйственных организаций к международным водам северо-восточной части Тихого океана.

По гидрологии этого района отечественная литература еще немногочисленна, а для удобства пользования зарубежной литературой необходима ее систематизация и критическая оценка с точки зрения задач, стоящих перед советской рыбохозяйственной наукой.

Настоящая работа представляет собой аннотированный обзор опубликованных источников по гидрологии северо-восточной части Тихого океана. Мы постараемся осветить вопрос об изученности гидрологии северо-восточной части Тихого океана лишь в отношении ее общих черт, а также режима температуры и солёности (отметим наличие опубликованных материалов наблюдений и их обработки), характеристики водных масс, течений, вертикальных движений вод и изменения их уровня, т. е. тех гидрологических элементов, которые имеют наибольшее значение в рыбопромысловом отношении. При этом мы будем упоминать лишь основные источники, а в тех случаях, когда их сравнительно много, то лишь те, которые типичны для их группы.

Прежде чем начать обзор, необходимо выяснить вопрос о границах рассматриваемой акватории.

В литературе мы не встречали каких-либо мнений по этому поводу. Нам представляется, что внешней границей северо-восточной части Тихого океана условно может быть принята прямая линия, проведенная от пролива Унимак к южной оконечности Калифорнии. На значительном протяжении она совпадает с границей между субарктическими и центральными водами океана [34, стр. 717, 727, а также карта VII приложения] и, таким образом, является понятием не чисто формальным, а в значительной степени физически обоснованным.

Находясь между указанной внешней границей и североамериканским континентом, акватория северо-восточной части Тихого океана включает залив Аляска и воды, непосредственно омывающие тихоокеанское побережье США южнее этого залива.

По гидрологии северо-восточной части Тихого океана накопился уже значительный материал, но степень освещения отдельных частей рассматриваемой акватории и отдельных черт ее гидрологического режима далеко не равномерна.

Имеется много работ, содержащих фактический материал океанографических наблюдений в северо-восточной части Тихого океана, а в некоторых приводятся также результаты обработки наблюдений в виде графиков разрезов, карт распределения гидрологических характеристик по горизонтам, таблиц осредненных значений и их отклонений от нормы и т. п.

Естественно, что в практике научных исследований отыскание и использование такого рода источников, как наиболее близких к первичным материалам наблюдений и наиболее свободных от субъективности мнe-

ний отдельных авторов, всегда представляется наиболее желательным, и поэтому мы свой обзор начинаем именно с них.

Самые ранние наблюдения, выполненные в этом районе современными методами, относятся к 20-м годам. Их результаты отражены в статьях G. McEwen и др. [23] и T. Thompson и др. [36]. В них в основном содержатся данные наблюдений на гидрологических разрезах в заливе Аляска и вычисления течений по ним (в первой — по наблюдениям в январе 1927 и 1928 г., во второй — по наблюдениям в январе 1929 г.). Приведены сведения о температуре, солёности, удельным объемам и динамическим высотам по отдельным горизонтам, таблицы вычисления скорости течения между станциями (также по отдельным горизонтам), графики температуры, солёности, распределения удельного объема и изотак на трех разрезах (от о-ва Кадьяк, о-ва Монтегю и залива Якутат к центру залива Аляска) и карты, на которых показаны осредненные векторы течений по станциям этих разрезов.

Сведения по гидрологии северо-восточной части Тихого океана опубликованы также в работах J. Goodman и T. Thompson [20] и J. Tully [37]. В первой из этих работ<sup>1</sup> имеются фактические сведения о температуре воды, содержании хлора и солёности по станциям в заливе Аляска, выполненным в июле 1934 г., по станциям разрезов от Алеутских островов к о-ву Ванкувер и оттуда к Гавайским островам в июле — августе 1935 г., а также ежедневные наблюдения тех же элементов в поверхностном слое, выполненные в сентябре 1938 г. по маршруту от Алеутских островов к о-ву Ванкувер. Работа иллюстрирована рядом графиков разрезов, вычерченных на основании обработки указанных данных. Во второй работе содержатся ежемесячные данные за 1936 и 1938 гг. по температуре и солёности воды на станциях разреза к юго-западу от м. Cape Beale (о-в Ванкувер). Кроме того, приводятся сведения о температуре и давлении воздуха, направлении и скорости ветра, результаты динамической обработки течений на разрезе и выводы о зависимости сезонных изменений температуры и солёности воды от метеорологических условий.

Большой фактический материал по гидрологии вод, омывающих берега штата Калифорния, содержится в работах, посвященных исследованиям на судне «E. W. Scripps» в 1939, 1940 и 1941 гг. [30]. Основное содержание их составляют «Таблицы океанографических наблюдений», включающие сведения о температуре, солёности, кислороде ( $O_2 \frac{ml}{L}$ ) и жесткости воды ( $Ca_{\%}$ ). Кроме того, приводятся результаты обработки этих сведений в виде карт распределения температуры, солёности и кислорода по горизонтам, а также  $t-S$ -кривые наиболее типичных станций. Разрезы 1939 г. охватывали довольно обширный район прибрежных вод между 45 и 25° с. ш., в то время как в 1940 и 1941 гг. они располагались только в узком пространстве между 34 и 32° с. ш. (бухта Сан-Педро и воды, непосредственно прилегающие к ней).

Из океанографических исследований послевоенных лет следует отметить исследования 1949 г., проводившиеся по всей акватории этой части океана экспедициями лаборатории электроники ВМФ США и вдоль побережья Калифорнии — Организацией по рыболовным океаническим исследованиям в Тихом океане (Pacific Oceanic Fishery Investigations). Результаты этих исследований опубликованы Калифорнийским университетом в 1957 г. [24]. В них содержатся сведения о тем-

<sup>1</sup> Включает также фактические данные, ранее опубликованные С. Barnes и Т. Thompson [13].

пературе воды, солености, кислороде ( $O_2 \frac{ml}{L}$ ) и фосфатах ( $PO_4 - P \frac{\mu g}{L}$ ) по стандартным горизонтам каждой станции. Наблюдения проводили ежемесячно по одним и тем же разрезам, поэтому они дают возможность составить представление о сезонной изменчивости океанологических характеристик в 1949 г.

Следующий том издания, выпущенный совместно Калифорнийским и Токийским университетами, посвящен материалам совместной американо-канадо-японской экспедиции «Норпак» в июне — октябре 1955 г. [25]. Было выполнено большое количество разрезов в северной части Тихого океана. По размаху работы и объему полученных данных эту экспедицию следует поставить на первое место из всех, проведенных в послевоенные годы в северо-восточной части Тихого океана.

Летом и осенью 1956 г. рыбопромысловые суда США совершали рейсы в северной и центральной частях Тихого океана (по маршруту Калифорния — Алеутские острова — Гавайские острова — Калифорния). Во время этих рейсов проводили наблюдения за распределением температуры воды до глубины 300 м с помощью батитермографа и ежечасные гидрометеорологические наблюдения. Фактические сведения по этим наблюдениям, а также графики распределения температуры по разрезам приведены в специальном выпуске, изданном в 1957 г. [26].

В 50-х годах появились сводные работы, содержащие многолетние ряды температуры и плотности воды (на поверхности), наблюденные на приливных пунктах, расположенных на тихоокеанском побережье США, а также некоторые результаты обработки этих наблюдений.

В одной из этих работ [33] приводится среднемесячная температура воды с 1925 по 1955 г., причем из пунктов северо-восточной части Тихого океана полные данные за весь 30-летний период имеются лишь по пункту Ситха ( $55^{\circ}03'$  с. ш.,  $135^{\circ}20'$  з. д.). В работе приведены кривые годового хода температуры воды. В другой работе этой группы [32] ряд наблюдений температуры воды по тем же станциям дополнен наблюдениями в январе 1957 г. — марте 1958 г. Кроме того, показаны аномалии среднемесячных температур и отметки высоты уровня моря. Наконец, в третьей работе [15] приводятся значения плотности воды: среднемесячные, минимальные и максимальные.

Значительные гидрологические исследования были проведены в северо-восточной части Тихого океана на судах Канады и США по плану МГГ в 1957—1958 гг. и МГС в 1959 г. Некоторые из них продолжались в 1960 г. Материалы этих наблюдений, оформленные в виде рукописных докладов (Manuscript reports), хранятся в архиве Мирового Центра Данных МГГ (МЦД МГГ) в Москве. Мы приводим обзор этих работ, причем для удобства отыскивания зарубежных материалов ссылаемся непосредственно на номера папок архива по отдельным странам (например, США, № 8; Канада, № 4).

В начале МГГ (вторая половина 1957 г.) в северо-восточной части Тихого океана гидрологические наблюдения проводили на судах США «Н. М. Smith» — рейс с 1/VII по 5/IX 1957 г. в прибрежных водах к западу от о-ва Ванкувер (США, № 8), «Horizon» — рейс с 8 по 26/VII 1957 г. в заливе Аляска (США, № 4) и «Brown Bear» — рейс с 22/VII по 22/IX 1957 г., суточные станции к югу от о-ва Кадьяк (США, № 1).

В разгар работы МГГ (1958 г.) судно США «Brown Bear» продолжало работу на суточных станциях к югу от о-ва Кадьяк — рейс с 30/VI по 20/VIII 1958 г. (США, № 1), а также работало канадское судно «Whitethroat» — рейсы с 27/VI по 14/VIII и с 12/XI по 5/XII 1958 г. вблизи островов Ванкувер и Королевы Шарлотты (Канада, № 2).

В октябре 1958 г. — январе 1959 г. в северо-восточной части Тихого океана работало советское исследовательское судно «Витязь» (29-й рейс этого судна). Были выполнены разрезы вдоль 176 и 160° з. д. от берега до 35° с. ш. (октябрь 1958 г.) и ряд разрезов вдоль параллелей: по 55° с. ш. (через весь залив Аляска), по 50 и 45° с. ш. до 145° з. д. (ноябрь 1958 г.), по 40 и 35° с. ш. до 140° з. д. и по 30° с. ш. до 145° з. д. (декабрь 1958 г.) и, наконец, по 25° с. ш. до 145° з. д. и по 20° с. ш. до Гонолулу (январь 1958 г.). На всех этих разрезах был выполнен широкий комплекс гидрологических наблюдений (см. материалы этого рейса «Витязя» в МЦД МГГ, в Институте океанологии АН СССР, а также информационную статью Н. Н. Сысоева [11]).

В 1959 г. были проведены гидрологические наблюдения с судов Канады «Pacific Ocean», «Fort Ross» и «Reg West II» — в марте—сентябре с этих судов в центре и в южной части залива Аляска было выполнено 248 станций, на которых определяли температуру воды батитермографом (Канада, № 2).

Вблизи о-ва Ванкувер гидрологические станции по полной программе наблюдений выполняли с судов «Whitethroat» — с 3 по 29/VIII 1959 г. (Канада, № 2) и «Oshawa» — с 4/VIII по 1/XI и с 16/XI по 11/XII 1959 г. (Канада, № 4). Кроме того, за период с 1/I 1957 г. по 24/XI 1959 г. систематические гидрологические наблюдения проводил канадский «корабль погоды» в точке Р (50° с. ш., 145° з. д.).

В 1960 г. работали суда Канады: «Beacon Hill» с 12/I по 10/II 1960 г. в восточной части залива Аляска (Канада, № 4) и «Oshawa» с 6 по 16/VI вблизи о-ва Ванкувер и с 10/VII по 6/IX в заливе Аляска (Канада, № 4).

Среди литературных источников по гидрологии северо-восточной части Тихого океана значительное место занимают работы, посвященные изучению отдельных элементов гидрологического режима.

В 1959 г. вышла в свет статья Е. Bennett [14], построенная на наблюдениях в северо-восточной части Тихого океана в августе 1955 г. во время экспедиции «Норпак». В ней подробно освещен вопрос о вертикальном и горизонтальном распределении температуры, солености и плотности воды и приведены результаты расчета поля «постоянных» течений на основании поля плотности.

Международная комиссия по рыболовству в северной части Тихого океана систематически издает годовые доклады [22]. В этих докладах имеется раздел «Океанография», в котором на основании экспедиционных работ даются характеристики термики, солевого режима и особенностей циркуляции вод северо-восточной части Тихого океана. В первый доклад, изданный в 1957 г., вошла обработка наблюдений не только за 1956 г., но и за предшествующие годы (начиная с 1936 г.). При этом наибольшее внимание уделено результатам обработки наблюдений экспедиции «Норпак», благодаря чему в этой части доклад и статья Е. Bennett дублируют друг друга.

Из этой же группы работ следует отметить обобщение океанографических наблюдений на Канадской станции погоды Р, произведенное S. Tabata [35] за двухлетний период (с августа 1956 г. по июль 1958 г.). В этой работе приведены сведения о средних значениях температуры, солености и содержания кислорода ( $O_2 - \frac{\mu g al}{L}$ ) по горизонтам наблюдений (от поверхности до глубины 1500 м) по шестинедельным отрезкам времени, а также типичные для каждого сезона  $t - S$ -кривые и кривые распределения ряда элементов с глубиной. В ней указывается, что изменения на каждом горизонте в течение шестинедельных перио-

дов отражены в сроках отклонений от нормы и в амплитудах этих отклонений. Кратко упоминается о предполагаемых причинах некоторых отклонений.

Близкой к этому типу работ является статья G. Pickard и D. McLeod [29], посвященная сезонным изменениям температуры и солености поверхностных вод вблизи тихоокеанского побережья Канады. В статье обобщен материал наблюдений 20 береговых станций за 13 лет (1935—1948 гг.) и показано, что главным фактором, влияющим на годовые циклы изменения температуры и солености поверхностных вод, являются преобладающие ветры и подъемы холодных глубинных вод к поверхности (upwelling).

Ряд работ, посвященных термике северо-восточной части Тихого океана, выполнен как в широком плане, т. е. по всей рассматриваемой акватории в целом, так и для отдельных ее частей и участков.

Наиболее характерной работой широкого плана является книга M. Robinson [31]. В ней на основании более чем 16 000 батитермограмм, полученных за 12-летний период (1941—1952 гг.) по всей акватории северо-восточной части Тихого океана, сделана попытка полного термического анализа верхнего 122-метрового (400-футового) слоя. С этой целью построены среднемесячные карты распределения температуры для каждого месяца года на пяти горизонтах (0, 100, 200, 300 и 400 футов), хорошо иллюстрирующие изменчивость температуры по сезонам и с глубиной. В работе приведены карты среднегодовых температур воды для горизонтов 100, 200 и 400 футов, средних максимумов и минимумов температуры для 0, 100, 200 и 300 футов, карты амплитуд изменения средних температур для тех же горизонтов и предпринят ряд других интерпретаций особенностей термического режима северо-восточной части Тихого океана.

Из множества выводов, сделанных автором на основании богатого исходного материала, отметим наиболее тесно связанные с биологией рассматриваемого района:

- 1) оконтуривание «холодного ядра» (с температурой ниже  $40^{\circ}\text{F}$ , т. е.  $4.4^{\circ}\text{C}$ ), занимающего квазистационарное положение в западной части залива Аляска вдоль континентального склона. Зимой это ядро распространяется от поверхности приблизительно до глубины 300—400 футов (100—130 м), а летом, вследствие прогрева поверхностных слоев, размывается сверху и от него остается лишь холодный промежуточный слой;

- 2) установление того факта, что акватория дивергенции Северо-Тихоокеанского течения (на Аляскинское и Калифорнийское) находится на расстоянии 150—300 миль от берега и ее положение изменяется из месяца в месяц и с глубиной. Положение области дивергенции как бы перемещается на карте по дуге, крайние точки которой характеризуются приблизительно следующими координатами:  $50^{\circ}$  с. ш.,  $135^{\circ}$  з. д. летом и  $42^{\circ}$  с. ш.,  $129^{\circ}$  з. д. зимой;

- 3) обнаружение на глубине 200, 300 и 400 футов двойных циклов годовых изменений температуры воды — с минимумом в марте и в августе и с максимумом в мае и в декабре, благодаря чему на этих глубинах наиболее низкую температуру можно встретить скорее летом, чем зимой. Возможной причиной летнего минимума температуры на глубинах автор считает адвекцию и перемешивание вод.

Недостатком этой работы следует считать то, что наблюдения ограничены слоем воды от поверхности до 122 м (400 футов), а также слишком мелкий масштаб карт, по которым, несмотря на обилие материала, характерные особенности изменения температуры воды удается просле-

дить лишь в открытом море и только в самых общих чертах. Кроме того, автор придерживается выражения температуры в градусах Фаренгейта, а расстояний в футах, чем затрудняется сравнение этой работы с другими.

Характерным примером работ по термическому режиму отдельных районов северо-восточной части Тихого океана является статья J. Tully и др. [39], в которой рассматриваются температурные аномалии, наблюдавшиеся в воде в районе между тихоокеанским побережьем Канады и станцией Р ( $50^{\circ}$  с. ш.,  $145^{\circ}$  з. д.) в 1957—1958 гг. За этот период в исследуемом районе прошла как бы половина «температурной волны»: сначала (в феврале 1957 г.) было аномально холодно, затем (летом 1957 г.) наступило резкое потепление, продолжавшееся почти год, которое вновь сменилось аномальным похолоданием. В статье затрагивается вопрос о влиянии этих резких изменений температурного режима на сроки и ареал миграций лососевых.

Имеется ряд работ, в которых отмечается аномально низкая для данных широт температура воды, постоянно наблюдающаяся в ряде районов прибрежной зоны, что связано с подъемом глубинных вод (upwelling). В прибрежной зоне северо-восточной части Тихого океана явление подъема глубинных вод ярко выражено, например, в районе залива Грейс-Харбор ( $47^{\circ}$  с. ш.,  $124^{\circ}$  з. д.), расположенного примерно в 60 милях к северу от устья реки Колумбии. Статья E. Pearson и G. Holt [28] посвящена этому явлению у входа в залив Грейс-Харбор. С океана по направлению к заливу материковый склон прорезан каньоном Грейс, по склонам которого, видимо, и поднимаются холодные и обедненные кислородом воды, наблюдаемые у входа в залив.

Одной из важнейших характерных черт гидрологического режима северо-восточной части Тихого океана является постоянное наличие к северу от  $40^{\circ}$  с. ш. слоя скачка солености на глубине 100—200 м.

Географическому распространению слоя скачка солености и его характеристикам посвящена статья R. Fleming [19]. В ней имеется карта распределения температуры на нижней границе слоя скачка солености по наблюдениям в 1955 и 1956 гг., карта динамической типологии 200 дцб поверхности относительно 1000 дцб по наблюдениям за те же годы, а также карта течений на этой глубине. Автор объясняет возникновение слоя скачка солености резким превышением осадков над испарением и зимним конвективным перемешиванием.

По содержанию очень близка к указанной статье работа J. Tully и F. Varber [40], в которой также затрагивается вопрос о слое скачка солености и отмечается, что в Тихом океане, к северу от южной границы субарктических вод, верхняя толща воды (над слоем скачка) опреснена до солености менее 33‰ и распространяется до глубины  $85 \pm 15$  м. Слой скачка солености приурочен к толще воды между глубинами  $85 \pm 15$  и  $200 \pm 50$  м и снизу окаймлен изохалиной  $33,8 \pm 0,1$ ‰. Ниже слоя скачка соленость воды с глубиной постепенно увеличивается. Трехслойность вертикальной структуры вод позволила авторам сравнить эти воды с водами эстуариев, чем и определяется название рассматриваемой работы: «Сходство между водами эстуариев и водами в субарктической части Тихого океана».

Значительное опреснение вод за счет большого материкового стока и особенно большого (самого высокого для данного широтного пояса северного полушария) количества осадков является важной чертой гидрологического режима рассматриваемой акватории. К сожалению, оба указанных фактора опреснения вод мало освещены в литературе. Некоторые данные о материковом стоке для всей рассматриваемой аквато-

рии приводит М. И. Львович [6, 7]. В одной из его работ [6] по наиболее крупным рекам, выносящим воды в северо-восточную часть Тихого океана (Фрейзер, Колумбия, Снейк и Сакраменто), приводится слой стока (мм в год) для ряда пунктов наблюдений. Во второй работе [7] приведена «схематическая карта годового стока рек земного шара», по которой, пользуясь изолиниями стока, можно получить представление о суммарном годовом стоке в любую акваторию Мирового океана, в том числе и в северо-восточную часть Тихого океана.

Фактические сведения по среднемноголетнему количеству осадков, выпадающих на зеркало северо-восточной части Тихого океана в каждом месяце года, приведены в американском «Морском климатическом атласе» [41]. На картах № 6, 20, 32, 44, 58, 70, 82, 96, 108, 120, 134 и 146 для ряда пунктов побережья и открытого моря (судовые станции) приведены своеобразные «розы осадков» — графически изображен процент выпадения осадков (отдельно дождя и снега) при ветрах того или иного направления, рассчитанный по отношению к общему числу наблюдений за осадками в этом пункте. Интерполируя между пунктами, можно получить приближенное представление о распределении осадков по всей рассматриваемой акватории.

Важными вопросами гидрологии любого района Мирового океана являются колебания уровня, течений и водных масс.

По вопросу о колебаниях уровня вод северо-восточной части Тихого океана наиболее показательной является статья J. Pattullo [27], дающая представление о сезонных изменениях уровня моря, по наблюдениям на островах залива Аляска и прилегающих акваторий северо-восточной части Тихого океана в период МГГ. В статье показано, что наиболее высокий уровень воды в заливе Аляска и у Алеутских островов наблюдается в декабре, а наиболее низкий — в июне. Такой характер изменений уровня, по мнению автора, является результатом изменений объема воды теплового происхождения, изменений атмосферного давления, а также объясняется системой преобладающих ветров.

Схемы течений приводятся в ряде общих работ по гидрологии Тихого океана. Так, например, в монографии Н. Sverdrup и др. [34] показана кинематика Северо-Тихоокеанского течения, Алеутского (Субарктического) течения и Калифорнийского течения, приведены сведения о количестве вод, выносимых течением в северо-восточную часть Тихого океана между Алеутскими островами и 42° с. ш., охарактеризованы свойства этих течений и их значение.

В двух работах А. М. Муромцева [8, 9] приводятся схемы течений на различных горизонтах и рассматривается вопрос о происхождении течений.

В ряде источников отражены схемы течений северо-восточной части Тихого океана в некоторые годы и сезоны. Это уже упоминавшиеся нами статьи G. McEwen и др. [23] и T. Thompson и др. [36], в которых приведены общая схема течений залива Аляска в 1927, 1928 и 1929 гг., «Годовые доклады Международной тихоокеанской рыбной комиссии», где приводятся схемы течений северо-восточной части Тихого океана за каждый год, начиная с 1937 г., и др. Кроме того, издан ряд пособий — атласов и таблиц, в которых также в какой-то мере отражены течения северо-восточной части Тихого океана. Особенно ценными в практическом отношении являются таблицы, позволяющие предвычислять течения на нужное время вперед. В качестве примера можно назвать советские «Таблицы течений» [12], пользуясь которыми, можно легко рассчитать на каждый час скорость и направление приливо-отливных течений в 18 «основных районах» (важнейшие в навигационном

отношении проливы и входы в бухты), а затем, если потребуется, можно произвести подобный расчет еще для 267 «дополнительных районов», т. е. практически охватить все побережье северо-восточной части Тихого океана.

Вопрос о водных массах северной части Тихого океана, в том числе и северо-восточной его части, детально рассмотрен в монографии А. Д. Добровольского [1]. Автор считает, что залив Аляска является одним из районов формирования субарктической водной массы. «Вследствие продолжительного и интенсивного охлаждения в этом районе наблюдается весьма однородное распределение температуры по глубине при заметном повышении солености от верхнего распресненного (до 32,0—32,5‰) до глубинного обычной солености слоя. Эта субарктическая водная масса характеризуется пониженной соленостью (32,5—33,0‰ в ядре и около 34,0‰ вдали от него) и низкой температурой с большим годовым ходом (от 2—3° зимой до 12—14° летом)».

По А. Д. Добровольскому, субарктическая водная масса делится на две части, мало отличающиеся по характеристикам, но с различным направлением движения: западную (у Курильской гряды), идущую к югу (холодное течение), и восточную (у побережья Канады и Аляски), идущую к северу (теплое течение).

Субарктическая водная масса — одна из четырех основных водных масс, выделенных А. Д. Добровольским в северной части Тихого океана (экваториальная, тропическая, субтропическая — типа Курошио — и субарктическая). Происхождение и размещение этих водных масс связано, во-первых, с процессами, определяющими тепловой и водный балансы, а во-вторых, — с динамикой вод.

Кроме основных водных масс, в северной части Тихого океана имеются вторичные океанические массы, из которых наибольшее пространство занимает водная масса умеренных широт, являющаяся переходной между субарктической и субтропической массами.

За последние 13 лет трактовка А. Д. Добровольским вопроса о водных массах северной (в том числе и северо-восточной) части Тихого океана в основной своей части поддерживалась всеми другими исследователями. Так, например, по существу ту же точку зрения высказывали R. Fleming [18], А. М. Муромцев [8] (имеется в виду горизонтальное распределение типов вод), J. Tully и F. Barber [40] и др.

Опубликован ряд работ, в которых приводится общая характеристика гидрологического режима северо-восточной части Тихого океана. К ним относятся работы по океанографии этой части Тихого океана, всего океана в целом или даже Мирового океана (где материал по Тихому океану входит лишь как составная часть), по физической географии Тихого океана в целом и его северо-восточной части в отдельности.

К работам, написанным в наиболее широком плане, относится уже упоминавшаяся нами монография Н. Sverdrup [34], в которой много места уделяется основным вопросам гидрологии (главным образом динамике вод) Тихого океана. Приводятся районирование акваторий по водным массам и схемы их течений. Рассматриваются типичные  $t-S$  кривые тихоокеанской субарктической воды, характеризующиеся малым наклоном к оси абсцисс: при увеличении глубины соленость воды резко возрастает при сравнительно небольшом понижении в общем довольно низкой (в пределах 4—2° С) температуры воды.

Ценным пособием для представления о гидрологическом режиме северо-восточной части Тихого океана является монография А. М. Муромцева [8]. Базируясь на материалах наблюдений, выполненных в океане за 150 лет (1804—1955), А. М. Муромцев рассматривает изменчи-

вость в пространстве и во времени температуры, солености, плотности, содержания растворенного кислорода и делает вывод об общей схеме циркуляции вод океана. В вертикальной структуре водной толщи Тихого океана автор различает 6 типов вод: поверхностные — до глубины 100—200 м, подповерхностные — между 100—200 и 300—400 м (в некоторых районах до 500—600 м), промежуточные, расположенные ниже подповерхностных, — до глубины 800—1000 м (в ряде случаев до 1500 м), глубинные, занимающие слой ниже промежуточных, — до 4000—4500 м, придонные — между этими глубинами и дном в районе ложа океана, воды глубоководных впадин. В работе рассматриваются условия формирования вод каждого из этих типов.

Общие сведения по гидрологии северо-восточной части Тихого океана содержатся в работе R. Fleming [18]. Согласно районированию, предлагаемому им, в пределах северо-восточной части Тихого океана находятся прибрежные районы — Аляскинский, Американский (район архипелага Александра, островов Королевы Шарлотты, о-ва Ванкувер) и Калифорнийский, а также районы открытого моря — район Аляскинского круговорота (*Alaskan gyral*), переходный, субарктический (к западу от Аляскинского круговорота) и центральный (к югу от субарктического района). В работе схематически изображены пределы географического распространения этих районов, а также приведены их основные гидрологические характеристики (средние значения температуры и солености). Кроме того, показано распределение по сезонам (для зимы и лета) температуры и солености поверхностного слоя воды и поверхностных течений.

Имеются работы по океанографии ряда более или менее крупных районов северо-восточной части Тихого океана. Прежде всего следует отметить статью L. Doe [16], в которой подробно рассматривается ряд сторон гидрологического режима вод всего Канадского тихоокеанского сектора — от пролива Диксон-Энтрانس до пролива Хуан-де-Фука. Освещая вертикальную структуру и физические свойства вод, L. Doe выделяет по глубине три зоны: поверхностную (примерно до 100 м), слой скачка солености (100—200 м) и нижележащую (ниже 200 м), характеризующуюся постепенным изменением гидрологических характеристик (понижением температуры и повышением солености). Он рассматривает подъем глубинных вод (*upwelling*) в ряде мест вдоль тихоокеанского берега Канады и предлагает следующее районирование поверхностных вод залива Аляска: район, непосредственно прилегающий к берегу (*coastal*), мористый район (*offshore*) и центральную часть залива (*mid-gulf*).

С этой работой весьма сходны по содержанию статьи Н. Hollister [21] и J. Tully [38]. В них кратко изложены гидрологические условия вблизи канадского побережья и в мористой зоне, причем по ходу изложения приводится довольно большая библиография.

В советской литературе краткая гидрологическая характеристика северо-восточной части Тихого океана по отдельным районам имеется в лоции северной части Тихого океана [2, 3, 4, 5], где в основном приводятся сведения о течениях, приливо-отливных колебаниях уровня и режиме температуры и солености.

Из работ по физической географии Тихого океана наиболее интересной является книга G. Eliot [17], в которой для всего Тихого океана, в том числе и для его северо-восточной части, приводятся температура поверхностных вод по сезонам (февраль и август), рассматриваются приливы, волны и океанические течения. Рассказывается, в частности,

об особенностях Аляскинского течения, которое автор называет «Аляскинское завихрение» (Alaskan whirl).

Наиболее полной работой этого типа является специальный обзорный выпуск лоции [10]. В нем освещены режим температуры и солености, течения, приливы. Согласно этому обзору, в открытых районах северо-восточной части Тихого океана температура воды на поверхности в феврале изменяется от 2—3° С на севере до 5—6° С на юге. К маю температура воды повышается примерно на 3—4° С в восточной части района, на 4° С в вершине Аляскинского залива и на 2—3° в остальной части. Средняя температура воды на поверхности в августе в заливе Аляска колеблется от 12 до 13° С. В сентябре значение температуры воды в поверхностном слое близко к его значению в мае. Наибольшая годовая амплитуда температуры воды на поверхности (6—8° С) наблюдается вблизи 35—45° с. ш.; к северу и к югу она уменьшается. На глубине 200—400 м температура воды в Аляскинском заливе в течение года колеблется в пределах 3—4° С. На глубине 1000 м она везде равна примерно 3° С, а на глубине 2000 м — около 2° С. В местах глубины более 2000 м в придонных слоях температура равна 1,5° С. Соленость воды в заливе Аляска и вблизи побережья Британской Колумбии на поверхности не превышает 32‰. Увеличиваясь с глубиной, она на глубине 2000 м достигает 34,5—34,6‰.

В работе приводятся схемы поверхностных течений северной части Тихого океана для зимы и лета, отмечается большая сила приливо-отливных течений в проливах и узкостях вблизи побережья залива Аляска (до 6—8 и даже 10—12 узлов), указывается, что преобладающий характер приливо-отливных явлений — правильный полусуточный.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании обзора литературных источников можно сделать вывод, что в настоящее время достигнут определенный уровень изученности основных вопросов гидрологии северо-восточной части Тихого океана, наиболее интересных в рыбопромысловом отношении — режима температуры и солености, характеристик водных масс, схем течений и некоторых других.

Используя накопленные материалы фактических наблюдений, уже можно решить ряд первоочередных практических вопросов:

- давать некоторые (хотя далеко еще не достаточные) исходные данные для детального изучения гидробиологии, гидрохимии и первичной продуктивности районов промысла донных и пелагических рыб;

- составлять фоновые гидрологические характеристики этих районов; использовать необходимые материалы ихтиологических исследований, начать изучение экологии различных организмов этого района.

Глубина проработки всех этих вопросов определяется количеством и качеством исходных материалов гидрологических наблюдений, и в особенности их многолетних рядов. В этом отношении вся акватория северной части Тихого океана значительно уступает северной части Атлантики. Только в северо-западной части Тихого океана, в зоне Куроисио, еще могут быть набраны многолетние ряды гидрологических наблюдений, которые в какой-то мере можно сравнить с североатлантическими. По северо-восточной части Тихого океана таких данных нет. Если не считать прибрежных наблюдений за температурой воды, то температурный режим этой акватории пока может быть исследован лишь на основании 10-летнего ряда систематических батитермографических наблюдений (см. работу М. Robinson [31]). По другим элементам гидрологического

режима северо-восточной части Тихого океана ряды гидрологических наблюдений еще короче или их вовсе нет.

В этом отношении особое значение приобретают систематические отечественные гидрологические наблюдения в северо-восточной части Тихого океана, проведенные на протяжении ряда лет. В сочетании с зарубежными материалами (особенно за период МГГ 1957—1959 гг.) они помогут решать конкретные задачи, стоящие перед рыбопромысловой наукой в области изучения тихоокеанских вод.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский А. Д. Водные массы северной части Тихого океана. Докторская диссертация. МГУ. 1948.
2. Лоция северной части Тихого океана. Ч. III. Аляскинский залив. Вып. 1. ГУВМФ. 1953.
3. Лоция северной части Тихого океана. Ч. IV. Британская Колумбия. ГУВМФ. 1951.
4. Лоция северной части Тихого океана. Ч. V. Британская Колумбия. ГУВМФ. 1950.
5. Лоция северной части Тихого океана. Ч. VI. Берега Северной Америки от острова Ванкувер до мыса Корриентес. ГУВМФ. 1950.
6. Львович М. И. Элементы водного режима рек земного шара, Труды научно-исследовательских учреждений ГУГМС. Серия IV. Вып. 18. Гидрометеиздат. 1945.
7. Львович М. И. Сток рек земного шара.— Природа. 1960. № 5.
8. Муромцев А. М. Основные черты гидрологии Тихого океана. Гидрометеиздат. 1958.
9. Муромцев А. М. Схема общей циркуляции вод Тихого океана. Известия АН СССР. Серия географическая. 1958. № 4.
10. Общий обзор северной части Тихого океана. ГУВМФ. 1948.
11. Сысоев Н. Н. Экспедиция на э/с «Витязь» в северную часть Тихого океана (29-й рейс). Бюлл. океанографической комиссии АН СССР. 1960. № 6.
12. Таблицы течений. Тихий океан. Прибрежные районы и проливы. Гидрометеиздат. 1960.
13. Barnes C. and Thompson T. Physical and chemical investigations in Bering Sea. Univ. of Wash. Publ. in oceanography. V. 3. № 2. 1938.
14. Bennett E. Some oceanographic features of the Northeast Pacific ocean during August 1955. Journal of the Fisheries research board of Canada. V. 16. № 5. 1959.
15. Density of sea water at tide station Pacific coast North and South America and Pacific oceans islands, Publ. 31—4, Fifth. edition. Wash. 1958.
16. Doe L. Offshore waters of the Canadian Pacific coast, Journal of the Fisheries research board of Canada. V. 12. № 1. 1955.
17. Eliot G. Pacific ocean. Handbook, San Francisco. 1944.
18. Fleming R. Review of the oceanography of the Northern Pacific, Internat. North. Pacific Fisheries Commission. Bull. № 2. 1955.
19. Fleming R. Notes concerning the halocline in the Northeastern Pacific ocean, Journal of marine research. V. 17. 1958. P. 158—173.
20. Goodman J. and Thompson T. Characteristics of the waters in sections from Dutch Harbor... University of Wash. Public. in oceanogr. V. 3. № 3. 1940.
21. Hollister H. Daily seawater observations of the Pacific Coast of Canada. Pacific oceanographic group. File № 7-1-3-1. October 15. 1953.
22. International North Pacific Fisheries Commission, Annual report for the year 1956—1959. Vancouver. Canada. 1957—1960.
23. McEwen G. and oth., Hydrographic sections and calculated currents in the Gulf of Alaska 1927—1928. Report of the Internat. Fish. Comm. № 4. 1930.
24. Oceanic observations of the Pacific 1949. Univers. of California Press. 1957.
25. Oceanic observations of the Pacific 1955. The Norpac data, Univers. of California Press. Univers. of Tokyo Press. 1960.
26. Oceanographic and Meteorological observations in the Northeast and Central North Pacific. Special scientific report... Fisheries. № 230. Wash. 1957.
27. Pattullo J. The seasonal variation in sea level at Pacific islands during the IGY. Preprints Internat. Oceanogr. Congr. Wash. 1959.
28. Pearson E., Holt G. Water quality and upwelling at Grays Harbor entrance, Limnol. and Oceanogr. V. 5. № 1. 1960.
29. Pickard G. and McLeod D. Seasonal variation of temperature and salinity of surface waters of the British Columbia coast. Journal of the Fisheries research board of Canada. V. 10. № 3. 1953.
30. Records of observations Scripps institution of oceanography. V. 1. № 2—4. 1943—1947.
31. Robinson M. Sea temperature in the Gulf of Alaska and in the Northeast Pacific ocean, 1941—1952. Bull. of the Scripps institution of oceanography. V. 7. № 1. 1957.

32. Stewart H. and oth. Recent increases in coastal water temperature and sea level—California to Alaska. U. S. coast and geodetic survey, Technical bull. № 3. Wash. 1958.
  33. Surface water temperatures at tide stations Pacific coast North and South America and Pacific oceans islands, Special publ. № 280, fifth edition, U. S. coast and geodetic survey. Wash. 1956.
  34. Sverdrup H. and oth. The oceans... New York. 1942.
  35. Tabata S. Characteristics of water and variations of salinity, temperature, and dissolved oxygen. Journal of the Fisheries research board of Canada. V. 17. № 3. 1960.
  36. Thompson T. and oth. Hydrographic sections and calculated currents in the Gulf of Alaska 1929. Report of the Internat. Fish. Comm. № 10. 1936.
  37. Tully J. Some relations between meteorology and coast gradient-currents of the Pacific coast of North America, Trans. American Geophysical union. 1938. P. 1.
  38. Tully J. Oceanography along the Canadian Pacific coast, Internat. North Pacific Fisheries Commission Bull. № 1. 1955.
  39. Tully J. and oth. An anomalous increase of temperature in the ocean of the Pacific Coast of Canada through 1957 and 1958. Journal of the Fisheries research board of Canada. V. 17. № 1. 1960.
  40. Tully J. and Barber F. An estuarine analogy in the Sub—Arctic Pacific Ocean, Journal of the Fisheries research board of Canada. V. 17. № 1. 1960.
  41. U. S. Navy Marine Climatic atlas of the World. V. 11. North Pacific ocean. Wash. 1956.
-