

Н.И. Евгенов

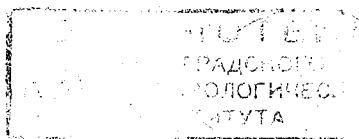
551.46

Е 14,

МОРСКИЕ ТЕЧЕНИЯ



2-ое издание



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД • 1957

129497

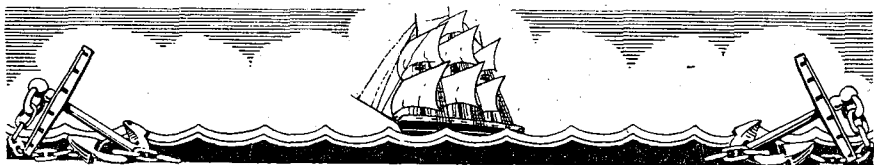
АННОТАЦИЯ

Настоящая брошюра предназначена для широкого круга читателей, интересующихся морем.

В ней излагаются общие сведения о морских течениях, их природе и значении. Дается представление о том, как изучаются течения и об общей схеме течений Мирового океана.

Брошюра не является учебным пособием и особой подготовки к ее чтению не требуется. Она может быть интересна и полезна для наблюдателей морских гидрометеорологических станций и экипажей судов как производящих океанографические исследования, так и транспортного флота.

Второе издание брошюры подверглось небольшой авторской переработке.



ВВЕДЕНИЕ

✓ Далеко не все ясно представляют себе те обширные передвижения мощных масс воды, которые происходят в океанах и морях и носят название морских течений. Более того, человек, не знакомый с океанографией, находясь в открытом море на борту корабля, даже не может сказать, идет ли корабль в зоне какого-либо течения, несет ли его течением и куда. Не всегда может сказать это даже опытный моряк, вооруженный техническими средствами современного кораблевождения. Иначе обстоит дело, когда корабль находится вблизи берега. В этом случае мореплаватель подобен путнику, плывущему по реке. Из наблюдений за положением корабля по отношению к приметным береговым пунктам обычно без труда можно установить, воздействует ли здесь на корабль какое-либо течение или нет.

✓ Велико в природе значение морских течений: они переносят тепло, энергию и содержащиеся в воде соли на огромные расстояния. Океанские и морские течения, тесно связанные с процессами, происходящими в атмосфере, исключительно важны в процессах жизнедеятельности Мирового океана и своим влиянием на климаты земного шара. Воды океанов и морей, поглощая в теплое время года огромные количества тепла, поступающие от Солнца (солнечная радиация), аккумулируют его и сохраняют на зимний, холодный период. Зимой они постепенно передают свои тепловые запасы в атмосферу. Это тепло уносится воздушными потоками далеко за пределы океанов и морей на обширные пространства материков.

В практике мореплавания морские течения являются фактором, исключительным по своему значению. Моряки отчетливо представляют себе важность учета течения при плавании. Они

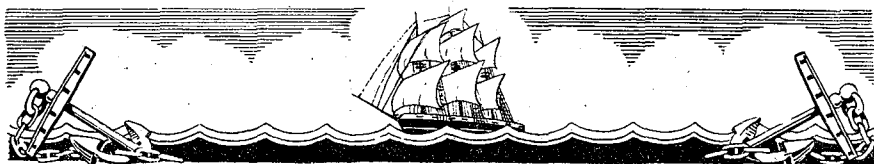
знают, что течение, будучи по своему направлению¹ противоположным пути корабля, тормозит его движение и, наоборот, будучи попутным, помогает ему скорее достигнуть цели. Положение, когда течение или не точно известно или переменное и зависит от случайных причин, весьма затрудняет расчет навигатора. Вот почему причины и характер течений не перестают интересовать мореплавателей.

¹ Направление течения определяется, как и направление ветра, по картшке компаса, окружность которой разбита на румбы и градусы. Разница заключается в том, что, как говорят моряки, направление ветра отмечается «в компас», а направление течения «из компаса».

Если, например, направление течения совпадает с направлением ветра и ветер дует от северо-востока (в компас), то течение идет (из компаса) на юго-запад и является юго-западным в отличие от северо-восточного ветра.

Скорость течения измеряется в узлах или морских милях в час, т. е. в мерах, с давних времен принятых у мореплавателей. При океанографических наблюдениях скорость течения обычно определяется в сантиметрах в секунду или в километрах в час. Для перевода одних мер в другие пользуются соотношениями:

1 узел = 51,5 см/сек; 1 см/сек = 0,02 узла, или приблизительно 0,04 км/час.



Глава I

ИЗ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ

МОРСКИЕ ПУТИ НАШИХ ПРЕДКОВ

О существовании морских течений люди знали еще в глубокой древности. Так, например, сведения о течениях в проливах — Керченском, Босфоре, Дарданеллах и Гибралтарском приводятся в трудах древних греческих ученых, начиная с Аристотеля (IV век до нашей эры). Безусловно и наши предки, смелые мореходы, еще в VI—VII веках нашей эры плававшие на своих ладьях не только в Черном море, но позднее и за его пределами, знали о морских течениях.

В древнерусских литературных источниках — в летописях — много места уделено так называемой «Повести временных лет», дошедшей до нас в редакции начала XII века. В Повести приводятся сведения о многих исторических событиях на Руси, даются географические представления, в том числе и о так называемом «пути из варяг в греки».

Под этим названием в летописи подразумевался внутренний речной путь из Балтийского моря в Черное. Но в Повести довольно подробно описан и другой (морской) вариант пути, известный русским, а именно путь, связывавший древний Новгород с далеким югом, с Византией, через моря, омывающие Европу с запада: ¹ «Путь из варяг в греки и из грек по Днепру и в верховье Днепра волок до Ловати, а по Ловати входят в Илмерь (Ильмень) озеро великое. Из него течет Волхов, втекающий в озеро Великое Нево (Ладожское); из того озера впадает устье в море Варяжское (Балтийское). По тому морю можно идти до Рима, а от Рима можно прийти по тому морю к Царьграду. От него можно прийти в Понт (Черное) море, в которое втекает Днепр река...» Подкрепляя это сведениями из других источников, в том числе и зарубежных, советские историки приходят

¹ «Летопись по Лаврентьевскому списку», стр. 6. Издание Археографической комиссии, СПб. 1872.

к выводу, что плавание русских по этому морскому пути происходило, видимо, с X или даже с IX по XII век.

Только нависшее над Русью с XIII века монголо-татарское иго, затронувшее и северо-западные ее области, ослабило позиции новгородцев на Балтийском море и вынудило их прекратить дальние плаванья.

Естественно, что если смелые русские люди успешно преодолевали немалые трудности дальних плаваний, то они, несомненно, должны были иметь и достаточные представления (по тому времени) о морских течениях на указанных морских путях. Недаром в нашем народном эпосе можно встретить такое образное выражение, как «океан-река», видимо, связанное с представлениями о текучести вод в океане.

В XI—XII веках из Северной Европы скандинавы-норманны плавали сперва в Исландию, затем в Гренландию и Северную Америку. Плаванья эти совершались на судах, близких по форме и размерам к русским ладьям.

Судя по названиям, которые норманны давали некоторым пунктам в Северо-Восточной Америке, к юго-западу от острова Ньюфаундленд, как например, остров Течений, залив Течений, мыс Течений, они уже были знакомы с течениями в море и, следовательно, в той или иной мере их учитывали.

Арабы, много плававшие по Средиземному морю и Индийскому океану между Египтом и Месопотамией, имели достаточное представление о муссонных течениях в океане и течениях вдоль восточных берегов Африки. Китайцы, изобретатели компаса, опытные мореплаватели, посещавшие многие районы Тихого и Индийского океанов, несомненно были знакомы с движением морских вод и учитывали его практическое значение.

Европейцы, выйдя на широкие просторы Атлантического океана скоро узнали о существовании в нем мощных течений.

Христофор Колумб в конце XV века, во время первого своего путешествия в Америку, открыл Северное пассатное течение в Атлантическом океане и определил его направление. Позднее ему удалось произвести еще некоторые наблюдения как над другими течениями, так и над ветрами в посещенной им области океана. Колумб открыл наивыгоднейший в отношении гидрометеорологических условий путь в Америку и обратно.¹ Наблюдения над режимом ветров и течений показали ему, что по выходе из Испании нужно сперва спуститься к югу и только затем в зоне северо-восточного пассата следовать в западном направлении. Возвращаясь обратно в Европу, Колумб избрал более северный маршрут (в широте 35—40°), лежащий в зоне западных ветров.

¹ Б. П. Мультановский. «Плаванья Колумба в Америку и их географическое значение». Записки по гидрографии, т. 48, Ленинград, 1924.

Во втором десятилетии XVI века испанцы обнаружили около полуострова Флорида течение такой силы, что, несмотря на значительный попутный ветер, «их корабль относил обратно». Это было первое знакомство европейцев с Гольфстримом. Вскоре было установлено, что течение это не местное, а наблюдается на весьма значительном протяжении. Однако долгое время все сведения об этом замечательном течении являлись профессиональной тайной испанских мореплавателей.

К середине XVI века европейцы открыли почти все главные течения Атлантического океана и частично Индийского.

РАННИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРИЧИНАХ ТЕЧЕНИЙ

Обозначения течений на морских картах появились в XVI веке, но только в отдельных, опасных для плавания районах, например в области сильных течений среди Лафотенских островов (Мальстрем, см. ниже) и т. п. Несколько позднее появились первые книги с описаниями и рассуждениями о морских течениях. Описания этого явления в большинстве случаев были довольно правдоподобны, однако высказывания о причинах течений весьма предположительны.

Первая общая сводная карта главных морских течений в океанах была опубликована в Голландии, в середине XVII века (1655 г.). Она представляла собой заметный шаг вперед, обобщая тогдашние представления о водных потоках в Мировом океане, но в то же время свидетельствовала о явной еще недостаточности и малой достоверности сведений о них. Одна из выпущенных в то время карт — схема течений в Северном Ледовитом океане — была явно фантастической. Автор ее предполагал, что морские воды заглатываются громадным жерлом, существующим в районе Северного полюса, затем проходят неизвестными путями через ядро Земли и вновь выходят на ее поверхность на Южном полюсе. Так автор пытался объяснить причину круговорота вод Мирового океана.

Характерно, что на картах течений XVII века почти не приводилось данных о скорости течений, о их физической природе и границах.

СУДОВЫЕ ЖУРНАЛЫ — СВОДКИ ПЕРВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ТЕЧЕНИЯМИ В МОРЕ

Материалами для изучения течений долгое время являлись наблюдения моряков-судоводителей, которые были заинтересованы в них не только из-за любознательности, но и в силу прямой необходимости.

Дошедшие до нас вахтенные журналы XVI—XVII веков и начала XVIII века указывают на большую наблюдательность мореплавателей той эпохи и на тщательность записей виденного.

Плавающие по воде разного рода предметы, полосы оторванных водорослей (морской травы), морская пена, взмыленная при встрече двух разных течений, давали опытному глазу моряка возможность не только установить наличие, но и определить направление, а иногда даже скорость течения. Множество подобного рода указаний можно найти и в рукописных лопциях русских поморов, с давних времен бороздивших воды морей нашего севера. Это были переходившие по наследству из поколения в поколение своеобразные пособия для плавания, в частности, в Белом и Баренцевом морях.

ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ. ВЫДАЮЩАЯСЯ РОЛЬ НАШИХ КРУГОСВЕТНЫХ МОРЕПЛАВАТЕЛЕЙ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКА В ИЗУЧЕНИИ ТЕЧЕНИЙ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

Первые сведения о специальных наблюдениях над течениями в отечественных морях относятся к первой половине XVIII века, ко времени героических работ Великой северной экспедиции (1734-1743 гг.), производившихся лейтенантами Харитоном и Дмитрием Лаптевыми, Прончищевым, Скуратовым, Малыгиным, Овцыным, штурманом Мининым и др. В особенности плодотворны были работы Харитона Лаптева, давшего первую сводку по физической географии сибирских морей, в частности, моря, получившего в советское время название моря Лаптевых.

Первая правильная схема течений, существующих в Полярном бассейне Ледовитого океана, была составлена и опубликована гениальным русским ученым М. В. Ломоносовым (1763 г.). Он же настойчиво указывал на необходимость снаряжения экспедиции для изучения условий плавания «Сибирским океаном». Такая экспедиция и была организована в 1765—1766 гг. под начальством В. Чичагова. В инструкции, составленной для нее Ломоносовым, говорилось о необходимости наблюдений для изучения приливных течений, имеющих важное значение для решения практических задач мореплавания.

Усовершенствования в области мореходной астрономии и особенно изобретение в 1767 г. хронометра, столь важного для определения долготы, много способствовали изучению течений. Появилась возможность определять не только направление, но и скорость течения, применяя так называемый навигационный способ измерения течения, о котором мы окажем ниже.

К этому же времени (1770 г.) относится и одна из самых первых попыток научного изучения течения Гольфстрима. В. Франклин, ученый и прогрессивный деятель, бывший в это время директором почт США, обратил внимание на то, что почта, доставлявшаяся на пакетботах¹ из Англии (Фальмута) в Нью-Йорк, находилась в пути на две недели больше, чем грузы

¹ Так назывались в те времена почтово-пассажирские суда.

на коммерческих судах, ходивших из Лондона в Нью-Порт (несколько восточнее Нью-Йорка). Причиной этого являлось то, что судами, перевозившими почту, командовали английские мо-

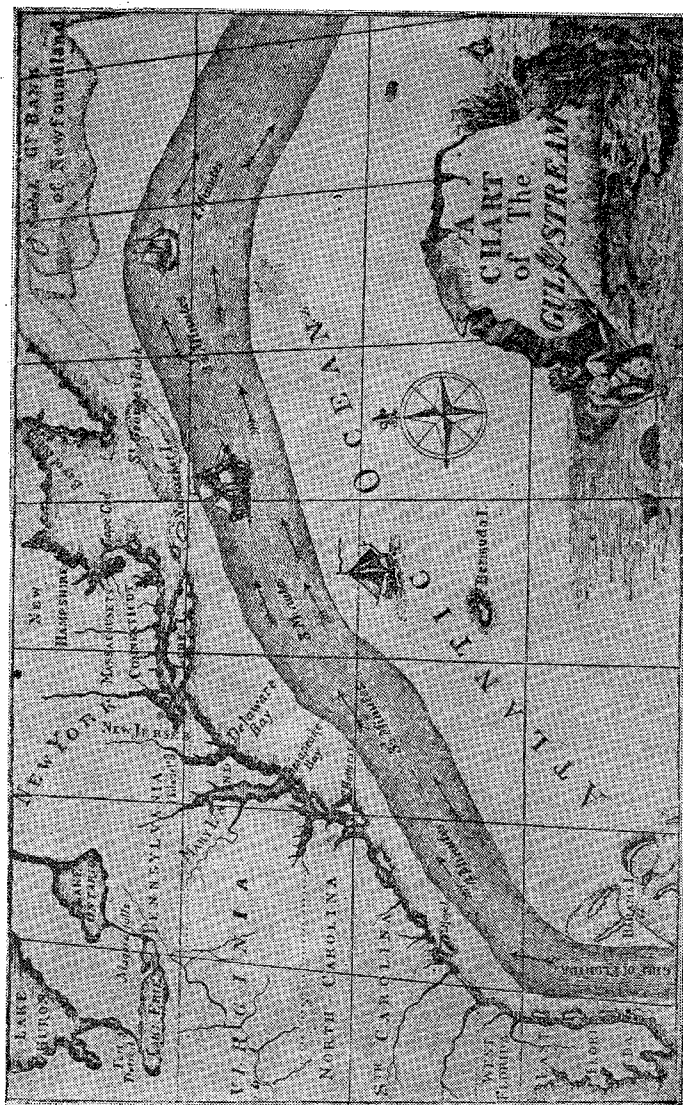


Рис. 1. Первая карта Гольфстрима (1770 г.).

ряки, незнакомые с Северо-Атлантическим течением — продолжением Гольфстрима, а капитанами торговых судов были американцы, хорошо знавшие эти течения благодаря своим плаваниям у восточных берегов Северной Америки. По настоянию

Франклина моряки начали производить во время своих рейсов регулярные наблюдения над течениями. Это дало возможность Франклину составить первую научно-обоснованную схему Гольфстрима и Северо-Атлантического течения (рис. 1).

Многочисленные и ценные наблюдения над течениями в морях и океанах были выполнены русскими моряками во время кругосветных плаваний, совершенных в первой половине XIX века.

О том, какое значение придавалось ими изучению морских течений, ярко свидетельствуют приводимые ниже строки из сочи-

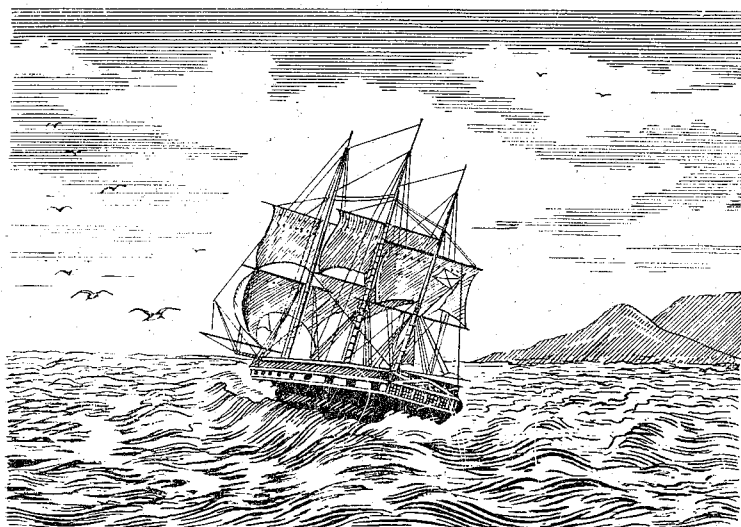


Рис. 2. Шлюп „Надежда“ экспедиции Крузенштерна.

нения первого русского кругосветного мореплавателя И. Ф. Крузенштерна: «Путешествие вокруг света в 1803, 1804, 1805, 1806 годах на кораблях «Надежде» и «Неве» (рис. 2).

В третьей части этого труда, посвященной научным результатам плавания, автор знакомит читателя с рядом таблиц «суточного счисления корабля «Надежда» с показанием астрономических, метеорологических и морских наблюдений». В этом ценном документе помещены поденные данные счисления пути, проходимого кораблем под парусами в открытом море, за все три года его плавания. Здесь же перечисляются пункты астрономических обсерваций (определений) действительного места корабля, производившихся почти каждые сутки. Но особенно важно то, что одновременно в таблицах даются величины течений, вычисленных из наблюдений.

Третья же глава этой части посвящена специально наблюдениям над течениями, их обобщению и выводам. Весьма инте-

ресно, что автор начинает эту главу словами: «Познание течения моря столь важно для мореплавания, что мореходец должен поставить себе обязанностью производить над оным наблюдения во всякое время с возможной точностью».

Из описания методики наблюдений ясно, что этого принципа сам Крузенштерн полностью придерживался. Наблюдения производились с величайшей тщательностью. Наблюдения, выполненные на «Надежде», несмотря на то, что после их производства прошло уже полтора столетия, и по сей день не утратили своего выдающегося научного значения. Произведенные в Государственном океанографическом институте проф. Л. Ф. Рудовицем сравнения данных, полученных Крузенштерном для ряда областей Мирового океана, с современными картами второго тома Морского атласа (изд. 1953 г.) показало их изумительное подобие.

Во время плавания на «Надежде» Крузенштерном было открыто Восточно-Сахалинское течение в Охотском море, уточнена величина скорости мощного течения у мыса Игольного (юго-восточное побережье Африки) и т. п. Одним из первых он произвел наблюдения (1804 г.) над течением Куро-Сию.

Несколько позднее Ф. Литке на «Сенявине» обнаружил Экваториальное противотечение в западной части Тихого океана. Замечательные наблюдения над течениями были выполнены В. М. Головиным при плавании на «Диане», О. Е. Коцебу и физиком Э. Х. Ленцом на «Предприятии», Ф. Ф. Беллинсгаузеном и М. П. Лазаревым на «Востоке» и «Мирном» в Антарктике и многими другими. Заметки Беллинсгаузена об условиях плавания того времени представляют научный интерес не только для области Антарктики.¹ Приведем в качестве примера заметку о плавании в тропической области Атлантического океана и условиях перехода через штилевую зону в районе экватора: «7 октября (1819 г.) начались штили и маловетрие, обычно близ экватора встречаемые. В полдень мы находились в широте 7°14' сев., долготы 22°11' зап. Течение нас увлекло к северо-западу... 8 октября. По наступлении штилей мы весьма медленно шли вперед. В полдень 8-го находились в широте 5°32' сев., долготы 20°53' зап... 13 октября. Ветер часто переменялся от ЮВ к Ю. Шли дожди, от юга шла большая зыбь, что предвещало скорое наступление южного пассата...

В продолжение штилей мы имели течение с разных сторон, из чего видна неправильность оного, происходящего от ветров, господствующих неподалеку сего места по причине направления африканского берега, который был самый близкий к нам и от неровностей морского дна... 14 октября в полдень, когда мы достигли широты 3°10' сев., долготы 19°19' зап., штили и пере-

¹ Ф. Ф. Беллинсгаузен. «Двукратные изыскания в Южном Ледовитом океане и плавание вокруг света в продолжение 1819, 1820 и 1821 гг. на шлюпах «Восток» и «Мирный», ч. 2, 1831 г.

менные ветры кончились, начался тихий южный ветер, по мере приближения нашего к экватору постепенно увеличивался и уходил к востоку.

Из северного пассатного ветра мы вышли в широте $7^{\circ}14'$ сев. Южный же (пассат) встретили в широте $3^{\circ}10'$ сев.; следовательно, линия равновесия¹ температуры воздуха обоих полушарий была тогда в широте $5^{\circ}12'$ сев.

Когда Крузенштерн проходил вдоль сего же места, равновесие температуры было в широте $4^{\circ}45'$ сев., а у Головнина на «Диане» — $4^{\circ}01'$ сев..

Из приведенного видно, какое большое значение наши первые кругосветные мореплаватели, плававшие на парусных кораблях, придавали наблюдению течений и ветров, в частности, в тропической зоне океана. Особенно важным представлялось им определение положения северной и южной границ штилевой полосы в районе экватора. Только благодаря трудам подобных вдумчивых исследователей и их многочисленным наблюдениям в разные сезоны и годы стало возможным установить в дальнейшем средние границы штилевой полосы и определить наиболее удобное место для ее перехода.

Интересно высказывание по этому вопросу нашего знаменитого географа и климатолога А. И. Воейкова, помещенное в его классическом труде «Климаты земного шара», переизданном в 1948 г. Академией наук (Избранные сочинения, т. I).²

Воейков обращает внимание на то, что температура воды под 5° с. ш. (в Атлантическом океане — *авт.*) выше, чем на экваторе и пишет: «Широту 5° сев. можно назвать метеорологическим экватором... под этой широтой в среднем за год и температура воздуха выше; здесь же (расположены) средние области затишья между обоими пассатами. Это положение раздельного пояса между ветрами обоих полушарий объясняет и более высокую температуру поверхности моря и нижнего слоя воздуха».

Рассматривая далее климатические карты тропического Атлантического океана, Воейков находит в них подтверждение сказанному, подчеркивая, что «раздельной чертой в Атлантическом океане нужно считать 5° северной широты, а не экватор».

Определение Беллинсгаузена, высказанное еще в 1818 г. о линии равновесия температуры, полученной им в широте $5^{\circ}12'$ сев., удивительно совпадает с формулировкой Воейкова и может быть отнесено к географическим открытиям, имеющим большое значение для познания гидрометеорологического режима Атлантического океана.

Нельзя также не отметить весьма обстоятельные наблюдения над морскими течениями и высказывания о их классификации и

¹ Линией равновесия температуры, о которой упоминает Беллинсгаузен, является линия, разделяющая штилевую зону между областями северо-восточного и юго-восточного пассатов.

² Первое издание этого труда относится к 1884 г.

причинах, помещенные в трудах О. Е. Коцебу,¹ крайне важные и обстоятельные исследования течений на Азовском и Черном морях известного гидрографа Е. П. Манганари, на Белом море и у берегов Мурмана — М. Ф. Рейнеке — личного друга адмирала П. С. Нахимова и моряков-декабристов Бестужевых.

ПЕРВЫЕ КАРТЫ ВЕТРОВ И ТЕЧЕНИЙ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Материалы по наблюдениям над течениями и ветрами, собранные моряками разных стран, среди которых русские мореплаватели были одними из наиболее выдающихся, достигли в середине XIX века обширных размеров. Их удалось систематизировать и обобщить ученому моряку американцу Мори. Результаты наблюдений, произведенных судами над ветрами и течениями, были нанесены им на карты, разделенные на квадраты (в 5° длиной и шириной).² В пределах каждого квадрата данные были осреднены по месяцам года. В итоге Мори построил несколько обобщенных карт ветров и течений, которые были изданы в труде «Исследования и морские руководства для плавания». Карты эти получили широкое распространение среди моряков и имели положительное значение для мореплавания, особенно для парусных кораблей. Отмечают, что вскоре после применения этих карт на практике продолжительность плавания на дальних океанских переходах сократилась на переходе Нью-Йорк — Калифорния (вокруг мыса Горн) в среднем на 45 суток, а на переходе Нью-Йорк — Австралия — на 20 суток.

Во второй половине XIX столетия среди моряков были широко известны «гонки» парусных клиперов, возивших чай из Китая в Западную Европу. Корабли эти имели прекрасные обводы³, большую парусность и замечательный ход. Специфика груза, для которого они предназначались, требовала идеальной чистоты, что обычно трудно достигается на паровых судах, и значительной скорости хода.

В рекордных сроках перехода с Дальнего Востока вокруг мыса Доброй Надежды были заинтересованы как владельцы, так

¹ Еще юношей О. Е. Коцебу принимал участие в плавании Крузенштерна на «Надежде», а затем совершил два самостоятельных кругосветных плавания на кораблях «Рюрик» (1815—1818) и «Предприятие» (1823—1826). Созданная на «Предприятии» обстановка для исследовательских работ много способствовала успешной деятельности его замечательного спутника Э. Х. Ленца, об океанографических работах которого С. О. Макаров отзывался так: «Наблюдения Ленца не только первые в хронологическом отношении, но первые и в качественном, и я ставлю их выше своих наблюдений и выше наблюдений «Челленджера» (известная английская экспедиция, 1873—1876).

² Градус в данном случае — единица измерения дуг меридиана и параллели.

³ Обводы — очертания корпуса судна.

и экипажи судов, получавшие при удаче большие премии. Но выиграть первенство было делом нелегким. Недостаточно было мастерства в управлении парусами, капитаны должны были хорошо знать гидрометеорологические условия на всем длинном и продолжительном (более 100 суток) пути. А условия эти были сложные: мощные течения, изменчивые погоды, возможность встретить наряду со штилями страшные тайфуны западной части Тихого океана и грозные ураганы Индийского океана.

Неизменными советчиками и руководителями даже для опытных капитанов являлись карты ветров и течений в океанах. Мори, их составитель, справедливо указывает, что карты эти «развертывают перед мореплавателями пути тысяч кораблей, прежде него совершивших плавание... они дают ему опыт и наблюдения каждого капитана над ветрами и морскими течениями, над температурой океана и отклонениями магнитной стрелки. Все это он может окинуть одним взглядом, и вместо того, чтобы блуждать ощупью до тех пор, пока не озарит его свет собственной опытности, иногда купленной очень дорогой ценой, он смело пускается в путь, руководимый опытом тысяч мореплавателей».

Русские моряки во время дальних плаваний широко пользовались этими картами. В прекрасно написанной повести К. М. Станюковича «Вокруг света на «Коршуне», в которой он использовал впечатления от своего первого дальнего плавания на корвете «Калевала» в начале 60-х годов прошлого столетия, приводится характерный диалог между капитаном и старшим штурманом корвета, направляющегося на юг через тропическую зону Атлантического океана. Старший штурман высказал опасение, как бы «Коршун» не встретил на своем пути у экватора широкую штилевую полосу. В ответ на это капитан указал, что корвет, руководствуясь картами Мори (К. М. Станюкович в сноске поясняет, кто такой Мори), пересечет экватор в том месте, где штилевая полоса в данном месяце наиболее узка: «Пробежим ее под парами, получим пассат южных тропиков и с ним спустимся как можно ниже, чтобы подняться в Индийский океан с попутным зюйд-вестом». Старый штурман согласился со своим собеседником, вспомнив, что, когда он «ходил на «Забияке», то мы тоже низко спускались, льды встречали, зато, что прогадали на спуске,¹ с лихвой выиграли при подъеме, имея почти постоянно бакштаг² до Индийского океана».

Так же рассуждали и капитаны «чайных» клиперов во время своих гонок. Подходя, скажем, с востока к южной оконечности Африки, если ветер в этом содействовал, они старались попасть в струи Мозамбикского течения, идущего вдоль юго-восточных ее побережий к югу, или в продолжение этого течения — течение

¹ «На спуске» — к югу, «при подъеме» — к северу.

² Бакштаг — направление ветра, близкое к попутному.

Мыса Игольного — для них часто попутных, учитывая при этом время года. Далее, обогнув мыс Доброй Надежды, они стремились, считаясь, конечно, с метеорологической обстановкой, войти в струю холодного Бенгельского течения, направляющегося с юга на север вдоль западных берегов Африки, рассчитывая в дальнейшем пересечь экватор в наиболее выгодном месте.

Мы умышленно остановились на описании плаваний «чайных» клиперов, чтобы подчеркнуть, что и в практическом отношении изучение и использование течений в большинстве случаев неотделимо от наблюдений и учета ветров, более того, — от изучения физических явлений в море во всем их комплексе.

Во второй половине XIX века начались плавания судов, специально осуществлявших океанографические работы в прибрежных морях, а также был предпринят ряд океанографических экспедиций и исследований в океанах. В них важным элементом входило изучение течений. Ряд русских экспедиций и исследователей работали в начале XX века по изучению Баренцева, Балтийского, Черного, Азовского, Каспийского, Мраморного, Белого и дальневосточных морей. Руководителями их были такие замечательные деятели океанографии, как С. О. Макаров, И. Б. Шпиндлер, Н. М. Книпович, М. Е. Жданко, Ю. М. Шокальский, А. И. Вилькицкий, Н. Н. Матусевич, Б. В. Давыдов и др.

Значительные исследования были выполнены также полярной гидрографической экспедицией на судах «Таймыр» и «Вайгач», известной своими крупными географическими открытиями в морях Карском и Восточно-Сибирском (1911—1915 гг.).¹

Особенно крупные систематические работы были развернуты в отечественных морях после Великой Октябрьской социалистической революции.

Глава II

КЛАССИФИКАЦИЯ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ

ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ТЕЧЕНИЙ ПО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИЛИ ПО УСТОЙЧИВОСТИ

Рассмотрение морских течений и их сущности начинают обычно с изложения классификации течений, т. е. с их разделения на группы по тем или иным признакам. Приводимая нами классификация не претендует на строгое научное обоснование, однако она близка к принимаемым рядом авторов.

(Одной из существенных характеристик морских течений, имеющих важное значение для мореплавания, являются их продол-

¹ В работах этой экспедиции принимал участие автор настоящей книги Н. И. Евгенов. На нем, кроме обязанностей навигатора и гидрографа, лежало также выполнение гидрометеорологических, а во время зимовки, и аэрологических наблюдений, производившихся впервые в полярной зоне Сибири (Ред.).

жительность и устойчивость. По этому признаку течения можно подразделять на постоянные, периодические и временные.

Постоянными течениями называются такие течения, которые со времени их открытия и по теперешний день в определенных областях моря имеют в среднем одно и то же направление и скорость.¹ Постоянные течения в океанах отличаются обычно большими размерами (длиной и мощностью) и, кроме того, сравнительно устойчивы. Так, например, одно из типичных постоянных океанических течений — Северное пассатное течение Тихого океана, пересекающее его в наиболее широкой области тропиков — от Центральной Америки до Филиппинских островов, имеет протяжение около 14 300 км. Это течение почти в три раза длиннее одной из величайших рек мира — Оби, имеющей протяжение около 5200 км. Указанное течение охватывает слой воды мощностью примерно в 200—300 м вглубь от поверхности. Объем переносимых им вод в центральной части океана равен, по ориентировочным подсчетам, около 30 млн. м³/сек. Цифра эта во много раз превосходит количество воды, переносимой любой из многоводнейших рек мира.

Нужно отметить, что названная цифра не относится к наибольшим величинам расхода вод в морских течениях. Так, считают, что в системе мощного течения Гольфстрим у берегов Америки количество переносимых вод почти в 2³/₄ раза больше, чем в Северном пассатном течении Тихого океана.

К периодическим течениям в первую очередь относятся течения приливо-отливного происхождения, имеющие короткий период, равный суткам или полусуткам.

Яркими представителями могучих океанических течений весьма длинного периода (величиной до полугода) являются муссонные течения Индийского океана, вызываемые муссонами² — ветрами, свойственными северной части этого океана. Зимой муссоны дуют от северо-востока с охлаждающей суши на более теплый океан; летом, наоборот, от юго-запада с относительно более холодного океана на нагретый материк, достигая тогда особенно значительной силы. Соответственно меняют свое направление и скорости течения северной части Индийского океана.

Временные течения, как показывает их наименование, обязаны своим существованием случайным обстоятельствам —

¹ Конечно, определение это довольно условно и относится главным образом к мощности и положению течений в многолетнем среднем.

Последними исследованиями течений системы Гольфстрима установлены, например, периодические перемещения оси этого течения в районе северо-восточного побережья Северной Америки, изменения в количестве вод Северо-Атлантического течения (по месяцам и годам), проходящих через Фарерско-Шетландский канал и т. д.

² Муссон — слово арабского происхождения, означающее «сезон».

129497

сильному ветру или другим факторам, о которых мы скажем дальше. Течения эти могут достигать нередко значительных скоростей, но обычно бывают малопродолжительными. Иногда их называют «случайными».

ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ ТЕЧЕНИЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ. ВЕТРОВЫЕ И ДРЕЙФОВЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Весьма интересно разделение течений по их происхождению. К числу самых распространенных в океане течений следует отнести ветровые или дрейфовые, возникающие в основном от трения дующего ветра о водную поверхность, от давления его на последнюю.

Ветровые течения возникают, конечно, не мгновенно. Протекает известный промежуток времени между началом ветра и началом ветрового течения. Величина промежутка обуславливается в значительной степени силой и устойчивостью ветра.

Под дрейфовыми подразумеваются те же ветровые течения, но только установившиеся в результате продолжительного воздействия ветра приблизительно одного направления. Некоторые дрейфовые течения переходят в постоянные. К дрейфовым относятся, например, Северное и Южное пассатные¹ течения, вызываемые пассатами — ровными и постоянными по направлению ветрами, дующими в тропических зонах океанов из областей высокого атмосферного давления в экваториальную зону пониженного давления. Ветры эти имеют северо-восточное направление в северном и юго-восточное в южном полушариях.

Муссонные течения Индийского океана также относятся к числу дрейфовых.

В сравнительно высоких широтах южного полушария существует непрерывное кольцо постоянных восточных течений, опоясывающее земной шар в полосе между 40—55° ю. ш., а местами и несколько южнее. Этот могучий поток обусловлен преобладанием в этой области Мирового океана постоянных свежих, нередко переходящих в штормовые, западных ветров. Недалеко у мореплавателей указанная область известна под наименованием «ревущие сороковые» параллели. Это дрейфовое течение называется течением Западных ветров.

¹ Ю. М. Шокальский называл их «экваториальными» или «пассатными» (см. «Океанография» стр. 133, изд. 1917 г.). «По обеим сторонам экватора с востока на запад идут экваториальные или пассатные течения».

В упомянутом выше Морском атласе (т. II, физико-географический) эти течения называются Северными пассатными (экваториальными) и Южными пассатными (экваториальными) течениями. Мы придерживаемся наименования «пассатные», как более отвечающего существу этих течений.

ПЛОТНОСТНЫЕ (ГРАДИЕНТНЫЕ И БАРОГРАДИЕНТНЫЕ) ТЕЧЕНИЯ

Плотностные,¹ или градиентные, течения имеют своим источником разность гидростатического давления на одних и тех же глубинах, начиная с поверхности. Плотность воды, как известно, зависит от ее температуры и солёности. Чем холоднее и солонее вода, тем больше ее плотность. Поэтому плотность воды в океане, как правило, увеличивается от экватора к полюсам, т. е. с переходом к более холодным зонам. На каждой уровенной поверхности, лежащей ниже поверхности моря, гидростатическое давление в северных и южных широтах должно по сравнению с экваториальной областью быть большим. Вследствие этого возникает медленное движение вод на глубинах от высоких широт к экватору.

Подобное движение способствует образованию поверхностного компенсационного течения в обратном направлении, т. е. от низких географических широт к более высоким.

Следует подчеркнуть, что вообще распределение плотности вод, часто меняющееся в результате неравномерных изменений их температуры и солёности, создающееся в результате горизонтальных плоскостных градиентов² и вызывающее изменение уровня, наряду с ветром является одной из важнейших основных причин морских течений.

Бароградиентные течения связаны, как это показывает их наименование, с изменением атмосферного или барического давления над поверхностью океана или моря. Изменения эти определяются величиной градиента давления на пути от одной барической области к другой. В той части моря, над которой возникает область повышенного атмосферного давления, соответственно создается понижение морского уровня. Поднятие же последнего, наоборот, есть результат понижения давления атмосферы. Разность уровней и является причиной бароградиентных течений, а их скорость обусловлена величиной градиента давления.

ПРИЛИВО-ОТЛИВНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Особое место в классификации морских течений занимают приливо-отливные переносы вод, создающиеся в результате колебаний уровня, обусловленных силами лунно-солнечного притяжения. Ясно, что без горизонтальных перемещений водных частиц не могли бы иметь место и периодические подъемы и

¹ Иногда плотностные течения называются «конвекционными». Последний термин применять правильнее только к явлениям вертикального перемещения вод.

² Градиент — мера возрастания или убывания какой-либо физической величины при перемещении на единицу расстояния (длины).

опускания уровня моря. Если в одном из районов моря уровень его поднимается, то это происходит за счет понижения уровня в других районах.

Период приливо-отливных течений по сравнению с периодами муссонных течений Индийского океана весьма мал. Если период последних определяется в 5—6 месяцев, то период приливных¹ течений колеблется в зависимости от характера самого прилива (полусуточный ли он, т. е. имеет два подъема — прилива и два опускания — отлива в течение суток; или суточный — по одному приливу и отливу за сутки), т. е. в пределах времени от полусуток до суток, а нередко и меньше. Поэтому длина пути водных частиц, совершаемого ими за время одной приливной фазы и зависящего от продолжительности последней и от средней скорости течения, лежит обычно в пределах от нескольких морских миль (при слабом течении) до одного-двух десятков с лишним в одном направлении. Последнее относится к течениям, наблюдаемым в проливах, особенно в узких, в которых они сохраняют прямолинейное направление — вперед и обратно, т. е. имеют так называемый реверсивный характер. В отличие от этого в открытом море, хотя бы даже и неподалеку от берегов, наблюдаются вращающиеся течения. Изменение направления этих течений имеет круговой характер.

Скорость приливных течений меняется в зависимости от изменений в полумесячном ходе самого прилива. Когда величина последнего во время сизигий (т. е. во время полнолуния и новолуния, когда воздействие приливообразующих сил Луны и Солнца складываются вместе) достигает своего максимума, то и скорость течения соответственно больше. В квадратуры же (т. е. во время первой и третьей четверти Луны, когда приливообразующие силы Луны и Солнца вычитаются одна из другой) высота прилива бывает наименьшей, что вызывает и наименьшую скорость течения.

В отличие от течений, вызываемых ветром, в которых основная масса движущихся вод сосредоточивается в самых верхних слоях моря и движение только постепенно передается на глубину с большим уменьшением скорости, приливо-отливные течения, как следует из теории, должны охватывать всю толщу воды, вне зависимости от глубины.

Из наблюдений следует, что и в приливных течениях скорость с глубиной убывает, но несравненно медленнее, чем у других видов морских течений, о которых упоминалось выше. Это и обуславливает большую мощность приливных течений.

С практической точки зрения приливные течения необходимо всегда учитывать, особенно при плавании в прибрежной зоне и в узкостях, где эти течения достигают значительно большей скорости, чем в открытом море или океане. В открытом море при-

¹ Часто для сокращения обозначения «приливо-отливные» течения принимают обобщающее наименование «приливные течения».

ливные течения обычно мало заметны и, кроме того, еще мало изучены. Наличие более сильных течений в прибрежной части моря обусловлено, с одной стороны, большей величиной прилива¹ в заливах, бухтах, проливах, а с другой — зависит от объема воды, направляющейся с моря через поперечное сечение того или иного пролива или узкости. Скорость течений в отдельных наиболее суженных участках проливов нередко достигает 6—7 миль в час и даже больше, впрочем на непродолжительное время, охватывая собой почти всю толщу воды и нередко образуя в ней водовороты.

Из районов с очень сильными приливными течениями можно, например, отметить вход в Пенжинскую губу, в которой наблюдаются приливы, достигающие наибольшей высоты в Советском Союзе (свыше 13 м). Весьма сильные течения в узких проливах среди островов Алеутской гряды и у побережья Аляски, где они местами достигают исключительной скорости — до 10 и даже больше узлов (миль в час). Такие районы далеко не единичны.

В 1934 г., идя на ледоколе «Красин» из Европы через Панамский канал в Берингов пролив, мы наблюдали как наш мощный корабль, проходя одной из узкостей между островом Ванкувер и тихоокеанским берегом Канады, встретил сильное приливное течение.² Несмотря на то, что проход этого района по расчету не совпадал с максимальной скоростью приливного течения, ледокол некоторое время с трудом продвигался вперед. Вода местами бурлила и, стремительно неслась между берегами навстречу кораблю. Чтобы удержать корабль на фарватере капитану приходилось в дополнение к управлению рулем давать разные хода обоим бортовым машинам ледокола.

Обычный пароход или судно со слабым двигателем в подобных условиях не могло бы пройти эту узкость и ожидало бы уменьшения или перемены течения.

Течения приливного характера были известны еще древним. В «Одиссее» Гомера (VIII в. до н. э.) упоминается об опасном для плавания проливе, ныне называемом Мессинским, в котором у побережья Сицилии якобы обитала под водою фантастическая женщина Харибда, регулярно поглощавшая и изрыгавшая обратно воду, вследствие чего там возникал громадный водоворот. Для современных кораблей плавание в Мессинском проливе не представляет трудностей.³

Известен был и находящийся среди Лафотенских островов, на

¹ Амплитуда, или величина, прилива — разность высот его полных и малых вод.

² В узкости Сеймур, в наиболее узком ее месте ширина прохода для судов не более 2 кабельтовых (менее 400 м). Скорость же течения в узкости, по данным лоции, колеблется в пределах от 7 до 12 узлов. Период стояния уровня при полной воде продолжается весьма короткое время.

³ Нужно отметить, что приливо-отливные явления в Средиземном море вообще незначительны.

северо-западе Норвегии, водоворот Мальстрем, опасный для малых и слабых судов.¹

В Белом море, особенно в его Горле, преобладают течения приливо-отливного характера, достигающие значительной силы. Постоянные течения, существующие в Горле наряду с приливными, имеют по сравнению с ними меньшее значение. То же наблюдается и в некоторых других морях, расположенных в пределах материковой отмели, т. е. в пределах глубин меньше 200 м. Так, в Северном море, в его юго-западной и южной частях, при-

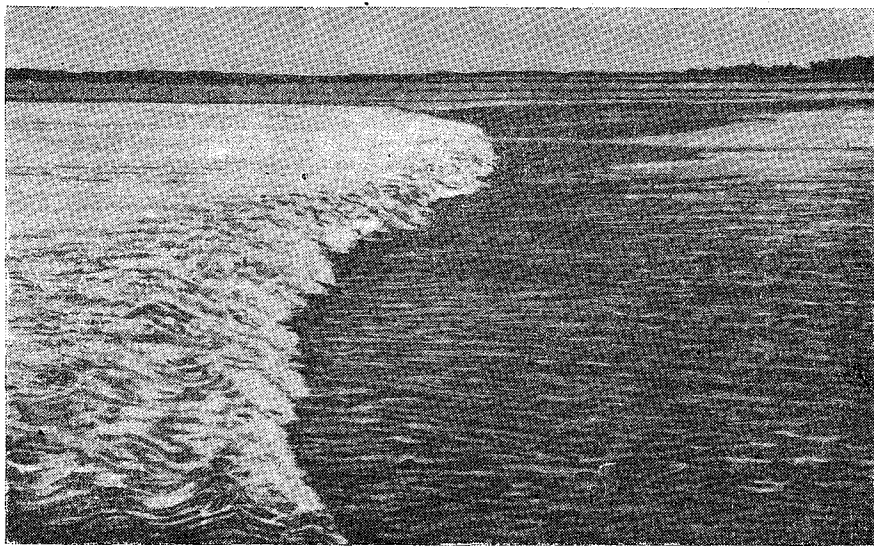


Рис. 3. Явление бора на одной из рек, впадающей в залив Фунди.

ливные течения считают определенно господствующим навигационным фактором.

Изучение приливных течений особенно там, где они достигают большой скорости, имеет исключительное значение для безопасности мореплавания. Горло Белого моря и вход в него с севера еще недавно имели дурную славу, как район частых кораблекрушений, особенно иностранных судов.

В 1910 г. автору пришлось впервые войти на корабле в Горло Белого моря с севера в условиях туманной погоды. Плавание было напряженным. Когда туман временно несколько поредел, мы увидели справа мрачный Терский берег, а возле него слабо вырисовывавшиеся корпуса двух иностранных пароходов,

¹ Это исключительное явление нашло отражение и в художественной литературе, в несколько мистическом освещении «Спуск в Мальстрем» Эдгара По.

врезающихся в прибрежную отмель на расстоянии нескольких миль друг от друга.

Предпринятое по постановлению советского правительства специальное исследование беломорских течений, выполнявшееся несколькими гидрографическими судами в течение ряда лет,¹ принесло весьма существенные результаты. На базе полученных материалов был построен Атлас течений, наличие которого заметно облегчило условия навигации. В итоге «кладбище кораблей» у Терского берега Горла сошло на нет.

Приливная волна нередко входит в устья рек, поднимаясь иногда на десятки и сотни километров вверх и создавая заметные приливные течения. В некоторых из них на отдельных участках, характерных сужением речных долин, фронтальная часть потока принимает иногда вид крутого высокого вала, как бы стеной идущего вверх по реке. Это так называемый «бор», или, у французов, «маскаре» (рис. 3). На реке Амазонке это явление называется «поророка».

Приливное течение не только останавливает обычное движение речного потока, но даже поворачивает его в обратную сторону. Течение в реке временами идет как бы в гору — вверх по уклону русла.

Смена обычного речного течения входящим с моря приливом на обратное в низовьях рек с большим движением судов имеет практическое значение. / Так, один из наших писателей-мариновиков красочно описывает, как он, находясь на борту русского корабля, стоявшего в устье реки Темзы среди большого количества разнообразных судов, преимущественно парусных, был очевидцем, как вдруг весь этот обширный «флот» одновременно снялся с якоря и тронулся вверх по Темзе к Лондону. «Прибылое» течение пересилило обычное течение в Темзе, повернуло его, этим воспользовались корабли, только и ожидавшие этого момента.

СТОЧНЫЕ И СТОКОВЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Часто встречаемым в природе видом течения является сточное (стоквое) течение. Течение образуется при увеличении количества поверхностных вод в том или ином районе моря, как, например, у берегов под действием нагонных ветров или в результате местного таяния льдов в тех или иных областях приполярных морей. Создающийся при этом наклон уровня в сторону более низкого его стояния и обуславливает возникновение сточного течения.

Таким образом, сточные течения стремятся выравнять нарушения в обычном среднем состоянии уровня. Явление подобного

¹ Суда эти входили в состав Северной гидрографической экспедиции Гидрографического управления Военно-Морских сил. Организовал и непосредственно руководил ее исследованиями выдающийся океанограф, гидрограф-геодезист Н. Н. Матусевич.

накопления вод происходит в районах морских заливов и бухт и вследствие увеличения водного стока впадающих в них крупных рек.

В отличие от сточных течений, связанных с временными нагонно-сгонными факторами, относящимися к явлениям переменного характера, течения, вызываемые стоком рек являются скорее постоянными.¹ Они изменяются только по своей интенсивности, зависящей от сезона, от характерных явлений стока. Так, например, величина материкового стока возрастает при весенних речных паводках, в период дождей и т. п. В зимнее время реки, протекающие в северных субполярных зонах, обычно резко уменьшают величину своего стока. В некоторых из них, например в реках Сибири (Яна, Индигирка), величина стока зимой падает почти до нуля.

О том, что речные воды, вторгаясь в море, играют нередко заметную роль в деле формирования того или иного движения морских вод, было известно еще нашим предкам. Так, например, в одном иностранном литературном источнике начала XVI века автор, информируя читателя о тогдашней России, приводит следующие слова русского посланника в Риме Дмитрия Герасимова: «Достаточно хорошо известно, что Двина, увлекая бесчисленные реки, несется в стремительном течении к северу, и что море там имеет такое огромное протяжение, что ... держась правого берега, оттуда можно добраться на кораблях до страны Китая».

Теперь мы хорошо знаем, что воды реки Северной Двины, впадающей в Двинской залив Белого моря, действительно дают начало морскому стоковому течению, направляющемуся вдоль восточных берегов моря в его Горло и далее к северу.

Воды реки Невы по выходе в море образуют течение, идущее вдоль северного побережья Финского залива на запад, к широкому просторам Балтики.

Пресные воды, вливаемые в большом количестве сибирскими реками в моря Северного Ледовитого океана, составляют одну из причин образования холодного и относительно малосоленого поверхностного течения, направленного к проходу между Гренландией и Шпицбергенем, вызывающего вместе с ветрами дрейф льдов в этом направлении и дальнейший вынос их на юг.

Знаменитый русский мореплаватель В. М. Головнин во время своего плавания на шлюпе «Диана», идя в 1808 г. из Бразилии на юг вдоль берегов Южной Америки, обнаружил в районе устья реки Ла-Плата полосу более мутной и светлой воды, чем обычно бывает в океане. На поверхности ее носились водоросли, сорванные морем с камней. Волнение было сильное и беспорядочное, «толчеей». Головнин объяснил это влиянием Ла-Платы, хотя корабль проходил в 150 морских милях от ее устья.

¹ Часто сточные и стоковые течения считают однозначными по своему значению, что следует иметь в виду.

Некоторые замечания С. О. Макарова, проходившего этот же район на корвете «Витязь» почти через 80 лет после Головнина, также подтверждают существенное влияние речного стока на воды океана. Измерения показали присутствие здесь глубинной холодной воды в ближайшем соседстве с поверхностью моря. Причину этого явления С. О. Макаров видел в воздействии стока реки Ла-Платы. По его мнению, огромное количество пресной воды, выносимое из реки, создает поверхностное течение, уносящее воду от берега и, как следствие, поднимаящее кверху охлажденную воду с глубины. По рассуждению С. О. Макарова, пресная вода вызывает течение не непосредственно, а через смещение с соленой водой. «Одна единица пресной воды, — говорит Макаров, — прибавленная даже к ста другим единицам соленой воды, образует смесь, которая все-таки по своему удельному весу значительно легче океанской воды и, следовательно, стремится к распространению по поверхности. Таким образом, река приводит в движение такое количество морской воды, которое в сто или более раз превосходит самую реку».¹

Конечно, воды столь мощной реки как Амазонка дают при входе их в океан еще больший эффект.

На дне некоторых наших морей, например полярных и дальневосточных, местами, как это видно по глубинам на морских картах, прослеживаются желоба или так называемые подводные долины, начинающиеся от устьев рек. Желоба эти часто совпадают с основными направлениями в море струй современных поверхностных потоков распресненных вод. Среди грунтов, покрывающих дно желобов, обычно преобладают осадки речного происхождения.

Подводные долины, пролегая в пределах мелководий, окаймляющих материки, нередко спускаются в виде подводных каньонов по материковому склону до зоны больших океанических глубин. Таковы, например, подводные продолжения долин рек Инда, Конго и других, тянущиеся до 2500 м и даже на еще большую глубину.

Здесь мы наблюдаем следы погружения суши прошлого со свойственным ей рельефом, что свидетельствует о том, что и в давно минувшие геологические периоды воды материкового стока проникали в моря Мирового океана.

ТЕЧЕНИЯ ПРИ СЕЙШАХ ИЛИ СЕЙШЕВЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Упомянем теперь об одном интересном, но еще не всюду достаточно изученном явлении в море, с которым связано также известное движение водных масс. Представим себе, что в одном из районов моря, относительно небольшом по размерам (в бухте или заливе это явление более заметно), в результате воздействия

¹ Макаров С. О. «Витязь и Тихий океан» т. I, ч. II, § 110. СПб, 1894.

ветра или изменения атмосферного давления происходит подъем или понижение уровня. Как только это явление, достигнув своего максимума, прекратится, то иногда наблюдается, что вода в своем стремлении вернуться в исходное положение равновесия начинает колебаться. Колебания эти подобны колебаниям воды в периодически покачиваемом сосуде. Когда уровень поднимается у одного из берегов водоема, то у противоположного берега произойдет его понижение, а через некоторый отрезок времени наблюдается обратная картина. Подобные колебания уровня вида стоячей волны называются «сейшам» (рис. 4) и происходят по обе стороны оси их колебаний — линии, называемой «узловой», на которой вертикальные подъемы и опускания отсутствуют. Сейши бывают одноузловые и двухузловые.

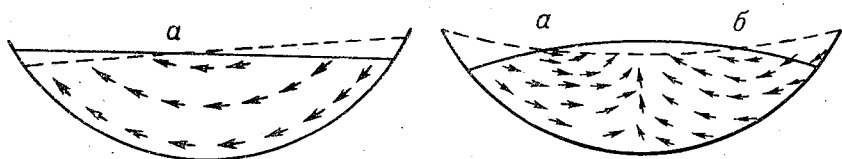


Рис. 4. Одноузловая и двухузловая сейши.

Период сейш в разных водоемах, а иногда даже в одном и том же не постоянен. Он бывает продолжительностью от секунд до нескольких часов, а в отдельных водоемах доходит до целых суток. Это зависит от размеров бассейна, конфигурации его берегов, глубины, а также величины и характера силы, вызывающей колебания уровня воды.

Естественно, что одновременно с колебаниями уровня, особенно если они значительны, наблюдается и соответствующее горизонтальное движение воды или течение. Такое временное течение мы условно назовем «течением при сейшах», или сейшевым, хотя в обычно принятой классификации течений такого термина ранее не существовало. Подобного рода движением вод можно иногда объяснить наблюдаемые и в бесприливных морях случаи образования как бы периодических течений, иногда направленных против ветра значительной силы.

ИНЕРЦИОННЫЕ, ИЛИ ВИХРЕВЫЕ, ТЕЧЕНИЯ

Следует упомянуть и о так называемых инерционных течениях, являющихся результатом инерции движения вод, созданного дувшим ранее, но быстро стихающим ветром. Течения эти были открыты, например, в Балтийском море всего около 30 лет тому назад. Они относятся к явлениям сравнительно редким и имеют местный непостоянный характер.

Инерционные течения представляют собой вращательные движения воды, описывающие незамкнутую циркуляцию по часовой

стрелке, которая одновременно перемещается в каком-либо определенном направлении (по пути дувшего ветра) и сходит постепенно на нет (рис. 5). Ветер другого направления быстро уничтожает инерционное течение. В случае дальнейшего ослабления и этого ветра создается уже новое вращательное движение воды. Средняя скорость наблюдавшихся инерционных течений 0,2—0,3 узла, диаметр циркуляции 3—4 км.] Явление это еще мало изучено.

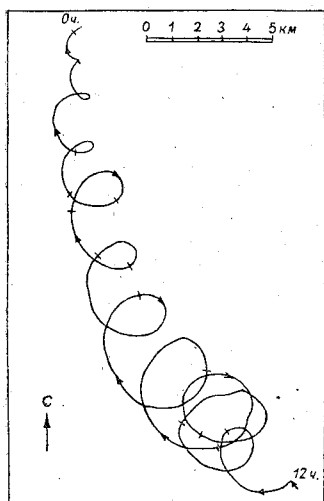


Рис. 5. Затухание инерционного течения, наблюдавшегося в Балтийском море к западу от острова Готланд с 12 ч. 17 августа по 0 часов 24 августа.

РАЗДЕЛЕНИЕ ТЕЧЕНИЙ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ИХ ДВИЖЕНИЯ

Если мы взглянем на карту поверхностных течений Мирового океана, то увидим по нанесенным на нее линиям или стрелкам, показывающим направление отдельных потоков, что прямолинейные струи течений встречаются сравнительно редко.

Прямолинейными являются, например, пассатные течения и течения в проливах и вдоль берегов, имеющих прямолинейные очертания.

Большинство течений образуют круговые циркуляции — циклонические, т. е. направленные в северном полушарии против движения часовой стрелки, или антициклонические — по часовой стрелке. В южном полушарии движение в циклонах и антициклонах направлено в противоположную сторону по сравнению с северным полушарием; течения в циклонической области идут по часовой стрелке, в антициклонической — против.

ВЛИЯНИЕ ОТКЛОНЯЮЩЕЙ СИЛЫ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ НА ДВИЖУЩИЕСЯ ВОДЫ

Выше мы перечислили главные причины возникновения морских течений: ветер, неравномерное распределение плотности воды, приливообразующие силы, изменения и разность атмосферного давления, вызывающие колебания уровня моря на больших пространствах, и т. д. Но как бы ни началось движение вод, в дальнейшем на них начинают воздействовать так называемые вторичные силы, из которых наиболее важной является отклоняющая сила вращения Земли. Абсолютная величина этой силы ничтожна — во много раз меньше силы тяжести, однако действие ее весьма существенно, так как оно пропорционально скорости

движущегося тела. Зависит она и от широты места, достигая максимального значения в районе Северного и Южного полюсов, а минимума (нуля) на экваторе. Сила эта перпендикулярна направлению движения и отклоняет течения в северном полушарии вправо от первоначального направления, а в южном — влево.

На существенное значение отклоняющей силы вращения Земли, или силы Кориолиса (по имени ученого, впервые объяснившего ее происхождение), было обращено внимание при изучении причин подмыва реками их правых берегов (в северном полушарии). Этот закон, по имени установившего его русского академика К. М. Бэра, носит название закона Бэра.

Первым океанографом, указавшим на влияние вращения Земли на направление течений, был С. О. Макаров. Он считал ее одной из главнейших причин круговоротов течений в морях.

Эта же сила, по его мнению, создает течения кругового характера и вокруг островов («Витязь» и Тихий океан», 1894 г.). Обратив серьезное внимание на этот вопрос, С. О. Макаров сделал важный вклад в дело теоретических исследований динамики моря.

Круговые, или окружные, течения огибают вкруговую заметные по величине острова и отдельные архипелаги, расположенные в море вдали от материка. По направлению движения эти течения относятся к антициклоническим.

Круговые течения особенно хорошо заметны в высоких широтах, что и понятно, если вспомнить, что сила, под влиянием которой они возникают, увеличивается в направлении от экватора к полюсам. Встречая на своем пути течения другого направления или совпадая местами с какой-либо ветвью течения иного характера, такое течение не всегда одинаково выражено.

Подобное, местами не резко выраженное, поверхностное круговое течение существует, например, вокруг островов Новой Земли. Течение, наблюдаемое в проливе Карские Ворота под Новоземельским берегом, идущее из Карского моря в Баренцево, является в сущности составной частью Новоземельского кругового течения. Под берегом острова Вайгач (в том же проливе) существует обратное движение вод.

Аналогичная картина имеет место во многих других проливах северного полушария. Это позволило известному океанологу Н. Н. Зубову предложить следующее простое правило для определения направления поверхностных течений в проливах, соединяющих два бассейна северного полушария: «Если стать поперек пролива и вытянуть правую руку вперед, а левую назад, то направления вытянутых рук покажут направления течений у соответствующих берегов».

Отклоняющая сила вращения Земли способствует также образованию восточного течения вдоль полярных берегов Евразии. Конечно, течение это не идет сплошным потоком, прерываясь в иных местах под влиянием других приводящих факторов.

Началом такого движения вод являются водные потоки материкового стока, отклоняющиеся после своего впадения в море преимущественно вправо.

Подобные течения наблюдаются и у полярных побережий Северной Америки, среди островов Канадского архипелага. Они также направлены в основном на восток. Отмечались случаи, когда суда, затертые в проливах льдами, выносились этими течениями в Баффинов залив.

В пределах Антарктики, вдоль суровых побережий Антарктиды, окаймленных мощным ледяным барьером и краями шельфовых ледников, отмечается течение, направленное к западу.¹ Это объясняется тем, что в южном полушарии отклоняющая сила вращения Земли направлена влево.

Однако не вполне ясно, что дает импульс этому течению. Рек, впадающих в море, здесь нет. Их только в малой степени заменяют талые воды ледников. Видимо, основную роль в создании этого в большинстве случаев не сильного течения играют ветры соответствующих румбов, обусловленные наличием полярного антициклона над сушей. Кроме того, течение это является в известной степени компенсационным потоком в отношении идущего севернее мощного дрейфового течения Западных ветров.

Отметим, что если какое-либо течение входит извне в морской бассейн, через который уже протекает другой водный поток противоположного направления, т. е. стремящийся в ту область океана, откуда идет первое течение, то эти течения по отношению друг к другу часто являются компенсационными. В отдельных случаях подобные течения могут быть сопряженными между собою, т. е. если одно из них усиливается или ослабевает, то и с другим происходит то же самое.

Окончательное решение вопроса о том, сопряжены ли течения или нет, требует в каждом конкретном случае специальных наблюдений и изучения. В качестве примера сопряженности течений можно привести с большой долей вероятности два течения в пределах Гренландского моря: холодное Восточно-Гренландское течение, направляющееся из Полярного бассейна вдоль Гренландии на юг, в Атлантический океан, и теплое — основная ветвь Северо-Атлантического течения, идущее из Атлантики на север вдоль берегов Скандинавии, а затем в большей своей части направляющееся западнее Шпицбергена в Полярный бассейн.

РАЗДЕЛЕНИЕ ТЕЧЕНИЙ ПО ИХ ФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ. ТЕПЛЫЕ И ХОЛОДНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Выше уже был перечислен ряд существенных показателей, определяющих различные типичные виды морских течений по их

¹ Совсем недавно (в 1950 г.) это было вновь подтверждено экспедиционным судном «Нореель», наблюдавшим много раз у границы материкового припая в Антарктике течение, направленное к западу; подобное наблюдали и на судне «Обь» Советской антарктической экспедиции (А. П. Морозов).

продолжительности и устойчивости, происхождению и разным другим признакам.

Однако мы еще не упоминали об элементарных, на первый взгляд, но весьма важных чисто физических характеристиках течений, о разделении течений на теплые и холодные. Это деление имеет наибольшее значение для климата земного шара и для жизни самого моря. Особенно важны с этой точки зрения теплые течения. Недаром А. И. Воейков образно назвал их «трубами водяного отопления земного шара».

Правда, прямое влияние теплых течений на климатические условия суши имеет место только в том случае, когда соответствующие ветры переносят согревающиеся над ними воздушные массы над материк. Течение Гольфстрим, столь обогревающее при господствующих западных и юго-западных ветрах значительную часть Европы, не оказывает почти никакого влияния на восточное побережье США, хотя и проходит неподалеку от него.

Подразделение течений по физическим (тепловым) признакам в известной степени условно. Считают, что если температура воды в течении заметно выше температуры окружающих вод, то течение это теплое, независимо от его собственной температуры. Если же температура воды в течении ниже окружающей, — течение будет отнесено к холодным. Для примера приведем Перуанское течение, проходящее вдоль тихоокеанских берегов Южной Америки на север. В районе Галапагосских островов, расположенных у экватора, оно имеет температуру воды (на поверхности) около 22° , но считается холодным, так как температура воды на поверхности в экваториальной зоне Мирового океана в среднем близка к $27-28^{\circ}$. С другой стороны, глубинное течение вод атлантического происхождения после их входа с юга в Полярный бассейн, температура которого около 2° и даже ниже, относится к числу теплых течений, так как выше и ниже его, по вертикали, располагаются слои с температурой ниже 0° .

Обычно холодные течения текут из тех областей моря, где поверхностные слои в этих районах несколько распреснены из-за большого количества атмосферных осадков и таяния льдов. Поэтому при дальнейшем следовании воды холодных течений имеют обычно пониженную соленость по сравнению с окружающими водами.

Теплые же поверхностные течения движутся из районов, в которых, наоборот, соленость повышена вследствие интенсивного испарения.

Характерно, что в летнее время при усиленном обычно испарении в теплых течениях соленость от поверхности в глубину уменьшается, а в холодных, наоборот, возрастает.

Известно, что вертикальная мощность теплых течений, как например Гольфстрим, доходит до $600-700$ м и даже выше, а холодных, как например Восточно-Гренландское, — только $150-200$ м. По мнению Н. Н. Зубова, меньшая вертикальная мощность

холодных течений, внедряющихся в теплые зоны, обусловлена повышением их температуры, что наряду с их меньшей соленостью создает большую устойчивость стратификации или напластования вод и затрудняет перемешивание.

ГЛУБИННЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Выше мы говорили преимущественно о тех течениях в морях и океанах, которые действуют на их поверхности, т. е. о поверхностных морских течениях. Многие из них охватывают, как мы видели, очень значительные по мощности слои океанских вод. Приливо-отливные течения там, где они явно выражены, несомненно охватывают всю толщу вод до дна. Охватывают ее, вероятно, и сейшевые течения.

Наряду с этим, как совершенно необходимое звено общей циркуляции океанских и морских вод существуют и самостоятельные глубинные течения. Хотя эти движения глубинных вод, если они происходят над самым ложем океана или моря, называют придонными течениями, происходят чрезвычайно медленно, но они имеют немаловажное значение в жизни всего Мирового океана и отдельных его частей (морей).

О течениях на больших глубинах океана мы знаем еще очень мало. О перемещении там водных масс мы судим не столько по непосредственным наблюдениям, которые единичны и из-за несовершенства техники еще не охватывают больших глубин, сколько по косвенным признакам. К ним относится распределение температуры, солености, донных грунтов и тому подобное.

Пробы грунта, полученные со значительной глубины одною из недавних океанографических экспедиций, показали, что придонные течения могут вызывать заметную эрозию (процесс размывания) на дне.

Ряд современных экспедиций, широко использующих подводное фотографирование, обнаружил на донных грунтах следы «ряби», образованной течениями. В 1951 г. подобная рябь была обнаружена на глобигериновом¹ иле при фотографировании дна на глубине 1300 м.

В отдельных районах океана на глубинах до 2000—3000 м и более были обнаружены выходы на поверхность дна коренных пород, оголенных от наслоений осадочных отложений. Это заставляет предполагать здесь заметные передвижения придонных вод (очевидно приливо-отливного характера), усиливающихся при прохождении подводных проливов между банками и островами. Вообще же считают, что на очень больших глубинах, достигающих в отдельных впадинах океанического ложа более 10 км, горизонтальные перемещения водных масс, если и существуют, то имеют ничтожные скорости, не поддающиеся непосредственному

¹ Глобигерины — мельчайшие морские животные, обитающие в поверхностных слоях моря.

измерению современными приборами, как например морскими вертушками.¹

Указанные выше признаки передвижения придонных вод дополняют иногда биологические показатели. Так, Ю. М. Шокальский сообщает, что последние исследования распространения современных глубоководных антарктических морских животных — криноид, живущих прикрепленными ко дну, — показали, что эти животные, несомненно, распространяются в Тихом океане с юга на север. Об этом можно было судить по постепенному уменьшению их числа по мере того, как суда, производившие наблюдения, продвигались от юга к северу. Эти интересные наблюдения косвенным путем подтверждают существование медленного движения вод в придонных слоях из антарктических широт в область тропиков.

Еще во второй половине XIX века при измерении придонной температуры в двух глубоких котловинах южной части Атлантического океана была обнаружена заметная разница между ними, хотя глубина этих котловин примерно одинаковая. У дна западной (южноамериканской) котловины температура колебалась от 0 до 1°, у дна восточной (африканской) — она держалась в пределах 2—3°.

Причиной этого оказывается беспрепятственное проникновение вод из антарктического бассейна по сравнительно ровному дну американской котловины далеко на север — вплоть до экватора. Через африканскую котловину путь к экватору холодным антарктическим водам закрывает подводный хребет, тянущийся по дну от Юго-Западной Африки (Китовая бухта) к центральному Атлантическому хребту, разделяющему котловины. Таким образом, даже ничтожные по скорости придонные течения при соответствующем подводном рельефе оказывают большое влияние на температуру водных масс, а следовательно, и на условия жизни на очень больших глубинах.

ТЕЧЕНИЯ В ПРОЛИВАХ

Своеобразен режим течений в проливах, соединяющих моря между собой или с океаном. Через эти проливы происходит активный водообмен между морскими бассейнами. Проливы связывают Балтийское море с окраинным морем Атлантического океана — Северным (Большой и Малый Бельты, Зунд и далее Каттегат с Скагерраком). Система проливов соединяет Черное море со Средиземным — Босфор, проточное Мраморное море и Дарданеллы. Гибралтарский пролив соединяет Средиземное море с Атлантическим океаном. В настоящее время мы уже знаем, что во всех этих проливах существует система двухслойных,

¹ Ю. М. Шокальский в труде «Океанография» отмечает, что все попытки вычислений подобных скоростей приводили к очень незначительным величинам — нескольким сотым миллиметра в секунду.

как бы двухъярусных, водных потоков противоположного направления.¹

В датских или балтийских проливах поверхностные, более легкие воды, как правило, стремятся из полуопресненного Балтийского моря в Северное. На глубине и в придонном слое наблюдается обратное течение. При его помощи более соленые и относительно теплые воды направляются с запада в Балтику. Этим же путем проникают в нее и представители многочисленного более соленоводного и теплолюбивого животного мира северной части Атлантического океана.

Аналогичный процесс происходит и на пути из Черного моря в Средиземное. Впервые научные поставленные и достаточно полные исследования течений в Босфоре были осуществлены в 1881—1882 гг. нашим знаменитым флотоводцем и ученым-океанографом адмиралом С. О. Макаровым. На основании их он доказал, что нижнее, глубинное течение в проливе, идущее в Черное море, обязано своим происхождением разности плотностей вод Мраморного и Черного морей. В Мраморном море воды гораздо солонее и тяжелее, чем в Черном, в котором поверхностные слои сильно распреснены и более легки. Поэтому на одном и том же глубинном уровне давление столба воды со стороны Мраморного моря больше, чем со стороны Черного. В силу этого создается градиент (разность) давления, направленный с юга на север. Это обстоятельство и служит причиной движения нижних водных масс в проливе. Верхнее течение, идущее по Босфору из Черного моря к югу, является следствием избытка поступающих в него пресных вод материкового стока, а также выпадающих над ним осадков, по общему своему количеству явно преобладающих над испарением и притоком более соленых глубинных вод из Мраморного моря. Таким образом, водный баланс Черного моря является положительным. Возникает и в этом случае разность давления, но обратного порядка. Менее плотные, более легкие воды стремятся идти над более тяжелыми солеными водами в противоположном по отношению к ним направлении.

Течения в Босфоре и подобные им течения в Дарданеллах являются наглядным примером плотностных или градиентных течений. На рис. 6 показано распределение вод различной солёности, — более легких и более тяжелых. Напомним, что под водным балансом в океанографии понимают разность между количеством воды, поступающим извне в тот или иной морской бассейн, и величиной обратного оттока из того же бассейна. Приток составляют пресные воды, стекающие в море с поверхности суши в виде больших и малых рек, выпадающие над морем атмосферные осадки (дождь или снег) и приток вод из соседних морей. Уходят воды из моря в атмосферу путем испарения с его поверхности и в сопредельные бассейны через проливы.

¹ Поэтому эти проливы иногда называют проливами с водообменом в вертикальной плоскости.

Если среди поступающих в море вод большую часть занимают пресные воды, то мы имеем случай положительного пресного баланса; если соленые, то море обладает отрицательным, пресным балансом.

Балтийское море, как и Черное, имеет положительный пресный баланс.

В отличие от Черного и Балтийского морей в Средиземном море пресный баланс отрицателен (рис. 7). Вследствие очень большого испарения вода этого моря более соленая, чем в Атлантическом океане на широте Гибралтарского пролива. Создавшаяся разница в плотностях (плотностной градиент) вызывает поверхностное течение из Атлантического океана в Средиземное море. Более тяжелые и плотные воды последнего, проходя через пролив на запад, как бы ныряют под поток, идущий из океана, и становятся затем глубинным течением в северной Атлантике. Течение под действием силы вращения Земли поворачивает вправо, движется к северу и прослеживается в океане на больших глубинах вплоть до района Британских островов.

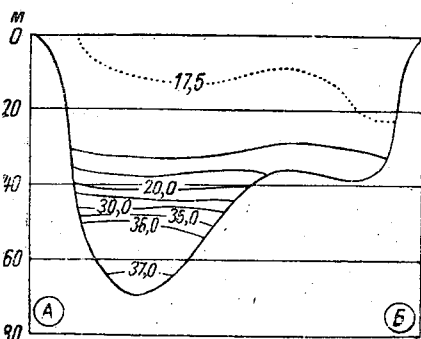


Рис. 6. Распределение солёности на поперечном разрезе через пролив Босфор.

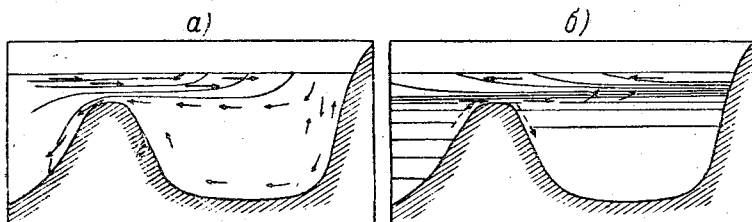


Рис. 7. Схема циркуляции в бассейне.

а — отрицательный пресный баланс, б — положительный пресный баланс.

Во многих других проливах система течений значительно отличается от вышеописанных. В некоторых проливах наблюдается однородное течение от поверхности и до дна. Это имеет место, например, в глубоководном Флоридском проливе (между южным побережьем полуострова Флорида и берегами острова Куба), через который в виде Флоридского течения проходят воды Гольфстрима. Воды эти представляют близкий к постоянному мощный тепловодный поток, идущий из Мексиканского залива в океан всегда в одном направлении. Они заполняют собой весь пролив.

В других проливах, как например в проливе Беринга, также имеют место два течения. Одно из них, направленное на север, заполняет восточную часть пролива. Его составляют воды Берингова моря, стремящиеся в Северный Ледовитый океан и несущие с собой с юга значительную часть стоковых вод реки Юкон — одной из наиболее крупных рек Северо-Западной Америки.

В западной, много меньшей по площади части пролива, обычно под самым берегом сурового мыса Дежнева, сравнительно узкой полосой втекают в пролив холодные воды, приходящие с севера из пролива Лонга, расположенного между островом Врангеля и Чукотским полуостровом. В зависимости от

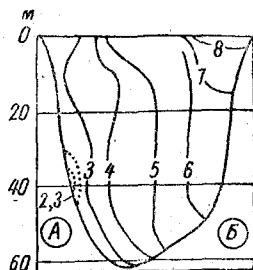


Рис. 8. Распределение температуры на поперечном разрезе через пролив Лаперуза.

А — берег Сахалина, Б — берег острова Хоккайдо.

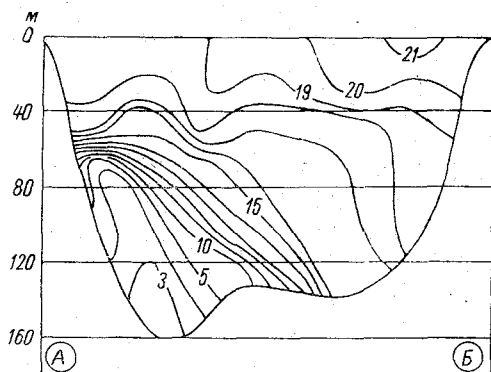


Рис. 9. Распределение температуры на поперечном разрезе через Корейский пролив.

А — корейская сторона пролива, Б — японская сторона пролива.

сезона течение то усиливается, то ослабевает. По мощности оно много слабее потока вод в восточной половине пролива и, как правило, далеко на юг не проникает. Таким образом, через Берингов пролив происходит, хотя и не отчетливо выраженный, водообмен Берингова моря с Чукотским.

Если мы от пролива Беринга спустимся на юг к проливу Лаперуза, то увидим, что в нем, так же как и в других проливах — Корейском и Сангарском, соединяющих Японское море с Восточно-Китайским морем и с Тихим океаном, существует два более¹ постоянных потока вод, противоположных по направлению, но в общем идущих как бы в одной горизонтальной плоскости (рис. 8 и 9). Учитывая, что проливы находятся в северном полушарии, можно прийти к выводу, что в тех из них, которые расположены по меридиану, теплое течение придерживается восточного берега пролива; течение же более холодное следует

¹ По сравнению с проливом Беринга.

вдоль западного его побережья. В проливах, близких по своей ориентировке к параллели, течение, идущее к востоку, является более теплым и огибает южное их побережье; более же холодное течение идет в противоположном направлении вдоль северных их берегов.

СЛОЖНОСТЬ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ. СУММАРНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Теперь, когда мы рассмотрели в основном все типы течений, встречающихся в море, и систематизировали их, нам будет легче разобраться в сущности тех, порою очень сложных явлений, которые связаны с циркуляцией вод морей и океанов. Это особенно важно при исследовании природы течений. Сложность обуславливается тем, что в природе — в океане или море — мы почти никогда не встречаем выделенные нами виды течений в чистом виде. Течения приходится классифицировать или определять по преобладающему признаку или свойству.

Нередко в океанических течениях на разных участках выделяются различные преобладающие свойства: то течение является сточным, то оно переходит в дрейфовое, то в плотностное или становится компенсационным. Всеми перечисленными свойствами и признаками отличается, в частности, самое мощное, своеобразное и интересное в научном и практическом отношении течение Мирового океана — система Гольфстрима.

Иногда течение, имеющее постоянный характер, в продолжение года меняет свою характеристику. Так, например, одним из наиболее существенных и характерных течений южной части Белого моря является Двинское течение. Летом это, безусловно, стокковое течение, образуемое водами реки Северной Двины и в известной степени реки Онеги. Зимой, когда объем речного стока заметно уменьшается, а ледостав почти прекращает выход речных вод в море, преобладающей причиной течения становится уже другой фактор. Сохранению прежнего направления рассматриваемого течения способствуют господствующие над морем юго-западные ветры муссонного характера. Течение по признаку своего происхождения переходит в разряд дрейфовых течений.

С другой стороны, течения в проливах, состоящие из двух водных потоков, расположенных один над другим и движущихся в разных направлениях, обуславливаются в сущности одной главной причиной — разностью плотности воды, поэтому и именуются плотностными.

Наконец, в каждом районе моря всегда могут одновременно наблюдаться (действовать) несколько самых разнообразных по происхождению течений. Так, например, в южной части Белого моря, где проходит только что упоминавшееся Двинское течение, существуют довольно значительные по скорости приливо-отливные течения. А каждый мало-мальски сильный и устойчивый ветер создает здесь и ветровые течения. Таким образом, в южной

части Белого моря в действительности приходится наблюдать течения, представляющие собой сумму всех перечисленных типов течений.

Совершенно так же обстоит дело и во всех остальных районах Мирового океана. Разница может проявляться лишь в том, что в одних местах на первое место выступают течения одного происхождения, в других — другого. Ветровые течения существуют везде, так как над поверхностью океана везде дуют ветры. И поскольку составляющие течения меняются (и по направлению и по скорости) каждое по-своему, суммарное течение всегда оказывается очень сложным. Именно это обстоятельство и вызвало к жизни разделение течений не только по их происхождению, но и по времени действия (по устойчивости) на постоянные, периодические и временные, или случайные. Это разделение, носящее на первый взгляд несколько условный характер, особенно важно с точки зрения практики кораблевождения.

Глава III

ТЕЧЕНИЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РЕЖИМА МОРЯ И ДЛЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ВЕТЕР И ТЕЧЕНИЯ

(несколько слов о выводах из теории)

Моряки, имевшие возможность наблюдать связь между ветром и течением в различных областях океана, издавна считали ветер главным возбудителем всех практически важных морских течений, кроме приливо-отливных. Однако попытки создать обоснованную математическую теорию ветровых морских течений очень долго оставались малоудовлетворительными.

Лишь в начале текущего столетия появилась теория ветровых течений, разработанная В. Экманом. Но и в ней для упрощения вычислений были сделаны допущения о том, что ветер имеет постоянные скорость и направление, дует над однородным по плотности морем неограниченных размеров и глубины, что движение вод в море установившееся.

Теория эта, несмотря на указанные допущения, применяется и теперь, хотя некоторые ее выводы встречаются у советских ученых, работающих в области изучения теории морских течений (В. Б. Штокман и др.), весьма веские возражения. Из указанной теории следует, что в любой широте течение на поверхности открытого и глубокого моря идет не по направлению ветра, а отклонено от него на угол в 45° вправо в северном полушарии (влево в южном). Что же касается скорости ветрового течения, то она оказывается примерно в 50 раз меньше скорости дующего ветра.

Вследствие влияния вращения Земли с увеличением глубины течение уклоняется все более и более вправо (в северном полушарии). Скорость течения с глубиной убывает и при повороте течения на 180° , т. е. когда оно становится обратным по направлению к поверхностному, скорость его равна лишь $4\% \left(\frac{1}{23}\right)$ от скорости поверхностного течения. Глубину, на которой это наблюдается, называют глубиной трения или глубиной дрейфового течения.

Измерения фактической глубины дрейфового течения, произведенные еще С. О. Макаровым в Южном пассатном течении Тихого океана, а затем одним из иностранных исследователей в Северном пассатном течении Атлантического океана, дали в первом случае 200 м, во втором — 150 м.

ОЧЕРТАНИЯ БЕРЕГОВ И ЗНАЧЕНИЕ ИХ ДЛЯ ПУТЕЙ И ФОРМИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ

Весьма существенное значение в формировании течений в океанах и морях имеют очертания берегов, т. е. их абрис.

В самом деле, течения в море часто продвигаются почти вплотную вдоль берегов суши. Они при этом как бы выбирают проливы, соответствующие своим размерам и распространению в глубину, для прохода среди, скажем, островов архипелага, лежащего на их пути. При следовании вдоль берегов потоки течений обходят выступающие в море мысы, особенно если они отмелы и «избегают» захода в некоторые заливы вследствие, например, сложного по конфигурации входа или недостаточной их глубины. Течение бывает порою вынуждено как бы протиснуться через узкие щели между скалистыми берегами в иных проливах с тем, чтобы затем бурно пронестись через них дальше.

Масштабы океанских течений по сравнению с морскими много больше. Движущиеся мощные массы их вод, встречая на своем пути не менее мощную преграду в виде выступающих частей материка (мысов, полуостровов и т. п.), вынуждены вследствие этого как бы перестроиться для дальнейшего движения, разделяясь на ветви, идущие уже по новым направлениям.

На рис. 10 показаны два водных потока, направленных из двух параллельно установленных труб T и встречающих на своем пути преграду AB (заменяющую берег). Под влиянием преграды каждый поток разделяется на две струи C и C' , текущие в обратном направлении. Так как при опыте имеем два потока воды, то после деления на струи между ними образуется противотечение D . Подобный опыт Крюммель произвел в бассейне, в котором при помощи двух перегородок получил подобие тропической зоны Атлантического океана (рис. 11). На воде заранее были распределены маленькие поплавки одинакового с водой удельного веса. Толстые стрелки показывают направление созданных при опыте воздушных струй, представляющих собой как

бы северо-восточный и юго-восточный пассаты. Пути движения поплавков указаны на рисунке тонкими стрелками.

Опыт на модели, совпавший с наблюдениями в природе, наглядно свидетельствует о крупном значении берегов при образовании схем течений в океане.¹

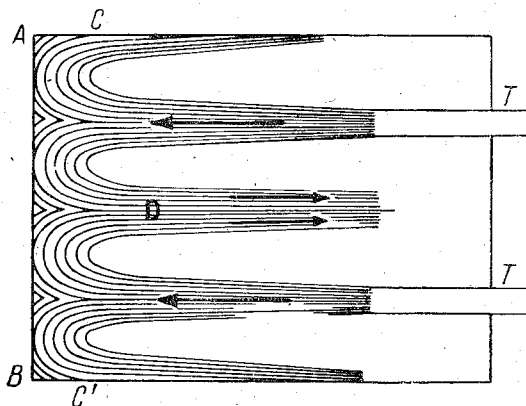


Рис. 10. Влияние прямоугольной преграды на течение.

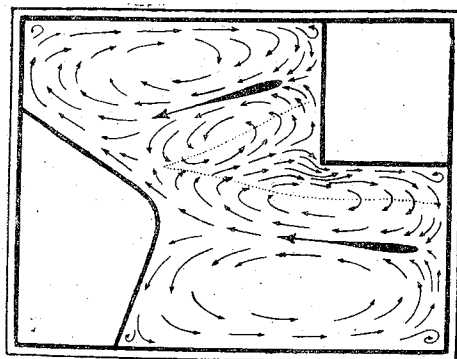


Рис. 11. Влияние берегов на течение.

ТЕЧЕНИЯ И ПОДВОДНЫЙ РЕЛЬЕФ

Давно известно, что характер подводного рельефа, особенно в мелководных бассейнах, сказывается на направлении и скорости морских течений. Постепенно выяснилось, что влияние подводного рельефа отражается на передвижении поверхностных

¹ Изучение водных потоков экспериментальным путем на моделях чаще других применяют гидрологи. В области океанографии отметим исследования на модели сейш Балтийского моря (В. П. Дубова) и невиских наводнений на модели восточной части Финского залива (В. А. Берга).

вод и в районах со сравнительно большими глубинами. Так, например, подмечено, что при проходе струй Северного Атлантического течения, направляющихся из Атлантического океана на север через Фареро-Шетландский канал, в них наблюдаются некоторые видимые изменения. Здесь замечен переход от больших океанических глубин к более малым, хотя надо сказать, что глубина в названном проходе не менее 500 м.

Из теории следует, что в северном полушарии течение над подводными возвышенностями отклоняется вправо, над углублениями дна — влево.¹ Если же направление течения совпадает с изобатами (линиями равных глубин), то оно не меняется. Это имеет особенно существенное практическое значение в морях со льдом, где имеются, хотя бы и сезонные течения.

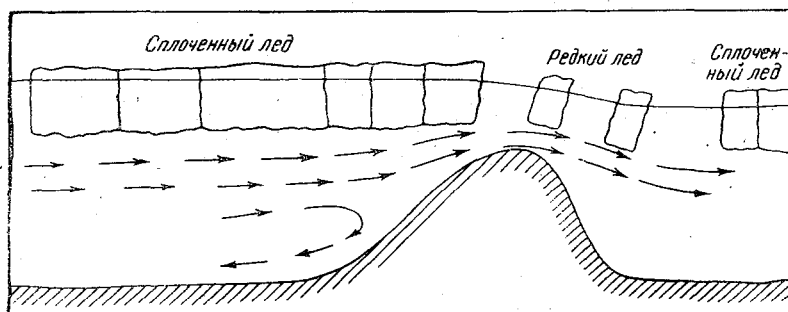


Рис. 12. Схема разрезания льда над мелью.

Известный полярный капитан и исследователь А. К. Бурке отмечает наблюдавшееся им не раз образование позади подводного возвышения ледовых разрежений в сплошных льдах, несомых течением. Поток этого течения, подходя к подводному «барьеру», как бы несколько поднимается на него, а затем на его склоне увеличивает свою скорость, чем и обуславливается появление полыней. Бурке наблюдал это явление в мелководных районах (рис. 12). Оно должно иметь место и в областях более глубокого моря. Действительно, по наблюдениям на «Фраме» во время дрейфа через Полярный бассейн, количество полыней и разводьев в ледяном покрове заметно увеличивалось по мере приближения корабля к проливу между Шпицбергом и Гренландией. Это было связано с возрастанием в этом направлении скорости поверхностного течения, в котором дрейфовало судно.

Скорость течения растет над материковым склоном, ограничивающим материковую отмель и спускающимся от нее к океанским глубинам.

По свидетельству одного из исследователей, Восточно-Гренландское течение, спускающееся вдоль острова на юг, наиболее

¹ Последнее время над уточнением этого вопроса работает советский ученый В. Б. Штокман.

определенно выражено и имеет наибольшую скорость именно в области материкового склона Гренландии. В прибрежной зоне острова течениям свойственен непостоянный характер. То же отмечалось здесь позднее и другими наблюдателями в пределах широкой зоны между 75-й и 79-й параллелями. Наибольшая скорость течения имела место над крутым материковым склоном.

В 1950 г. исследовательское судно «В. Скорезби», занимавшееся маркировкой китов, при измерении скорости течения Игольного мыса на значительном протяжении в районе гораздо мористее южного побережья Африки определило, что течение над материковым склоном достигало на поверхности 4—5 узлов, тогда как средняя его скорость считается около 2 узлов. Нужно отметить, что скорость течения по наблюдениям «В. Скорезби» возрастала с глубиной. Приводимые данные относятся к постоянным течениям. Для приливо-отливных течений, которые часто пересекают материковый склон под углом, близким к прямому, подобное явление должно иметь еще большее значение.

Исходя из сказанного, можно полагать, что в ледовитых морях разрежения и разводья во льду могут иметь место не только в виде прибрежных полыней, вызываемых сгонными ветрами, но и на границах или в зонах материкового склона.

ТЕЧЕНИЯ И ВОЛНЕНИЕ

Известно, что волнение зависит главным образом от скорости, направления и продолжительности ветра. О влиянии морских течений на характер волнения обычно не упоминается. В действительности же с этим приходится считаться. При наличии заметного течения, направленного против ветра, волны становятся короче, круче, высота их возрастает, и они приобретают порою опасный характер для малых, сильно загруженных судов. Наоборот, при совпадении направлений течения и ветра волны становятся положе и высота их уменьшается. Подобное явление отчетливо заметно, например, в Воронке Белого моря. При северных штормовых ветрах, в период сильного отливного течения, идущего им навстречу, здесь образуются волны гораздо более крутые и высокие, чем в Баренцевом море при ветрах той же силы. В этих условиях играет роль также и меньшая глубина моря.

Приливо-отливные течения играют иногда своеобразную роль как бы барьера, предохраняющего берега от разрушительного воздействия морского прибоя. Действительно, если волны штормового характера, идущие с моря, сталкиваются с сильным встречным приливо-отливным течением, то они разбиваются или деформируются. Берег, до которого обычно достигают валы прибоя, оказывается защищенным от него, хотя и временно, до изменения течения на обратное, приливное. Как пример можно привести вход в залив Фанди (на северо-востоке США), извест-

ный своими приливами, исключительными по размерам. Океанские волны в устье залива, имеющем ширину в несколько десятков километров, в широком секторе, открытом волнению с юга, встречаются со столь сильным отливным течением, что океанский прибой во внешней части залива резко уменьшается. Аналогичное явление давно известно также у западных берегов Шетландских островов. Здесь побережье при штормовых юго-западных ветрах как бы ограждено от большого волнения сильными приливо-отливными течениями, направленными вдоль берега. Но, как только течения начинают ослабевать, на побережье обрушивается прибой громадной силы.

Упомянем еще об одном интересном явлении, на которое только недавно обращено внимание.

В прибрежных районах, например в Калифорнии, во время прибоя возникают как бы полосы течения, направленные от берега в море. Они местами разрывают гряды бурунов и водных валов, накатывающихся на берег, и уносят обратно в море часть вод, нагоняемых волнением. Течения эти называются **р а з р ы в н ы м и**.

В море разрывные течения простираются на расстояние не более километра, имея ширину у берега около 20—30 м. Пройдя зону бурунов, они веерообразно расширяются. Разрывные течения весьма неустойчивы и быстро ослабевают, когда прибой уменьшается. Их можно встретить, вероятно, у любого незащищенного берега, где разбиваются крупные волны.

Разрывные течения затрудняют подход к берегу. Пловцы, попавшие в них, могут быть отнесены от берега в зону опасного прибоя.

РОЛЬ ТЕЧЕНИЙ В СОЗДАНИИ МОРСКИХ ВОДНЫХ МАСС

Течения являются мощным фактором перемешивания, создающим различные водные массы, играющие видную роль в жизни моря. Особенно эффективным бывает перемешивание, так называемое турбулентное, или вихревое, в районах соприкосновения течений, разных по своим физико-химическим свойствам (температуре, солености и т. п.).

Процесс вихревого перемешивания, происходящий вследствие сильных приливо-отливных течений, весьма ярко выражен в Горле Белого моря. Воды, поступающие в пролив извне, попадают здесь как бы на мощную «водяную мельницу» и быстро ею перерабатываются в почти однородную во всей ее толще массу.

По наблюдениям В. В. Тимонова в Горле Белого моря, на его поверхность или в самые верхние слои в процессе энергичного перемешивания выносятся иногда более плотные и тяжелые глубинные воды, а с ними микроорганизмы, свойственные только придонным слоям.

Морякам нередко приходится наблюдать линии схождения

разного вида течений. Они имеют вид зигзагообразной, сравнительно узкой полосы пены, хорошо заметной с корабля, иногда пересекающего ряд таких полос. В них можно наблюдать всплески воды, вроде стоячих волн, образующихся у волноломов при ветре с моря или у быков мостов на реке. Это явление называется сулом. На границе встречных течений оно наблюдается и при штиле (рис. 13).



Рис. 13. Линия схождения двух течений.

Более развитой и сложной системой (по площади и динамической активности) являются так называемые спорные течения (водные потоки как бы спорят между собой). Поверхностные слои потоков обычно отличаются друг от друга по цвету или по оттенку, скажем, более темному или более светлому, и бывают окаймлены небольшими волнами.

Спорные течения, как и сулой, чаще всего имеют место у заметно выступающих в море мысов или в проливах, особенно при наличии заметных приливов. Это явление давно уже привлекало к себе внимание наших моряков и промышленников. Так, в Карском море от северо-восточного побережья Новой Земли выступает мыс Спорый Наволок.¹ Пока нам не пришлось побывать в Карском море, это наименование ничего нам не говорило. Однако, когда наглядно выяснилось, что у этого мыса часто сходятся два встречных течения: одно, идущее на север, из вод

¹ Наволок — старое поморское слово, обозначающее мыс.

обского происхождения, другое, спускающееся с севера, все стало понятным. В районе мыса Спорый Наволок происходит «спор» течений.

Явление сулоев или спорных течений обычно отмечалось в судовых журналах. Так, Крузенштерн в ноябре 1803 г. при плавании корабля «Надежда» в северной части Атлантического океана записал: «В 23 ч. видели сильную струю (течения) от востоко-юго-востока к западо-северо-западу».



Рис. 14. Жизнь в области резко выраженного сулоя.

Яркий пример спорных течений в открытом океане (район южного пассатного течения в $2^{\circ}26'$ с. ш., $20^{\circ}56'$ з. д.) дает запись из плавания корабля «Венус» экспедиции Пти Туаре, относящаяся к 1838 г.: «Днем мы пересекли очень резко выраженное течение. Море было разделено на длинные перемежающиеся полосы. В одних полосах поверхность моря беспорядочно волновалась, шумела и имела чрезвычайно густую синюю окраску. В других она была ровной, испещренной струями с белесоватыми отблесками... Полосы, где море волновалось, очень сильно отличались по характеру своей поверхности от других частей моря. Средняя ширина полос волнения была приблизительно 3—4 кабельтова, они следовали друг за другом, перемещаясь с востока на запад. Дул слабый юго-восточный ветер».

Интересное описание мощного сулоя дает биолог В. Биб (экспедиция на корабле «Арктурус» 1925 г.): «На $2^{\circ}36'$ с. ш. и 80° з. д.) на юго-юго-запад от Панамского залива была обнаружена резкая граница, образовавшаяся при встрече двух течений,

шедших на запад.¹ На поверхности моря была видна зигзагообразная узкая зона пены. Многочисленные птицы летали над ней и хватали из воды добычу. В зоне пены было необычайное скопление морских организмов, в некоторых местах они придавали воде консистенцию «супа», тут же плавали стволы деревьев, многие из которых были покрыты мозаикой из раковин, здесь были в большом количестве также летучие рыбы, морские змеи, длиной до трех футов, и акулы (рис. 14).

Граница двух течений с биологической точки зрения выделялась необычайно резко. «Арктурус» проследил ее на протяжении ста миль. На расстоянии 10 м с каждой стороны от зоны пены морская вода уже не содержала живых существ.

Скорость южного течения по измерению была 2,5 узла, северного — 1,5 узла. Температура воды на поверхности южного протока была на 2,2° ниже, чем северного. В продолжение ночи три раза был слышен характерный шум волнения, подобный шуму от бурунов.

Вдоль линий схождения (конвергенции)² течений, например Гольфстрима и Лабрадорского или Восточно-Гренландского и течения Ирмингера, наблюдается опускание поверхностных вод на глубину, что способствует перемещиванию.

Отметим, что наряду со схождением течений существует и расхождение их (дивергенция). Области расхождения течений менее ярко выражены, чем области схождения. Существуют и другие динамические причины погружения поверхностных вод или выхода глубинных вод на поверхность. К ним относятся, например, уже упоминавшиеся нами сгонные и нагонные ветры у побережий.

Подъем на поверхность океана холодных глубинных вод наблюдается в прибрежной части Перуанского течения и у побережий Африки в Бенгельском течении Атлантического океана. Но это явление объясняется не только оттоком поверхностных вод от берегов под действием юго-восточного пассата, но и действием отклоняющей силы вращения Земли. Под ее влиянием течения в южном полушарии отклоняются влево. Это способствует поднятию глубинных вод у правых по отношению к течениям побережий. Там же, где течения должны прижиматься к берегам (т. е. у левых берегов), наблюдается обратная картина — опускание поверхностных слоев вниз.

Это явление имеет, естественно, место и в северном полуша-

¹ Очевидно, более северное из них состояло из струй Экваториального противотечения Тихого океана, заворачивающего здесь к югу и далее к юго-западу; более южным потоком были воды Южного пассатного течения, перемешанные в той или иной степени с более холодными струями Перуанского течения.

² Основные линии схождения и расхождения течений показаны на картах течений Мирового океана, во втором томе Морского атласа.

рий, но только в противоположном направлении. Так, например, отход Гольфстрима от берегов Северной Америки и Куро-Сию от восточных берегов Японии обуславливает не только проникновение на их место холодных течений с севера, но и подъем холодных глубинных вод.

Укажем также, что в центре антициклональных круговоротов течений, куда направляются воды от периферии, происходит их опускание на глубину (например, в центральной части Саргассова моря). В центрах областей с циклоническим вращением создается подъем глубинных вод, обычно холодных. Примером этого может служить «полюс холода», как назвал его известный исследователь советских морей К. М. Дерюгин, в восточной части бассейна Белого моря.

ТЕЧЕНИЯ И ЛЕДЯНОЙ ПОКРОВ

Существенное значение имеют течения при образовании ледяного покрова. Морские проливы с сильными течениями, подобно стремнинам на реках, замерзают намного позднее, чем остальные пространства моря. Так, например, узкость в проливе Маточкин Шар, несмотря на то, что она расположена в широте выше 73°, в иные годы покрывается льдом лишь во второй половине зимы. Причина этого запаздывания не столько термического, сколько динамического характера. Сказывается течение и на толщине льда. Известно, что неподвижный лед, образовавшийся у побережья, — припай при наличии под ним течения нарастает заметно медленнее, чем на тихой воде. Подледное течение сглаживает нижнюю поверхность льда и как бы разъедает ее. Поэтому при выгрузке тяжестей с корабля на ледяной припай, во избежание всякого рода неприятных случайностей, необходимо наряду с измерением толщины льда определить, существует ли здесь подледное течение. С другой стороны, течения наряду с ветром способствуют в иных случаях торошению льдов, а следовательно, и увеличению их общей толщины и мощности. Ветер, конечно, играет в этом процессе главную роль.

Велика роль течений как приносящих льды и ухудшающих условия плавания, так и несущих теплые воды и способствующих улучшению ледовых условий. В последнем случае немалое значение имеют речные воды, особенно воды мощных рек, текущих с юга и впадающих в прибрежные моря Северного Ледовитого океана. В частности, участок Северного морского пути от устья реки Колымы до устья реки Лены, на котором, помимо этих мощных рек, впадает еще ряд других (Алазея, Индигирка, Яна) намного легче для плавания, чем соседние.

В период, предшествующий вскрытию моря, у устьев рек обычно образуются так называемые устьевые полыньи, аккумулирующие получаемое из атмосферы тепло и ускоряющие дальнейший процесс таяния льдов в море, а с началом вскрытия

облегчающие продвижение речного стока дальше в море. Однако в летний навигационный период нам пришлось наблюдать в Обь-Енисейском районе и обратное явление, когда лед, продвинувшийся сюда под влиянием ветров с севера при своей значительной «осадке», являлся как бы своеобразной плавучей плотиной, препятствовавшей распространению тонкого слоя речных вод в Карское море. Это наглядно подтверждалось тем, что на чистой воде севернее скопления льда соленость резко возросла против обычного, тогда как толща опресненных вод в Обской губе к югу от ледяного барьера заметно увеличилась. Таким образом, по величине солености у восточных берегов северного острова Новой Земли, в районах, где к ним обычно подходит течение обь-енисейских вод (в расстоянии свыше 400 км от Обской губы), можно судить свободен ли путь сюда для этих вод или тормозится льдами. В первом случае соленость ниже, во втором — выше средней.

Наличием к северу от Шпицбергена дрейфового течения из Полярного бассейна на юг и юго-запад в Гренландское море объясняются неудачи, постигшие ряд полярных экспедиций, стремившихся к достижению Северного полюса на санях по льду в этом районе.

Интересно отметить, что существование здесь подобного течения было известно русским промышленникам гораздо раньше, чем иностранцам. Так, по свидетельству М. Ф. Рейнеке, один из русских поморов, не раз промышлявший на Шпицбергене, узнав о намерении известного исследователя Парри отправиться в 1827 г. по льду от Шпицбергена к полюсу, высказался, что это намерение неосуществимо, что англичане будут идти по льду к северу «как белка в колесе», что и оправдалось на деле.

Впервые представление о существовании великого арктического дрейфа (рис. 15), которым затем прошли «Фрам» (1893—1896 гг.) и «Г. Седов» (1937—1939 гг.), дали обнаруженные в Баффиновом море на западных берегах Гренландии брошенные на льду предметы одежды участников экспедиции Де-Лонга на судне «Жаннетта», раздавленном льдами к северо-востоку от Ново-Сибирских островов, а также часто находимые там же стволы сибирских лиственниц. Количество их бывает таково, что дает возможность многим местным жителям иметь в домах мебель, полностью изготовленную из сибирского леса. В 1940-х годах в проливе Дэвиса, к западу от Гренландии, были обнаружены две большие деревянные баржи, принесенные сюда от берегов Сибири. К сожалению, баржи были быстро разобраны на дрова и поэтому отправной пункт их нельзя было определить более точно.

Припоминается еще один факт, свидетельствующий о нахождении при донном биологическом тралении в Гренландском море, к западу от Шпицбергена, на глубине нескольких тысяч метров, скопления валунов. По определению геологов, валуны эти со-

стояли из пород, характерных для полярных окраин Восточной Сибири, и были, следовательно, принесены оттуда на дрейфующих льдах.¹

Скопление валунов в этом месте объясняется, по-видимому, тем, что в данном районе происходит соприкосновение холодного потока, несущего льды, с теплым атлантическим течением с юга, вызывающим интенсивное таяние льдов.

Вообще всякого рода явления, происходящие среди ледяного покрова, тесно связаны не только с термикой и соленостью вод, столь эффективно, особенно первая, влияющих на рост и таяние льда, но и с течениями и ветрами.

Сжатие и разрежение льдов, ухудшающие или улучшающие навигационные условия, торосообразование — все это связано с названными факторами. Особенно большое значение имеют при этом приливо-отливные течения. Об этом исстари знали поморы из опыта своего плаванья на зверобойных промыслах.

С научной стороны названными явлениями особенно заинтересовались во время дрейфа «Фрама» (1893—1896 гг.) в Полярном бассейне. Было подмечено, что усиление или ослабление приливообразующих сил, а с ними и приливных движений вод и льдов, сказывается на частоте и характере сжатий. Они усиливаются и учащаются в сизигии, а в квадратуры ледяные сжатия обычно ослабевают. Это мы наблюдали и в зиму 1937/38 г. при дрейфе на судах «Седов», «Садко» и «Малыгин», к северу от Новосибирского архипелага.

Зная о наблюдениях на «Фраме», мы на «Садко» при наступлении сизигии каждый раз внимательно следили за льдами и были готовы ко всяким неприятным случайностям при таком грозном явлении природы, как торосообразование в Полярном море. Тишину полярной ночи в эти дни нарушали то отдаленные, то приближающиеся звуки, сопровождающие сжатие льдов и напоминающие шум водопада. Часто из-за темноты о местонахождении сжатия можно было судить только по звукам.

Во время дрейфа «Садко», «Г. Седова» и «Малыгина», к юго-западу от них в море Лаптевых наблюдения за сжатием льдов в зависимости от разных направлений приливо-отливных течений велись на л/к «Ленин», зимовавшем в дрейфе совместно с группой пароходов. На эти наблюдения было обращено большое внимание вследствие того, что во время одного из сжатий один из пароходов был раздавлен льдами и затонул.

Н. Н. Зубов обобщил наблюдения, производившиеся на «Ленине», и установил понятие о так называемом «ледовом часе» — промежутке времени между прохождением Луной меридиана места наблюдений и моментом начала сжатия льдов. Он неоди-
наков для разных районов моря.

¹ В 1935 г. экспедиция на л/п «Садко», в которой участвовал автор. (Ред.).

Таким образом, наличие ледяного покрова обуславливает не только замедление морских течений, существующих под льдом, но вызывает изменение и приливо-отливных фаз.

При плавании и форсировании льдов в районе острова Белый (Карское море) на судах Карской экспедиции летом 1925 г. автором была подмечена и учитывалась связь сжатий с приливо-отливными течениями и ветрами. В случае противоположности их направлений происходило усиление сжатий льда, в случае совпадения сжатий как правило не наблюдалось.

Явление сжатий и разрежений льдов давно было известно беломорским морякам и промышленникам. Они его наблюдали обычно в Горле Белого моря и в районе, расположенном непосредственно от него к северу. Там «работа» приливо-отливных течений ярко выражается в создании так называемых «разделов» — разрежений, по которым суда свободно идут во льду — и «колобов», т. е. районов сжатий льда. Это и учитывалось нашими опытными северными моряками. Наблюдались случаи (в 1914—1915 гг.), когда сравнительно мощные суда и даже ледоколы, капитаны и штурмана которых не были еще знакомы с условиями плавания и течениями Белого моря, шли во льдах напролом и застревали в них, а небольшие поморские боты и шхуны, личный состав которых с юных лет привык к местной ледовой обстановке и ее изменениям, маневрируя среди льдов, без большого усилия обгоняли названные ледокольные суда и скорее их приходили к месту назначения.

Образование в арктических морях больших скоплений льда, так называемых «ледяных массивов», имеющих существенное значение для полярного мореплавания как препятствие на пути судов, объясняется главным образом существующими системами морских течений.

Так как движение вод под влиянием силы Кориолиса отклоняется в северном полушарии вправо, то течение, идущее вдоль берега, находящегося направо от него, несет лед к берегу и вызывает здесь скопление льдов и затем сжатие. Наоборот, течение, омывающее левый от себя берег, относит от него льды и образует под берегом полыньи и разводья.

В открытых частях моря, благодаря той же силе, в центре антициклонических течений образуются скопления и сжатия льдов. В центре циклонических течений наблюдается, наоборот, разрежение льдов. Интересно отметить, что летом на Белом море в центре антициклонического течения в западной половине моря нередко образуется скопление леса, вынесенного из рек, в частности из Северной Двины и Онеги.

ТЕЧЕНИЯ КАК ФАКТОР, СПОСОБСТВУЮЩИЙ МИГРАЦИИ (ПЕРЕДВИЖЕНИЮ) И РАССЕЛЕНИЮ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ

Перенос течениями семян растений имел и имеет немаловажное биологическое значение. Именно морским путем шло, видимо,

расселение растительного мира на многочисленных островах в Тихом океане, и не только при помощи человека. На то, что семена некоторых растений могут безболезненно переносить длительное пребывание в морской воде, указывает целый ряд случаев нахождения на вулканических и коралловых островах растений (кокосовых пальм и др.), семена которых не могли быть перенесены ветром.

Ф. Нансен в одном из своих сочинений указывает на присутствие среди гренландской флоры некоторых видов сибирских растений и считает, что их семена могли попасть туда только с дрейфовым течением через Полярный бассейн.

Распространение планктона¹ открытого океана и морей целиком определяется морскими течениями. Так, например, растительный планктон, свойственный теплому Антильскому течению, не распространяется в западной части Атлантического океана выше 40° с. ш., т. е. не переходит пределов собственно Гольфстрима. В свою очередь растительный планктон полярных вод встречается только в зонах полярных течений вдоль берегов Гренландии и Лабрадора и не спускается на юг далее Ньюфаундлендской банки — места встречи Лабрадорского течения с Гольфстримом.

Микроскопические водоросли с кремнистым скелетом — диатомеи водятся только в холодных водах. Мы наблюдали их в полярных водах Карского моря. Находившийся на ледокольном корабле Карской экспедиции опытный гидробиолог-планктонист профессор А. Г. Генкель, рассматривая под микроскопом пробу воды, только что взятой из-за борта, не раз сообщал нам при этом о приближении к районам, в которых держались льды. Хотя льды еще не усматривались из дозорной бочки на мачте, однако наш неутомимый гидробиолог по обнаруживаемым в пробе воды диатомовым водорослям правильно определял наступление резкого похолодания поверхностных вод моря и предупреждал нас о входе в ледовую зону.

Распространяются морские организмы и при помощи глубинных течений. Среди донной фауны Карского моря советские гидробиологи обнаружили ряд своеобразных форм, свойственных более теплым водам северной Атлантики. Они занесены сюда с юга струями теплого западного Шпицбергенского течения, идущего в виде глубинного течения в Полярный бассейн, а через него частично входящего и в Карское море. Заключение гидробиологов совпали с данными, полученными океанографами. Это подтвердило правильность выводов тех и других.

Не меньшую роль играют течения в передвижении личинок и мальков рыб. Как известно, места нерестилищ (икрометания) морских рыб зависят от той или иной природной обстановки. Те-

¹ Планктон — совокупность мельчайших растительных и животных организмов; находящихся в воде и пассивно переносимых водными потоками.

чения при этом имеют большое значение не только по их температурным условиям, но и как «транспорт» мальков рыб из мест нереста в область основного их обитания. Так, например, нерестилище европейского угря расположено, как это установили сравнительно недавно, в области Саргассова моря, т. е. весьма далеко от устьев европейских рек, в которых обитает эта рыба. Угри, достигшие половой зрелости, после нескольких лет жизни в реках и пресноводных водоемах, выходят в море и направляются к нерестилищу с тем, чтобы уже никогда не вернуться обратно. После икрометания взрослые угри погибают. Из икры выводятся молодые угри-личинки, которые долго считались самостоятельным видом морских организмов. Теперь установлено, что эти личинки в большой массе возвращаются из района Бермудских островов к берегам Европы в пассивном дрейфе, увлекаемые течениями системы Гольфстрима. Их путешествие длится долго. Лишь через два-три года молодые угри, уже значительно подростшие, достигают входа в европейские реки.

Близкое к этому явление мы видим у таких чисто морских рыб, как треска и сельдь. Их икра, личинки и мальки также передвигаются пассивно при помощи морских течений. Личинки норвежской сельди переносятся течением от места нереста вблизи юго-западных побережий Норвегии к Лафотенским островам на протяжении 800—1000 км. Отсюда молодь уже косяками начинает свое движение к югу.

Треска, столь важная в промысловом отношении рыба, имеет две главные области икрометания: в северной части Атлантического океана — у Ньюфаундленда и у Лафотенских островов. После икрометания личинки трески, превращающиеся в мальков, уносятся в дрейфе из области Лафотенских островов к северу, частично в Норвежское море, а в большей своей части Нордкапским течением в Баренцево море.

ТЕЧЕНИЯ, ЦВЕТ И ПРОЗРАЧНОСТЬ ВОДЫ. ТЕЧЕНИЯ И ГРУНТЫ ДНА

Прозрачность воды и цвет моря нередко являются показателями тех или иных течений.

Приведем пример. Еще в недалеком прошлом для глубоководящего судна, направляющегося с запада Карского моря в Обскую губу и огибавшего с севера низменный остров Белый, крайне важно было определить свое место для дальнейшего уверенного следования по назначению. Однако навигационный знак на острове издали бывал мало заметен, приблизиться же к острову не позволяли малые глубины. Астрономические наблюдения в большинстве случаев, исключались из-за сплошной облачности, характерной здесь для навигационного периода.

Как-то раз мы на «Малыгине» после трудного прохода с отрядом судов Карской экспедиции через льды между Новой Землей и Ямалом вышли на чистую воду. Местоположение

корабля было известно недостаточно точно. Мы могли только предполагать, что находимся в районе острова Белый. Но тщетно мы искали в бинокли знак на острове — горизонт был подернут дымкой, кругом расстилалась однообразной пеленой поверхность моря. Вдруг капитан корабля, перегнувшись через поручни мостика, стал напряженно всматриваться в воду. «На что смотрите, Дмитрий Тимофеевич?»¹ — крикнул я ему. Капитан немного помолчал, а затем тоном удовлетворенного человека ответил: «Вода побурела. Вошли в обские воды».

Так оно и оказалось в действительности. Серовато-зеленый цвет воды перешел в желтоватый и даже мутно-бурый. Мы определенно прошли меридиан острова Белый и пересекали теперь струи стокового течения, идущего из Обской губы на север. Лишь иногда они перемежались, «спорили» с водами более светлого зеленого цвета, водами собственно Карского моря. Проверив еще место судна по глубинам,² мы более уверенно продолжали свой поход на восток.

Известно, как резко различаются по цвету воды Гольфстрима и Лабрадорского течения. Воды теплых течений обычно синие и в то же время значительно более прозрачные, чем воды холодных течений. Это связано с большим количеством в водах холодных течений разного рода взвешенных органических и неорганических частиц. Особенно их много в областях таяния льдов, которые накапливают подобные частицы во время своего образования и во время плавания.

Различен, как мы уже говорили, и видовой состав организмов, населяющих теплые и холодные воды. Это находит свое отражение в составе грунтов, выстилающих ложе океана. Так донные глобигериновые илы покрывают дно Атлантического океана только в тех областях, через которые проходят ветви течений системы Гольфстрима, и распространяются здесь много севернее, чем в других океанах. Диатомовые илы, сложенные из остатков растительного происхождения, встречаются только в зоне распространения холодных течений.

В неглубоких морских водоемах по виду и распределению разных грунтов можно судить и о скорости течений. Песчанистые грунты обычно свидетельствуют о быстрых течениях, илистые грунты являются показателями медленного движения вод и спокойного отложения морских осадков.

Лет тридцать назад нам пришлось в составе небольшой группы океанографов и гидробиологов работать в узкости пролива Маточкин Шар. Мы знали, что здесь существуют заметные приливо-отливные течения, но скорость их нам не была известна.

¹ Д. Т. Чертков — известный северный капитан.

² Один из навигационных способов ориентировочного определения места корабля путем сравнения глубин, показанных на карте, с измеренными лотом.

Прежде чем приступить к непосредственным наблюдениям течений, мы на шлюпке пересекли узкость пролива, пробуксировав драгу. Она принесла образцы каменистого грунта и морской фауны, по которым гидробиологи сразу заключили, что тут мы имеем дело с очень сильными течениями во всей толще потока. Полученные обломки грунта были оголены, и на них держались лишь морские животные, свойственные зонам течений с высокими скоростями. Произведенные затем гидрометрические измерения подтвердили этот вывод. При внимательном рассмотрении грунтовых карт в большинстве случаев не трудно установить связь характера донных отложений с типом циркуляции вод. Конечно, донные отложения далеко не всегда являются показателями течений сегодняшнего дня. Распределение грунтов зависит и от других факторов, длительное время воздействующих на процесс осадкообразования.

ТЕЧЕНИЯ И КЛИМАТ

Мы уже говорили о благоприятном влиянии Гольфстрима на климат обширных пространств Европы. Несомненно также его огромное значение и для поверхности океана. Это видно из тех больших положительных аномалий температур воздуха и воды, которые имеют место в северо-восточной Атлантике по сравнению с другими областями Мирового океана, лежащими в тех же широтах.

Теплое течение, проходящее поблизости от берегов, может служить в иных случаях и причиной их охлаждения. Действительно, воздух, находящийся над теплым течением, нагреваясь и становясь легче, поднимается вверх. В результате вдоль течения образуется ложбина пониженного атмосферного давления. Так, у побережья Северной Америки ярко выявляется область пониженного давления над проходящим здесь теплым Гольфстримом, особенно заметная в зимнее время. Вследствие этого господствующие зимой западные ветры еще более усиливаются, приносят с северо-запада охлажденного материка холодные массы воздуха и создают более суровые условия, чем, скажем, на северо-западе Европы, известном благодаря тому же Гольфстриму своим мягким климатом.

Если Гольфстрим оказывает весьма заметное влияние на климат обширных пространств суши, прилегающих к северной части Атлантического океана, то на климатические условия северных побережий Тихого океана, несомненно, влияет теплое течение Куро-Сио и сопряженное с ним холодное течение Ойя-Сио, или, как его теперь нередко называют, Курильское течение. Потепление Куро-Сио, как отмечает океанограф Ю. В. Истошин, вызывает зимой на Дальнем Востоке обострение муссонных ветров.

Значительно влияние холодного течения Ойя-Сио (Куриль-

ского) на климат островов Курильской гряды и острова Хоккайдо — самого северного из Японских островов. Чем холоднее это течение весной и летом, тем пасмурнее и прохладнее лето на острове Хоккайдо и даже на расположенном к югу от него острове Хонсю. Это приводит к большим неурожаю риса в Японии. Теплосодержание вод Ойя-Сию зависит от суровости зимнего сезона в Охотском и Беринговом морях, откуда приносятся воды этого течения. По характеру зимы на Охотском и Беринговом морях можно судить о характере погоды на южных Курильских островах и острове Хоккайдо в последующее лето.

Помимо воздействия на климатические условия больших пространств моря и суши, течения имеют нередко существенное местное значение.

В районах встречи или соприкосновения теплых и холодных морских течений характерны частые туманы и сплошная облачность. Так, например, они наблюдаются в проливе Карские Ворота, где вдоль берега острова Вайгач более теплые воды выходят из Печорского моря в Карское, а вдоль южного побережья Новой Земли проникает в Печорское море ветвь холодного течения Литке, несущего нередко с севера льды. В результате Карские Ворота почти всегда окутаны туманом.

Типичны туманы в Формозском проливе, где разница между температурой воды у берегов материка и у острова Тайвань держится в течение круглого года около 6—7°. Известен своими туманами и район Большой банки к югу от Ньюфаундленда — место схождения Лабрадорского холодного течения и Гольфстрима.

Гидрограф Б. В. Давыдов — выдающийся исследователь дальневосточных морей много лет тому назад рассказывал нам о некоторых характерных особенностях режима Охотского моря, в частности, о наличии «туманных пятен» в некоторых пунктах побережья. Он отмечал, что районами подобных пятен являются выступающие в море мысы, приглубые острова. Воды течения, обходящего море, подходя к приглубым мысам и островам (к которым он отнес, например, Ямские острова около полуострова Пьягина) и набега на них, выносят на поверхность более холодные воды нижележащих слоев. Появление последних и создает благоприятные условия для образования прибрежных туманов.

В доказательство Б. В. Давыдов приводил слова С. О. Макарова, изучавшего аналогичное явление — частые туманы у мыса Крильон (юго-западной оконечности Сахалина). Здесь, по мнению С. О. Макарова, холодные глубинные воды при соответствующих условиях поднимаются, как на лоток, на вдающийся в море таранообразный выступ мыса.

ТЕЧЕНИЯ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ

Связи между течениями и другими явлениями столь многообразны, что нередко наблюдения над ними и их исследование вле-

кут за собой весьма значительные географические открытия.¹ О таких случаях в наших водах мы и хотим рассказать читателю.

Так в 1865 г. в известном журнале «Морской сборник» появилась статья, в которой впервые высказывалось предположение о существовании между островами Шпицбергена и Новой Земли еще не открытой земли, простирающейся к северу далее Шпицбергена. Автором статьи был Н. Г. Шиллинг русский морской офицер, много занимавшийся изучением течений Северного Ледовитого океана.

Мысль его позднее была поддержана выдающимися географами Кропоткиным П. А., Воейковым А. И., Рыкачевым М. А. и др. Географическое общество выдвинуло проект исследовательской экспедиции в северные моря, но средства на нее не были отпущены.

Земля, предсказанная Н. Г. Шиллингом была открыта через 8 лет Австро-Венгерской экспедицией Вейпрехта и Пайера и названа Землей Франца-Иосифа.

Следующий случай произошел позднее. Известно, что 1912-й год выдался исключительно тяжелым по ледовым условиям в Карском море. Ни одно судно, пытавшееся в этом году пройти через юго-западные карские проливы на восток, не смогло этого сделать. Среди них была зверобойная шхуна² «Св. Анна» экспедиции лейтенанта Г. Л. Брусилова, собиравшаяся пройти Северным морским путем на Дальний Восток. Шхуна эта, смело вошедшая в тяжелые льды южной части Карского моря, пропала без вести. Можно было предполагать, что она была раздавлена льдами в южной части Карского моря, так как в то время считали, по опыту дрейфовавших ранее там единичных судов, что льды из этой области моря, как правило, не выносятся далеко на север.

Совершенно неожиданно летом 1914 г. зимовавшая на Земле Франца-Иосифа экспедиция Г. Я. Седова (на судне «Св. Фока») обнаружила на мысе Флора (южной окраине архипелага) двух изнуренных людей в обветшалой одежде. Они оказались членами экипажа «Св. Анны» — штурманом В. А. Альбановым и матросом А. Конрадом. Как выяснилось, группа участников экспедиции Брусилова покинула «Св. Анну», вынесенную течением вместе с окружающими ее льдами из Карского моря в Полярный бассейн и находящуюся в дрейфе к северу от Земли Франца-Иосифа. Во время неимоверно тяжелого трехмесячного пути по дрейфующим льдам и ледникам островов Земли Франца-Иосифа почти все спутники Альбанова погибли.

Альбанов сохранил и принес с собой судовой журнал «Св. Анны», само судно бесследно исчезло со всеми оставшимися на

¹ Напомним, что предметы, приносимые течениями к берегам Европы, подтвердили Х. Колумбу близость неизвестной земли, лежащей за океаном.

² Точнее, — баркантина.

ней людьми во главе с Г. О. Брусиловым. Журнал оказался необычайно ценным в научном отношении документом.

Спустя десять лет наш известный ученый и полярный деятель В. Ю. Визе произвел научный анализ дрейфа «Св. Анны», сопоставляя его с гидрометеорологическими данными, имевшимися в журнале. Это позволило ему узнать немало интересного

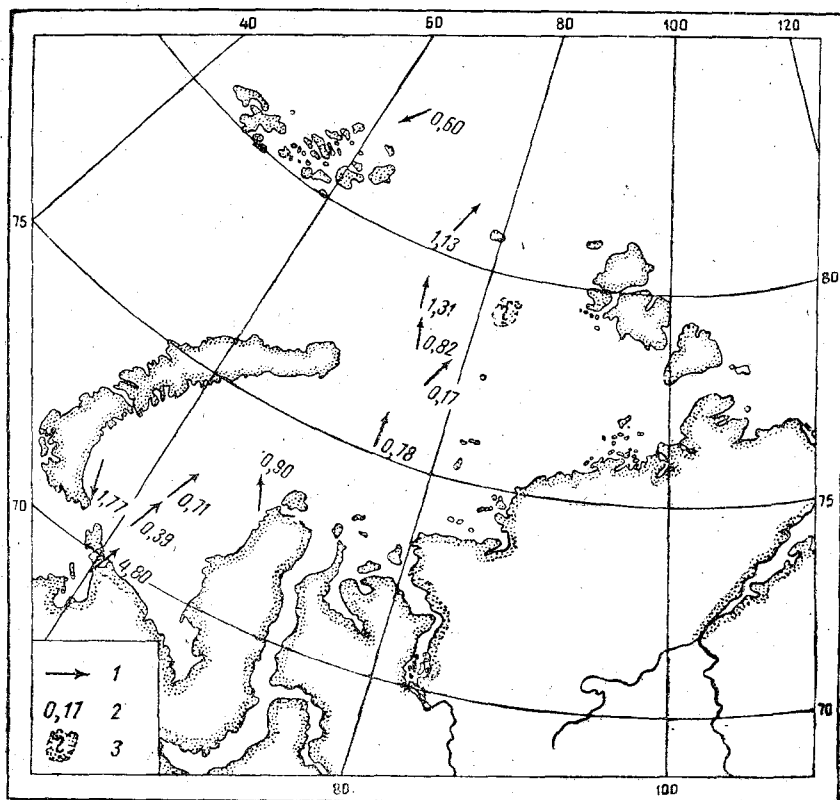


Рис. 16. Карта, составленная В. Ю. Визе, с указанием предполагаемой земли.

1 — постоянные течения, 2 — скорость, в милях в сутки, 3 — предполагаемая земля.

о течениях в северной части Карского моря, где до этого не плавало еще ни одно судно. Выяснилось, что передвижение «Св. Анны» было вызвано главным образом действующим здесь постоянным течением и только лишь отчасти ветрами. Внимательное рассмотрение всех зигзагов, проделанных судном на своем вынужденном пути, и сопоставление их с ветром привели Визе к заключению, что между 78 и 80° с. ш., несколько восточнее линии дрейфа «Св. Анны», находится какое то препятствие, не пускавшее судно на восток. Естественно, возникла мысль о существовании здесь земли. Визе вычислил приблизительное место-

положение этой земли и нанес его в виде незаконченного грубого контура со знаком вопроса на карту, которую поместил в одной из своих статей,¹ опубликованной в 1924 г. (рис. 16). Прошло еще 6 лет. В 1930 г. в Карское море была направлена научная экспедиция на л/к «Г. Седов». Одним из руководителей экспедиции был Визе. Курс «Г. Седова» был проложен через район предполагаемой земли и с корабля действительно увидели на горизонте землю. Открытая теоретически, за письменным столом, земля была обнаружена и справедливо получила название острова Визе.

В 1932 г. Вс. А. Березкин, участник экспедиции на г/с «Таймыр», производившей дальнейшие океанографические исследования Карского моря, изучая течения, пришел к выводу о существовании к северо-востоку от острова Визе другой земли или обширного мелководья. Эта гипотеза также подтвердилась в 1935 г. Нами, участниками экспедиции на л/к «Садко», среди которых находился и Вс. А. Березкин, было открыто в намеченном районе обширное мелководье с небольшим островом в его центре, покрытым глетчерным льдом — островом Ушакова.

ТЕЧЕНИЯ И НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Приведем, наконец несколько конкретных примеров значения морских течений для разных отраслей народного хозяйства. Известно, что в жизни нашего Балтийского моря большую роль играет поступление в него теплых и соленых вод, приносимых глубинными течениями из Северного моря. Увеличение или уменьшение их притока весьма существенно отражается на состоянии и численности морских организмов, которыми Балтийское море значительно беднее Северного. Повышение солености благоприятно для большинства организмов. В настоящее время, видимо, происходит некоторое повышение солености в глубинных слоях моря. Однако этот факт, весьма существенный для рыбной промышленности, требует длительного и тщательного изучения.

Мы уже упоминали о большом значении Северо-Атлантического течения для режима наших полярных морей (их ледовитости, прогретости вод, рыбных промыслов и т. п.) и в первую очередь для Баренцева моря. Основная масса теплых и соленых вод, как известно, входит в Норвежское море с юга, через Фарерско-Шетландский желоб. Однако количество этих вод, их температура и содержание в них солей меняется из года в год с периодом, близким к четырем годам. Это подтверждено обстоятельными исследованиями советского ученого Е. И. Чаплыгина²

¹ «О поверхностных течениях в Карском море». Известия Центрального Гидрометбюро, 1924.

² По его исследованиям, за год в среднем многолетнем через Фарерско-Шетландский желоб проходит 213 000 км³ воды. В холодное время года воды проходит почти в два раза больше, чем в теплое.

(1949 г.). Исследования эти следует продолжить, проверить указанную периодичность из большого ряда наблюдений и установить пределы колебаний мощности и температуры Северо-Атлантического течения. Существенно при этом установить и причины колебаний, возникающих далеко на юге Атлантического океана. Надо думать, что все это небезынтересно для наших сельских промыслов в Норвежском море и даже для Балтийского моря.

Изменения режима течений могут приводить, к счастью не часто, и к настоящим бедствиям. В 1925 г. Экваториальное противотечение, пересекающее Тихий океан с запада на восток, получило исключительное развитие. Одна из его ветвей спустилась вдоль побережий Южной Америки далеко к югу. В январе это течение, именуемое местными жителями Эль-Ниньо, достигло 5° ю. ш., в марте распространилось до порта Кальяо — 12° ю. ш., а затем дошло до Вальпарайсо — 33° ю. ш. Температура воды у последнего повысилась на $6-7^{\circ}$ против нормальной. Вследствие этого исчез богатый холоднолюбивый планктон этих районов, как правило, омываемых холодным Перуанским течением. Вместе с планктоном исчезла и рыба, что вызвало гибель питавшихся ею птиц и принесло крупные убытки местному рыболовству. На берегах прошли необыкновенно сильные дожди, причинившие очень большие разрушения, так как основным строительным материалом в этой обычно засушливой области является необожженная глина. Предвидеть это явление было невозможно и даже объяснить его удалось не сразу. В 1950 г. наблюдалась массовая гибель рыбы в районе Китовой бухты, на западном берегу Африки, омываемом холодным Бенгельским течением. Посланное туда исследовательское судно установило, что в этом году течение отошло от берега и на поверхность поднялось особенно много холодной глубинной воды. Вода быстро прогревалась и поднявшийся вместе с нею богатый планктон стал гибнуть. Гибель рыбы была вызвана разложением планктона и связанным с этим поглощением кислорода из воды.

Нечто подобное наблюдается в дальневосточных морях Советского Союза и в северо-западной части Тихого океана. Многие, вероятно, знают о иваси — дальневосточной сардине, высококачественной рыбе Японского моря. У наших берегов она долгое время не ловилась, но потом в летние месяцы стала подходить и к ним в большом количестве. Промысел ее был удачен и быстро развился, но вдруг, в 1941—1942 годах иваси почти полностью исчезла. Лов ее прекратился не только близ советских берегов (Приморье, Сахалин), но и у японских берегов. Это по видимому связано с понижением температуры, имеющей для иваси существенное значение, т. е. с отходом струй теплого течения.

Мы уже знаем об изменениях в географическом положении течений Куро-Сию и Ойя-Сию (Курильского течения). Куро-Сию в иные годы отходит от побережья Японии и вместо него дальше

к югу продвигается холодное Курильское течение. Подобные перемены, очевидно, не проходят бесследно и для режима течений Японского моря.

ТЕЧЕНИЯ И МОРЕПЛАВАНИЕ

Рассказывая о начале изучения морских течений, мы говорили уже о картах ветров и течений, помогавших капитанам парусных кораблей выбирать наивыгоднейшие пути в океанах.

Взглянем с этой точки зрения на расположение течений и ветров, хотя бы в северной части Атлантического океана. Для парусных кораблей и маломощных пароходов еще и сейчас не всегда выгодны кратчайшие пути через океан по дуге большого круга.¹ Парусникам и маломощным пароходам, направляющимся из Европы в Америку, правильнее избирать другой путь для плавания, более длинный по расстоянию, но более короткий по времени в связи с более благоприятными гидрометеорологическими условиями. Допустим, что такое судно выходит из Ла-Манша и направляется, скажем, на Вест-Индские острова, а затем к восточным берегам Северной Америки. Учитывая систему течений и ветров, оно должно сначала спуститься возможно южнее до параллели островов Зеленого мыса, а оттуда уже избрать курс, ведущий поперек океана к Малым Антильским островам. Продвижению его будет помогать Северное пассатное течение и устойчивые ветры северо-восточных румбов. При дальнейшем плавании от Антильских островов в район, например, Нью-Йорка судно будет иметь на всем пути попутное течение Гольфстрим.

Таким южным маршрутом шли, например, летом 1947 г. советские парусные шхуны, направлявшиеся из Балтийского моря на Дальний Восток через Панамский канал.²

Но иногда и мощные паровые суда при следовании из Европы в Америку тоже избирают южный, более спокойный путь. Так, в 1934 г. весной, весьма мощный, но малоприспособленный по своей конструкции к плаванию в открытом океане ледокол «Красин», пересекая Атлантический океан и направляясь в Карибское море, по выходе из Ла-Манша спустился на юг от Азорских островов и только там свернул на Малые Антильские острова. К этому его принудила вероятность штормовой циклональной погоды, характерной для весенних месяцев в северных областях Атлантики.

Решение это оказалось правильным. После сильного шторма

¹ Дуга большого круга на сфере является кратчайшим путем между двумя ее точками. При больших океанских переходах означенная дуга значительно короче пути одним и тем же курсом, который изображается на морских навигационных картах (построенных в проекции Меркатора) прямой линией.

² Б. Д. Шинько. «Под парусами через два океана». Географгиз, 1952.

в районе Азорских островов в дальнейшем были достаточно хорошие условия плавания. В то же время к северу от маршрута лежало, судя по поступавшим к нам метеорологическим сводкам с судов, циклоны шли с запада на восток один за другим, своего рода «цепочкой», создавая там все время штормовые погоды.

Такие пути, наиболее выгодные в гидрометеорологическом отношении (главным образом в смысле течений), а потому и более короткие по времени, существуют и в большинстве морей с достаточно устойчивым режимом течений. Правда, для каждого отдельного перехода выигрыш времени, а стало быть и экономия топлива оказываются в этом случае очень небольшими. Но когда по такому пути осуществляется регулярное движение, т. е. проходит много судов, — общая экономия может оказаться вполне реальной. А такое регулярное движение существует у нас на всех пассажирских и постоянных грузовых линиях. Мореплаватель заинтересован в знании морских течений не только для выбора пути. Чтобы правильно провести корабль по намеченному пути, судоводитель должен всегда знать течение в той точке пути, в которой находится его судно. Мореплавателя интересует при этом суммарное течение, которое фактически действует на судно, отклоняя его от истинного пути.

Всякое течение в море, как мы уже говорили выше, всегда является суммарным. Главнейшие его составляющие — это постоянные, периодические и временные, или случайные, течения. К постоянным относятся течения дрейфовые, сточные и стоковые, плотностные или градиентные и течения столь большого периода (до полугода), как муссонные течения Индийского океана. К периодическим относятся приливо-отливные течения. Знание их особенно важно при плавании в прибрежных районах, где они часто обладают большими скоростями. К течениям временного типа относятся в первую очередь ветровые и, кроме того, бароградиентные, сгонно-нагонные, сейшевые и инерционные течения. Применительно к этому разделению течений обычно составляются все пособия для мореплавателей — атласы и карты течений, таблицы течений и описания течений в лоциях, т. е. в руководствах для плавания.

Имея карту с нанесенными на ней постоянными течениями или, получив их элементы, скажем, из лоции и располагая атласом приливо-отливных течений для района моря, где идет корабль, мореплаватель может рассчитать сумму постоянного и приливо-отливного течений на каждый час суток. Очень часто в атласах приливо-отливных течений сразу дается эта сумма течений. Чтобы получить необходимое общее суммарное течение, остается к этой сумме добавить только рассчитанное ветровое течение.

В районах, где приливо-отливных течений нет или они слишком слабы, чтобы иметь практическое значение, рассчитанное ветровое течение складывается с постоянным. Наконец, в тех районах, где нет и постоянных течений, учитывать придется

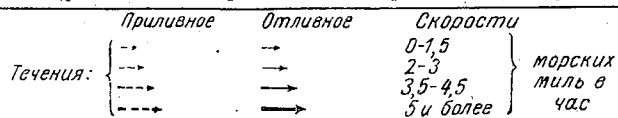
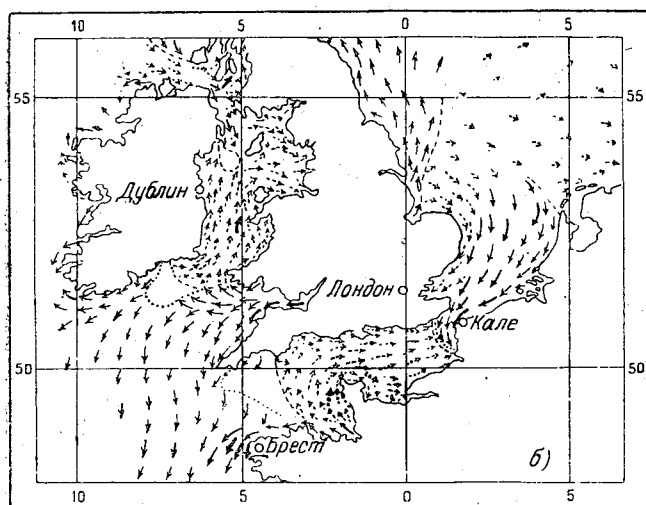
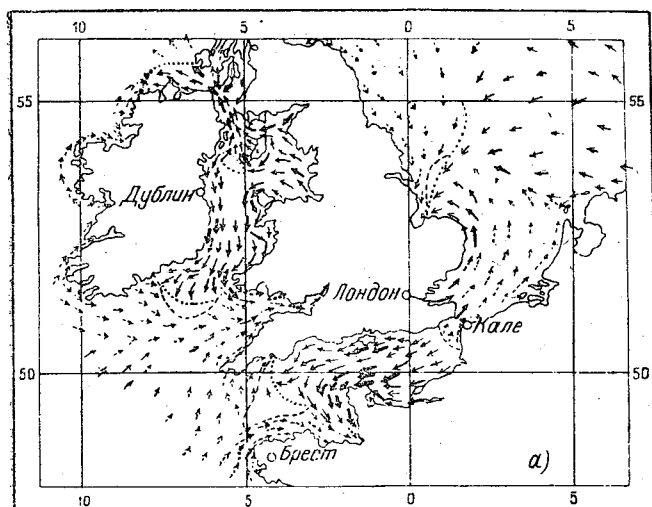


Рис. 17. Приливные течения у Британских островов.

а — 3 часа после полной воды в Дувре, б — 3 часа после малой воды в Дувре.

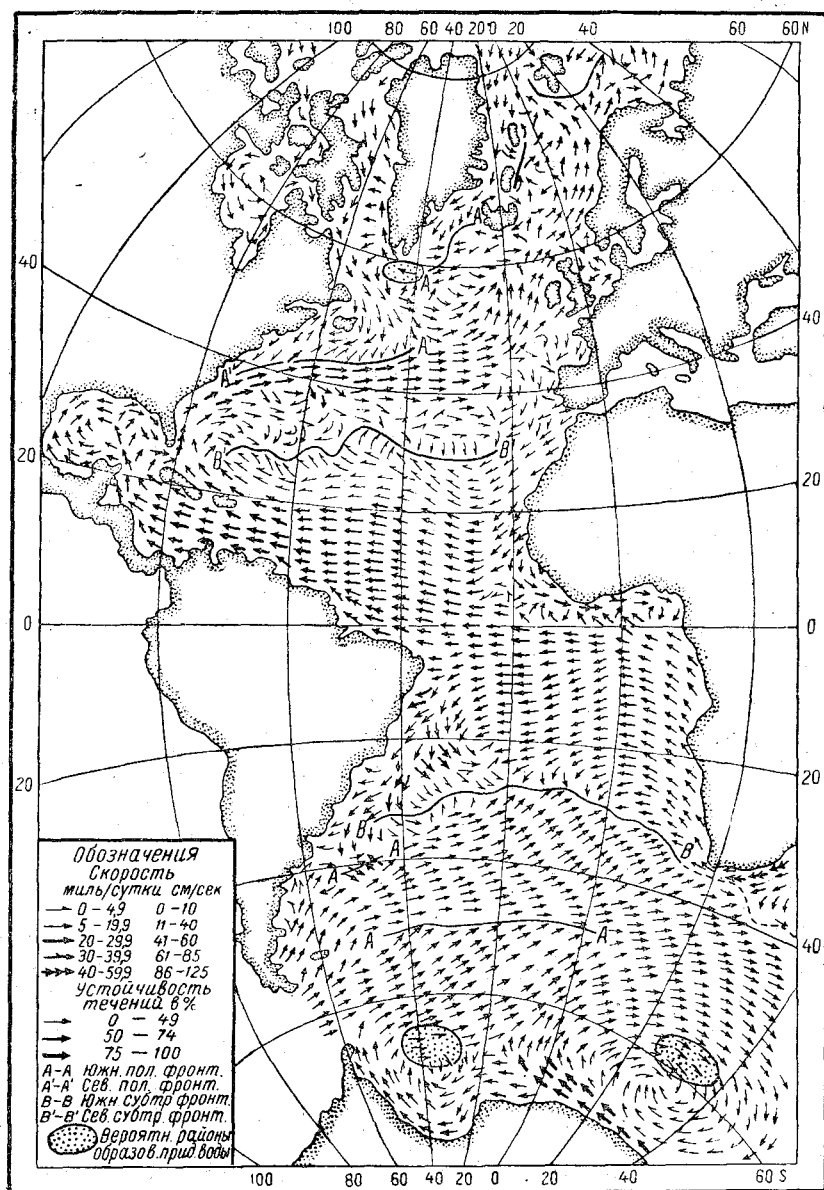


Рис. 18. Схема поверхностных течений Атлантического океана.

только одно ветровое течение. О том, как рассчитываются ветровые течения, мы сказали немного в начале этой главы. Опытные мореплаватели делают это довольно уверенно. О существовании в данный момент каких-либо других временных течений (баро-градиентных, сейшевых, сгонно-нагонных, инерционных и т. п.) в большинстве случаев приходится судить только предположительно, по общей гидрометеорологической обстановке и по условиям района.

Достаточно точная и обоснованная методика расчета применяется в настоящее время только к приливо-отливным течениям, которые подчиняются более простым законам, так как зависят от астрономических факторов. Существуют специальные атласы приливо-отливных течений для отдельных морских районов, в частности для проливов. На картах этих атласов обозначены направление и скорость течений на каждый час прилива (рис. 17).

Карты постоянных течений построены обычно на осредненных величинах (годовых, сезонных или месячных) громадного количества наблюдений с судов. Элементы течений обозначаются на них в виде прямых и волнистых стрелок разной длины (рис. 18) или в виде роз течений, подобных розам ветров, применяемым в метеорологии. Каждый луч розы указывает процент вероятности течения данного направления.

Выбрать по такой карте течение, которое имеет место в данный момент, конечно не просто. Для этого нужны специальные знания и опыт.

О ПРЕДСКАЗАНИИ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ РАЙОНОВ

На отдельных морях Бюро погоды регулярно передают прогноз течений на тот или иной срок вперед, что сильно облегчает судовождение. Рассмотрим данный вопрос применительно к датским проливам. Как мы говорили ранее, обычный режим течений в них обусловлен главным образом разностью плотности воды в Северном и Балтийском морях и режимом материкового стока в последнем. Это и создает два течения — поверхностное и глубинное: первое — выходящее из Балтийского моря, второе — вливающееся в него из Северного моря. Обычно эти течения так и называют «выходным» и «входным». В нормальных условиях эти течения лишь несколько меняются по скорости в зависимости от сезонных колебаний материкового стока. Но режим течений резко нарушается, когда на морях дуют крепкие ветры, нагоняющие или сгоняющие воду к входу или выходу из проливов. Это заметно меняет разность уровня в начале и в конце пролива и создает сильные сточные течения.

Исследования установили, что двум типам сильных течений (выходному или входному) соответствуют два характерных типа распределения атмосферного давления над северо-западной Европой. При высоком атмосферном давлении над восточной

частью бассейна Балтийского моря, вызывающем ветры восточных направлений, в датских проливах и в юго-западной части Балтийского моря создается нагон (прибыль воды), а в Скагерраке и Каттегате — убыль ее. Следовательно создается уклон поверхности вод в проливах в сторону Северного моря и усиливается «выходное» течение.

Обратный уклон из Каттегата в Балтийское море возникает в результате циклонической деятельности над северо-западной Европой, которая сопровождается обычно свежими западными и юго-западными ветрами. Они создают сгон воды в юго-западной части Балтийского моря и соответствующее ветровое течение в проливе. Бывают случаи, когда «входное» течение сточного типа полностью охватывает, например в проливе Зунд, все русло от поверхности до дна.

Прогнозы течения для отдельных, важных с навигационной стороны, районов часто основываются на зависимости между элементами течения и разностью (градиентом) атмосферного давления по направлению течения. Однако из-за недостатка непосредственных наблюдений течений результаты такого расчета далеко не всегда оказываются удачными.

Перед советскими океанографами поставлена почетная и важная задача дальнейшего изучения течений, так как прогресс в деле их прогнозирования возможен только на базе основательного знания их режима.

ЗНАЧЕНИЕ УЧЕТА ТЕЧЕНИЙ ПРИ ВОЕННО-МОРСКИХ ОПЕРАЦИЯХ

Течения с давних времен широко используются и в военноморском деле. Вспомним брандеры¹, эти огромные пылающие факелы, применявшиеся во времена деревянных парусных кораблей. Брандеры направлялись в сторону противника при наличии попутного ветра и течения. Они были применены русскими при разгроме турецкого флота у Чесмы во второй половине XVIII века.

Во времена, несравненно более близкие к нам, в первую мировую войну, в морских операциях при борьбе за пролив Дарданеллы воюющими сторонами применялись дрейфующие подводные мины, ставившиеся на разную глубину в зависимости от направления течения. Этими минами был подорван ряд судов различного тоннажа.

Очень важно знать характер течений во время военных операций на морях, когда отсутствует обычное ограждение подвод-

¹ Брандер—судно, нагруженное горючими и взрывчатыми веществами, которое в старину применяли для поджога неприятельских деревянных кораблей.

ных опасностей и берегов. В ту же войну 1914—1918 гг. нам пришлось однажды участвовать в постановке минных заграждений в районе Ирбенского пролива (западный выход из Рижского залива в Балтийское море). Пролив был густо усеян минами, поставленными как нами, так и противником. Некоторые из них были опасны и для мелкосидящих судов. Проходить проливом можно было только по специальным фарватерам, намеченным на карте заграждений, но не обозначенным в море. Приходилось тщательно учитывать гидрометеорологическую обстановку. Тех, кто с этим не считался и неправильно избирал свои курсы, ждала неудача, а иногда и тяжелая авария.

В один из пасмурных октябрьских дней 1916 г. автор с двумя катерами подошел к небольшой группе наших эсминцев, стоявших в дозоре у восточной кромки минной зоны в Ирбенском проливе. Вечерело. Море было почти спокойно. Дул слабый западный ветер. Катера стали за кормой флагманского эсминца.

При получении задания нам сразу бросилась в глаза явно недостаточная обеспеченность предстоящей операции (постановка мин в проливе) в гидрологическом отношении. Элементы поверхностных течений не были известны.

Изготовив из дерева поплавки кустарного образца, мы произвели до выхода на минную постановку ряд приближенных измерений течения. Для этого бросали поплавки с носа эсминца, а когда они проходили корму корабля, отмечали время. Зная длину эсминца и время прохождения вдоль него поплавков, нетрудно было подсчитать скорость поверхностного течения. Направление течения определялось по судовому компасу, так как корабль стоял по течению. Полученные из наблюдений элементы течения, достаточно заметного по своей скорости, были приняты в расчет при прокладке пути катеров на карте в пределах минной зоны в проливе.

Несмотря на встреченные трудности, принятые меры предосторожности позволили нам поставить ночью мины как планировалось, у самого южного побережья пролива, занятого неприятелем, временами обстреливавшим ближайшие к берегу районы моря. Катера благополучно вернулись к кораблям дозора.

Приняв с эсминцев следующую партию мин, катера вышли на продолжение постановки. Автор подробно информировал нового руководителя похода о счислении пути между минными полями, подчеркнув необходимость учета течения. Информацию выслушали молча, вопросов не задали, видимо не придав сказанному большого значения.

Примерно через полчаса послышался глухой гул отдаленного взрыва и непродолжительная артиллерийская канонада. В направлении, куда пошли катера, поднялись осветительные ракеты. Затем все стихло.

Спустя еще 30—40 минут вернулся и подошел к борту один из катеров и сообщил, что второй катер взорвался на mine и

затонул еще на пути вперед. Часть людей погибла, часть была подобрана уцелевшим катером.

Автор глубоко убежден, что в этом несчастье главную роль сыграл недоучет сноса от течения.

Глава IV

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ

СПОСОБЫ НАБЛЮДЕНИЙ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕЧЕНИЙ

Человек очень давно научился измерять направление и скорость движения воздушных течений — ветров. Это очень несложно, когда дело идет о наблюдениях в каком-нибудь одном месте. Простейший флюгер, установленный на столбе или на крыше высокого здания, совсем неплохо разрешает эту задачу.

Сравнительно несложно измерить и движение вод в реке. О направлении течения здесь в большинстве случаев задумываться не приходится. Нетрудно найти и неподвижные точки, между которыми можно измерить скорости течения.

Наблюдения над морскими течениями много сложнее. С берега мы видим лишь очень незначительную часть поверхности моря. В открытом море нет неподвижных точек. Стать на якорь возможно далеко не всегда: то грунт каменистый и якорь плохо держит, то глубина слишком большая. В открытом океане постановка судна на якорь на глубине в несколько тысяч метров хотя и возможна, но требует специального, очень сложного якорного устройства. Таких постановок, на глубинах в 6000 м и даже больше, до сих пор удавалось провести всего несколько десятков.

Вот почему для изучения течений в океанах и в открытом море приходится применять много способов, зачастую очень далеких от какой-либо техники и на первый взгляд очень неточных.

СВОБОДНО ПЛАВАЮЩИЕ ПРЕДМЕТЫ (ПОПЛАВКИ)

Одним из простейших средств для изучения морских течений являются свободно плавающие (дрейфующие) предметы, в частности, так называемая «бутылочная почта».

Запечатанная бутылка с запиской вполне логично ассоциируется в нашем представлении с людьми, потерпевшими кораблекрушение, носимыми в утлой шлюпке по безбрежным просторам океана или выброшенными на какой-нибудь необитаемый остров. Читавшие занимательнейший роман Жюль-Верна «Дети капитана Гранта», вероятно, помнят его завязку — найденную в море бутылку с трудно понятной запиской.

Бутылочная почта широко применяется и при изучении течений. Впервые бутылочная почта была использована в научных целях более полутора столетий тому назад французским путешест-

венником, плившим на парусном корабле с Антильских островов в Европу. Он бросил в пути ряд бутылок с записками, в которых были указаны название корабля и местоположение его в момент «отправки почты». Одна из этих бутылок была найдена у берегов Бретани, во Франции. Оказалось возможным хотя бы приблизительно наметить ее путь и вычислить скорость принесшего ее течения. Постепенно способ этот стал применяться чаще и в конце прошлого и начале текущего столетия использовался очень широко. Обращения к нашедшему бутылку составлялись одновременно на нескольких языках в зависимости от района исследования. Так, например, на гидрографических судах «Таймыр» и «Вайгач» во время работ в северо-западной части Тихого океана указанные обращения¹ писались на русском, английском и японском языках.

Бутылки частично заполнялись песком так, чтобы из воды торчало лишь горлышко. Этим уменьшалось влияние ветра. Пробка заливалась варом (смолой). Сперва бутылки бросались в воду поодиночке. Затем перешли к отправке по несколько бутылок одновременно. Это заметно улучшило получаемые выводы. Однако бутылочная почта имеет и ряд недостатков, особенно в морях с малонаселенными, пустынными берегами. Прибитые к ним бутылки обнаруживаются очень нескоро, после долгого лежания в прибрежной зоне. Это не дает возможности точно установить время нахождения их в пути. Многие бутылки заносит на береговом пляже песком или при волнении разбивает о скалы.

Понятно поэтому, что в подобных морях количество находимых бутылок заметно меньше, чем в морях с обжитыми побережьями. Так, например, в Северном море из брошенных там за 3 года 3550 бутылок было найдено 577, т. е. 16,1%. Такой же процент был получен в 1904 г. в Каспийском море. А при исследованиях дальневосточных морей (Охотского, Японского и частично северо-западной части Тихого океана) из брошенных гидрографической экспедицией Тихого океана 10000 бутылок (1907—1912 гг.) было найдено всего 2%. Однако 5 бутылок, брошенных в море вблизи восточных берегов Камчатки и на юго-востоке Охотского моря, совершили дальний путь до берегов Северной Америки. Они были обнаружены к северу от Калифорнии, куда их принесло тихоокеанское течение Куро-Сию.

Из числа бутылок, брошенных Гидрографической экспедицией Северного Ледовитого океана в морях Беринговом, Чукотском и других, найдена лишь ничтожная часть. Но и там пути некоторых бутылок оказались очень интересными. В 1913 г. осенью гидрографические суда экспедиции «Таймыр» и «Вайгач» попали в Беринговом море в жестокий шторм и были вынуждены зайти

¹ «Просьба к лицу, нашедшему бутылку с настоящим документом, заполнить оставленные в нем свободные места, указав, где и когда была найдена бутылка, и отослать его по адресу, указанному ниже».

в Сант-Майкл¹ на Аляске, близ устья реки Юкон. Там накануне прихода судов рыбаками была выловлена бутылка, которая была брошена автором этих строк в июле того же года с судна «Вайтач» во время пути вдоль западного берега Берингова пролива на север. Суда экспедиции за три месяца прошли в Северном Ледовитом океане, во льдах, несколько тысяч миль. Экспедиция сделала выдающееся географическое открытие — открыла Северную Землю и вернулась в Берингово море. Бутылка за это время прошла по прямой всего 260 морских миль. Очевидно, в действительности она совершила более длинное плавание, может быть даже с выходом в Чукотское море. Если бы суда экспедиции бросили в проливе не две-три бутылки, а несколько десятков, то бутылочная почта дала бы и там, возможно, более ощутимые результаты.

Иногда «почтовые» бутылки проходят громадный путь как по длине, так и по времени (рис. 19). Известен случай, когда бутылка, брошенная в декабре 1900 г. на юге Атлантического океана близ берегов Патагонии (Южная Америка), была обнаружена в июне 1904 г. в Тихом океане на западном побережье северного острова Новой Зеландии. Бутылка прошла за 1271 сутки рекордный путь длиной около 10700 морских миль, или, округляя, около 20000 км. Она обогнула почти три четверти земного шара, продвигаясь на восток с дрейфовым течением западных ветров со средней суточной скоростью в 8,5 морской мили.

Для изучения течений в полярных морях советские исследователи широко применяют свободные поправки другого вида — специальные деревянные буи, дрейфующие вместе со льдами. Буй эти несравненно прочнее бутылок и их легче найти на пустынных берегах или в море. Немало буюв, брошенных в море Лаптевых и в других северных морях, было затем обнаружено на побережьях северной Исландии и северо-западной Норвегии. Это позволило значительно пополнить наши представления о дрейфовых течениях в Полярном бассейне и в труднодоступных полярных морях. Этой работой долгое время занимался В. Ю. Визе. Вдумчиво анализируя записки, обнаруженные в буюх, найденных не только в водах Советского Союза, но и в зарубежных, он сумел извлечь из них немало ценного. Выводы В. Ю. Визе были широко использованы для построения карт течений Северного Ледовитого океана и его морей.

Выявить действительную линию всего пути свободных поплавок почти невозможно, потому что непосредственными наблюдениями удастся точно определить лишь начало и конец их пути.

В связи с этим, исследуя поплавок течения вблизи берегов

¹ Бывший Михайловский редут. Основан нашим выдающимся исследователем и мореплавателем Ф. П. Врангелем в бытность его главным правителем русских владений в Америке (1829—1835 гг.).

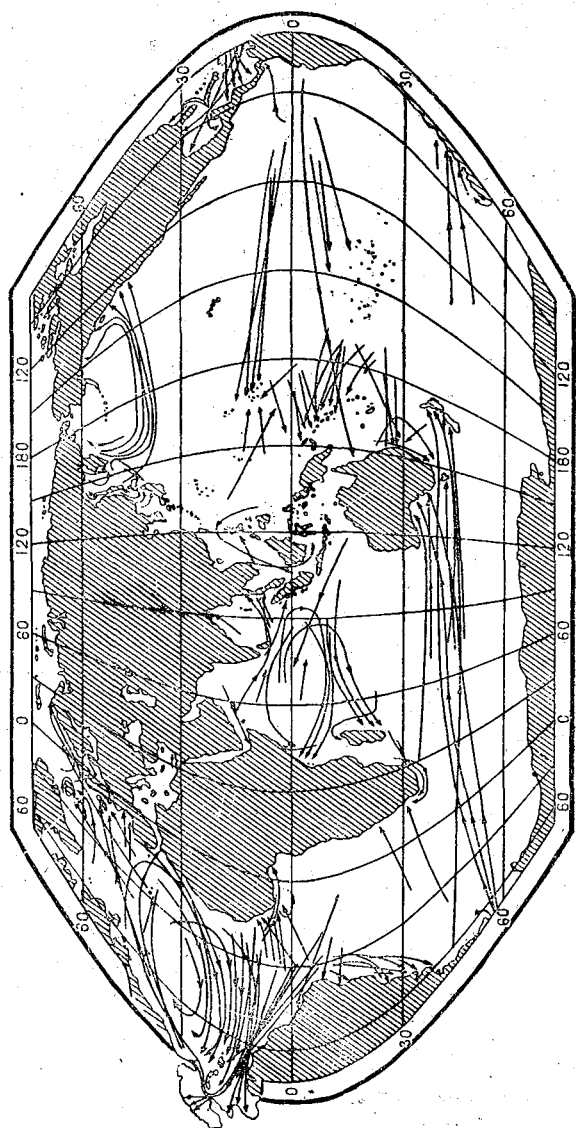


Рис. 19. Схема вероятных путей дрейфа бутылок в Мировом океане, составленная Ю. М. Шокальским.

или на небольших пространствах (в заливах, бухтах, проливах), стараются вести наблюдения за поплавками с берега. Их место определяют засечками с помощью угломерных инструментов или компаса. Иногда в отдалении от берега поплавки сопровождает судно, которое время от времени наносит их место на карту по пеленгам или направлениям на приметные пункты.

На береговых станциях, где это позволяют местные условия, всегда производятся наблюдения за дрейфом льда. В этом случае поплавками служат отдельные приметные льдины.

Движение льдов зависит не только от течений, но и от ветра, и это надо учитывать при обработке. Для изучения движения льдов, а следовательно, и течений в открытом море очень много дает самолетная разведка. Опыт показал, что, если требуется следить за дрейфующими льдами в течение долгого времени, их приходится как-то искусственно отмечать. Иначе легко ошибиться в их распознавании. Самолетами полярной авиации в свое время¹ ставились опыты по окраске льда путем распыления химических красок так же, как самолеты сельскохозяйственной авиации распыляют ядовитые вещества для борьбы с вредителями.

В ряде случаев для распознавания льдов используются и естественные их признаки: например, цвет льда или его загрязненность.

Более легко опознаются вследствие разнообразия форм и очертаний ледяные горы, или айсберги (льды материкового происхождения). В 1930 г. советские зимовщики на острове Гукера в архипелаге Земли Франца-Иосифа долгое время наблюдали за движениями приметного айсберга, который, повинаясь приливо-отливным течениям, двигался то в одном, то в другом направлении, дробя молодой морской лед. Зимовщики присвоили ему прозвище «бродяги». Он отлично отмечал фазы приливо-отливного цикла. В 1946, 1948 и 1950 гг. летчики И. С. Котов, И. П. Мазурук и В. С. Перов открыли в высоких широтах Арктики три дрейфующих ледяных острова площадью в десятки квадратных километров каждый. Эти острова представляют собой громадные айсберги, оторвавшиеся от шельфовых ледников на северной окраине Канадского полярного архипелага.

Наблюдения за их движением позволили океанографам установить их происхождение и пути в Центральном полярном бассейне (см. рис. 15). Ледяные острова подвергаются воздействию глубинных течений и дрейфуют нередко в несколько ином направлении, нежели морской лед на поверхности.² Иначе чем поверхностный лед дрейфуют и ледяные горы — айсберги — много меньших размеров, чем ледяные острова. На это указывал великий ученый М. В. Ломоносов. В «Рассуждении о происхождении

¹ На «заре» полярной авиации.

² В сплоченных многолетних льдах высоких широт, дрейфующих нередко одной массой на обширных площадях, попавшие в них «острова», очевидно, временами движутся по направлению общего ледяного дрейфа.

ледяных гор на северных морях»¹ он писал: «... известно, что ветер и волны часто идут против морского течения. Лыдины на поверхности несутся ветром, но ледяные горы, погруженные на большую глубину, увлекаются течением..., так как собственное течение моря у поверхности большею частью быстрее, чем в глубине, вследствие чего гора плывет медленнее, чем ледяное поле. Некоторые утверждают (с чем нельзя не согласиться), что морское течение в глубине порою идет навстречу течению поверхностному...».

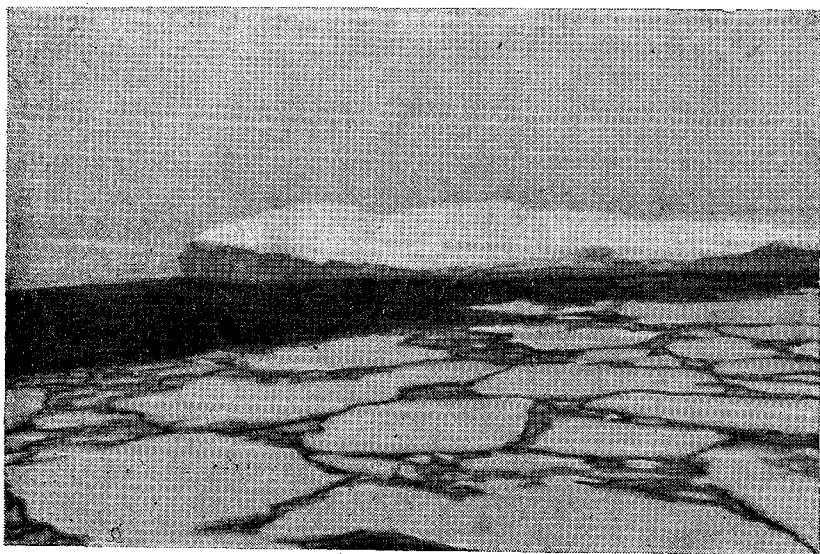


Рис. 20. Чистая вода за айсбергом (фото Г. М. Таубера).

При сильных ветрах, когда льды движутся быстрее чем айсберги, с подветренной стороны айсбергов нередко наблюдаются значительные полыньи и разводья (рис. 20). Кроме того, по наблюдениям советских китобоев в Антарктике, айсберги своей длинной стороной всегда располагаются вдоль течения.

Бывают случаи, когда роль свободных поплавков выполняют потерпевшие аварию и оставленные экипажем суда, по тем или иным причинам не потерявшие плавучести. Подобные останки иногда плавали в океане по несколько лет подряд.

Ю. М. Шокальский приводит в курсе «Океанографии» случай, когда потерпевшая аварию шхуна дрейфовала 1100 суток (около 3 лет) и прошла путь длиной около 8000 морских миль (15000 км). Шхуна долго сохраняла плавучесть, так как была

¹ М. В. Ломоносов. Полное собрание сочинений, т. III. Труды по физике, 1753—1765 гг. Изд. АН СССР, 1952.

гружена лесом. Встречали и определяли ее место 46 раз! Путь шхуны образовал замкнутую кривую в пределах Саргассова моря. Наиболее часто отмечались и прокладывались на карте пути дрейфа таких судов в северной части Атлантического океана. После второй мировой войны масса брошенных шлюпок, спасательных плотов и т. п. встречалась и во многих частях Тихого океана.

Много интереснейших сведений по океанографии, в частности для изучения морских течений и дрейфа льдов, дали наблюдения с судов, затертых льдами. Таких случаев было немало в Арктике и Антарктике. Напомним известные дрейфы Ф. Нансена на «Фраме» в 1893—1896 гг. и нашего героического «Г. Седова» в 1937—1940 гг.

Бывают подобные случаи и на морях умеренного пояса — в Белом, Балтийском, Азовском, Каспийском и на северных морях Дальнего Востока. В Белом, Азовском и Каспийском морях, где широко развит зимний промысел, нередко отрывает ветром и уносит в открытое море льдины с рыбаками. Еще не так давно, всего лишь 40 лет тому назад, эти случаи заканчивались, как правило, гибелью рыбаков. В советском государстве им немедленно оказывается помощь.

Поиски оторвавшейся льдины поручают обычно самолетам и ледоколам, которым, кроме непосредственной своей цели — спасения людей, часто удается провести ряд научных наблюдений. Ведь самые поиски планируются на основании того, что мы уже знаем о течениях и дрейфе льдов в данном районе. А путь каждой льдины вносит в эти знания свои исправления и дополнения. Сила советской организации и техническая мощь нашей Родины с особенным блеском и полнотой проявились во время спасения челюскинцев в 1934 г. Недаром именно в их среде, в ледовом лагере, родилась мысль о дрейфующих научных полярных станциях, которая и была осуществлена первый раз в 1937—1938 гг. четверкой папанинцев (И. Д. Папанин, Э. Т. Кренкель, Е. К. Федоров и П. П. Шишов).

Но о дрейфующих станциях мы еще будем говорить.

НАВИГАЦИОННЫЙ СПОСОБ НАБЛЮДЕНИЯ НАД ТЕЧЕНИЯМИ

Свободные поплавки — бутылки, буи, льдины, аварийные и затертые льдами суда — подчиняются только воле ветра, волн и течений. Их вынуждены учитывать не только парусники, но и все даже самые мощные современные суда — пароходы, теплоходы, и дизель-электроходы. Прокладывая на карте заданный курс корабля по компасу и пройденному расстоянию, измеренному латом, судоводитель в каждый данный момент точно знает место, в котором должен находиться корабль. Это его счислимое место. Чтобы точно знать место, в котором корабль находится в действительности, судоводитель время от времени производит неза-

висимые от прокладки своего пути определения места судна — так называемые обсервации.

В открытом море обсервации производятся по Солнцу или звездам (астрономические определения места), в прибрежной зоне — по береговым предметам — ориентирам (навигационные определения).

Обсервованное место корабля почти никогда не совпадает со счислимым, так как течение и ветер всегда сносят корабль в ту или другую сторону от заданного пути. Соединив линией счислимую и обсервованную точки, не трудно установить направление и скорость сноса. Если в это время ветра не было или он был незначительный, то снос обусловлен только течением. Направление и скорость последнего в таком случае получаются непосредственно из определения элементов сноса.

Однако разность в положении корабля по счислению и по обсервации может быть отнесена за счет его сноса ветром и течением только при условии, если она заметно превышает пределы точности определения места корабля.

Ошибки счисления зависят от неточности показаний лага и компаса, особенно магнитного.¹ Магнитный компас из-за изменений в величине девиации,² а также при недостаточно хорошо известном в иных районах Мирового океана магнитном склонении не всегда бывает вполне надежен. Нам лично известны случаи, когда еще не столь давно на севере, где магнитный компас из-за малой величины горизонтальной составляющей земного магнетизма бывает недостаточно чувствителен, снос судов, приписывавшийся течению, фактически был обусловлен неправильным показанием магнитного компаса.

Сказывается и то, что рулевые не всегда точно держат на курсе. Можно считать, что ошибки счисления за сутки достигают в умеренных широтах около 3 миль. Такой же примерно величины бывают ошибки при астрономической обсервации. Поэтому, если величина сноса за сутки получается не более 6 миль, то можно считать, что течение отсутствует.

Отметим, что видный исследователь наших дальневосточных морей М. Е. Жданко показал, что при четырехкратных наблюдениях Солнца в день вместо одного раза, как это обычно делается при плавании в открытом море, можно получить элементы течения с полной точностью.

Все сведения, необходимые для прокладки счислимого пути, и все произведенные во время плавания обсервации со скрупулезной точностью записываются в вахтенные журналы судов. Обработка этих записей, постепенно пополняющихся уже более

¹ В настоящее время на судах широко применяются гироскопические компасы, значительно более точные и надежные.

² Девиация — отклонение магнитной стрелки компаса от магнитного меридиана под действием на нее судового железа (магнитного поля корабля) (прим. ред.).

столетия, позволила получить основной массовый материал по течениям в океанах и открытых морях.

Все карты течений океанов построены, по существу, на наблюдениях, произведенных навигационным способом.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕЧЕНИЙ МЕТОДАМИ ГИДРОДИНАМИКИ

Изучение физических явлений, происходящих в морях и океанах, начатое плаванием русского военного шлюпа «Предприятие» (1823—1826 гг.) под командованием О. Е. Коцебу, продолжается и в наши дни. Все больше и больше экспедиционных океанографических судов выходит для этого в море. Каждое судно в ряде пунктов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, на так называемых гидрологических станциях, производит гидрологические наблюдения. На нескольких глубинах или горизонтах от поверхности моря и до дна определяют температуру и соленость воды, содержание в ней газов, например кислорода и углекислоты, и некоторые другие океанографические элементы.

Полученные данные наносят на графики, построенные так, чтобы они изображали плоскости, рассекающие море — гидрологические разрезы. Распределение на них различных океанографических элементов позволяет судить и о движении воды в разных слоях.

Представим себе разрез, идущий по 70—72-й параллели от побережья Скандинавии через Норвежское и Гренландское моря к берегам Гренландии. На правой стороне разреза, если смотреть на него с юга, изолинии очерчивают мощный слой воды, которая по своей солености и температуре (на поверхности в июле до 10°) не может быть местной. Это воды теплого Северо-Атлантического течения, проходящего здесь вдоль берегов Норвегии на север. На левой же стороне разреза значение и расположение изотерм¹ и изогалин,² наоборот, свидетельствуют, что тут вода значительно меньшей солености и температуры. Это воды Восточно-Гренландского холодного течения (рис. 21).

Таким образом, графики разрезов даже в простейшем их виде дают представление о качественной стороне явления. Они позволяют констатировать существование течения и определить характер и происхождение его вод.

Чтобы определить скорость течения и его точное направление, приходится прибегать к более сложной обработке гидрологических наблюдений. Суть ее можно представить следующим образом.

Вода, находящаяся в покое, располагается так, что более легкие слои всегда находятся над более плотными. Границы

¹ Изотермы — линии, соединяющие точки с одинаковой температурой.

² Изогалины — линии, соединяющие точки с одинаковой соленостью морской воды.

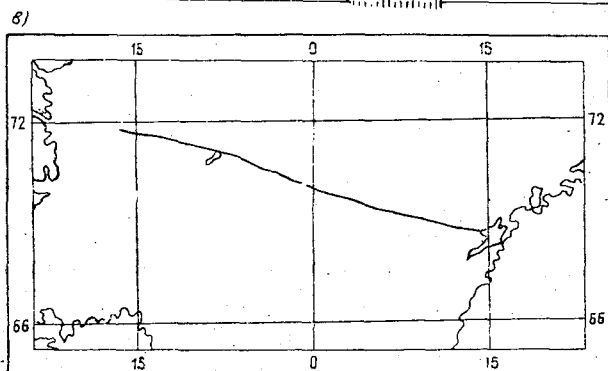
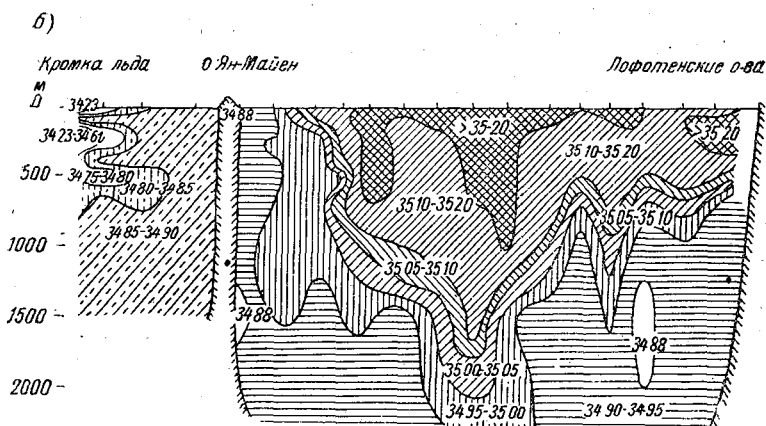
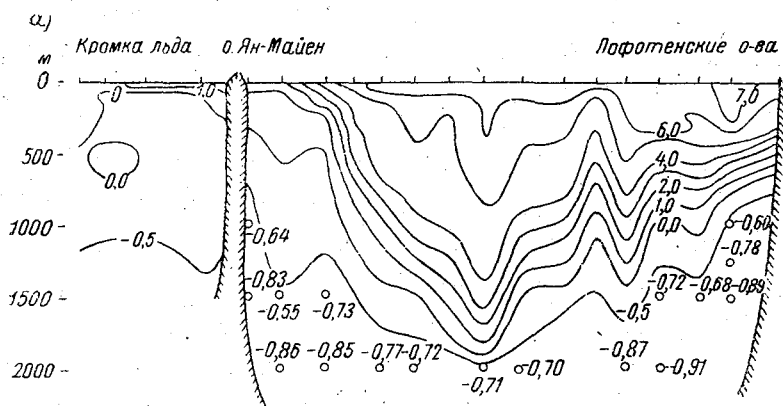


Рис. 21. Поперечный разрез через Норвежское и Гренландское моря по широте 70—72°.

а — температура воды, б — соленость, в — положение разреза.

между слоями в этом случае параллельны друг другу и горизонтальны.

В действительности же мы часто наблюдаем неравномерное распределение температуры и солености, а следовательно, и плот-

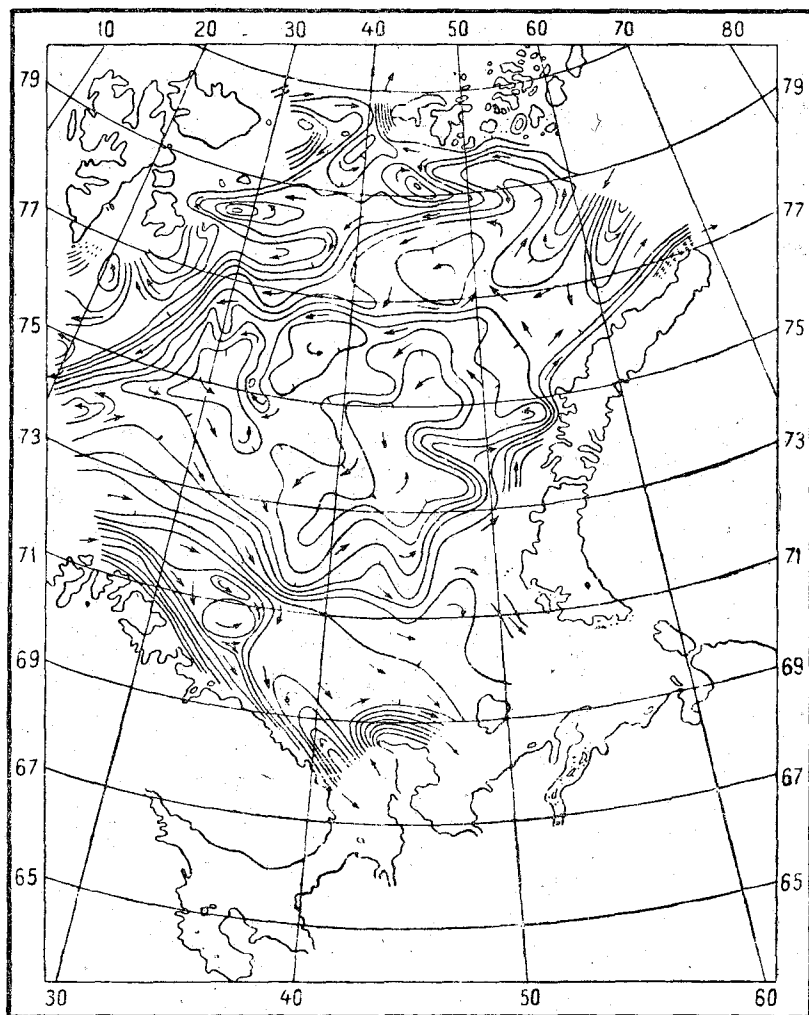


Рис. 22. Динамическая карта для поверхности Баренцева моря (по А. В. Соколову).

ности воды. Линии равной плотности на разрезах — изопикны — оказываются наклонными и изогнутыми. На одном и том же уровне (глубине) оказывается вода различной плотности.

Неравномерное распределение плотности воды может по-

стоянно поддерживаться нагреванием или опреснением воды в одном месте и охлаждением или осолонением в другом. В этих случаях, как мы уже знаем, должно возникнуть постоянное плотностное течение. И наоборот, всякое другое течение, вызванное любой другой причиной, неминуемо нарушает правильное распределение плотности воды — наклоняет и искривляет изопикны. Наклон изопикн всегда пропорционален той силе, которая стремится привести слои воды в равновесие (в первом случае) или, наоборот, выводит их из равновесия (во втором). Средства современной гидродинамики позволяют математически вычислить углы наклона изопикн между каждыми двумя гидрологическими станциями.

По наблюдениям на сети гидрологических станций, покрывающих какое-нибудь море, можно построить так называемую динамическую карту этого моря как для поверхности, так и для любой глубины, на которой производились наблюдения температуры и солёности. Изолинии на такой карте полностью соответствуют горизонталям (изогипсам на картах суши или изобатам на картах морей), т. е. изображают рельеф поверхности (рис. 22). Течения идут вдоль динамических горизонталей, оставляя вправо (в северном полушарии) районы с большими высотами. Скорость течения больше там, где горизонталы гуще (на «крутых» склонах).

Большое преимущество гидродинамических методов заключается в том, что, пользуясь ими, можно карты течений строить не только для поверхности, но и для глубин. Их недостаток — возможность надёжно улавливать только достаточно постоянные, устойчивые течения. Не применимы эти методы и на мелководье, где можно стать на якорь и наблюдать течения непосредственно при помощи различных приборов.

ОРГАНИЗАЦИЯ ИЗУЧЕНИЯ МОРСКИХ ТЕЧЕНИЙ

Мы должны знать морские течения во всей их полноте. Это очень важно для морской практики, в первую очередь для мореплавания. Но не менее важно это для смежных отраслей науки.

Можно ли, например, рассчитывать на успешное предсказание погоды на большой срок вперед, пока нам не известны точно все возможные изменения силы и мощности хотя бы главнейших течений Мирового океана? В удачном долгосрочном прогнозе погоды заинтересованы почти все отрасли планового социалистического народного хозяйства.

Систематические инструментальные съемки течений, как мы видели, возможны только в сравнительно небольших прибрежных и мелководных районах. На всей остальной поверхности Мирового океана, составляющей почти $\frac{3}{4}$ поверхности Земли, они пока еще невозможны. Здесь течения изучаются либо полупутно с про-

изводством других океанографических работ, либо такими способами (навигационный способ, бутылочная почта и т. п.), в которых океанографы должны участвовать главным образом в качестве организаторов. Это нужно твердо помнить и уделять организационной работе наибольшее внимание.

В. А. Снежинский в своем замечательном учебном пособии «Практическая океанография» приводит хороший пример того, какое значение имеют при этом целеустремленность, умение заинтересовать и привлечь к работе нужных специалистов из самых различных учреждений и ведомств. Бюро течений Каспийского моря, созданное начальником Управления по обеспечению безопасного кораблевождения на Каспийском море Н. Н. Струйским и начальником Бакинской морской обсерватории А. И. Михалевским, проработало шесть лет (1924—1930 гг.). За это сравнительно небольшое время Бюро течений сумело образцово наладить и осуществить много важных мероприятий. Оно собрало и обработало громадное число наблюдений, полученных из вахтенных журналов судов каспийских пароходств. При его помощи был организован ряд дополнительных исследований: наблюдения на плавучих маяках, бутылочная почта и специальные наблюдения над течениями в океанографических экспедициях. Были поставлены, кроме того, исследования потери хода судов на волнении, при ветре и волне разной силы и разных направлений. Широкий актив Бюро — по преимуществу моряки, гидрографы, портовые служащие — много сделали и для общего изучения Каспийского моря в гидрометеорологическом отношении. Во многих районах моря были собраны народные приметы и местные признаки погоды. Этот коллектив добровольных исследователей-энтузиастов может служить наглядным примером прекрасной, подлинно советской постановки дела. Ныне работы по исследованию морских течений ведутся советскими океанографами с еще большим размахом.

На всех наших морях существуют морские обсерватории, научно-исследовательские институты морского рыбного хозяйства и океанографии, партии портовых изысканий, гидрографические отряды и экспедиции. Изучают моря и океаны и центральные институты, такие как Институт морской гидрофизики и Океанологический институт Академии наук СССР, Государственный океанографический институт Главного управления гидрометеорологической службы СССР, Всесоюзный институт морского рыбного хозяйства и океанографии, Арктический научно-исследовательский институт Главного управления Северного морского пути и др. Советское государство предоставляет в их распоряжение прекрасные приборы, технику и целый флот экспедиционных больших и малых судов. Ведущим кораблем этого флота является «Витязь» — крупнейший в мире и прекрасно оборудованный океанографический корабль (рис. 23). По существу это настоящий плавучий научный институт. О техническом оборудовании

«Витязя» можно судить хотя бы по тому, что он может стать на якорь в любом месте Мирового океана. Длина его якорного каната равна 13,5 км, а его специальным лабораториям могут позавидовать старейшие береговые институты. Недавно начали производиться крупные океанографические исследования в Антарктике на новых специально оборудованных крупнотоннажных судах «Обь» и «Лена».

Но в составе океанографического флота много и других, не всегда таких крупных кораблей. Один из них представлен на

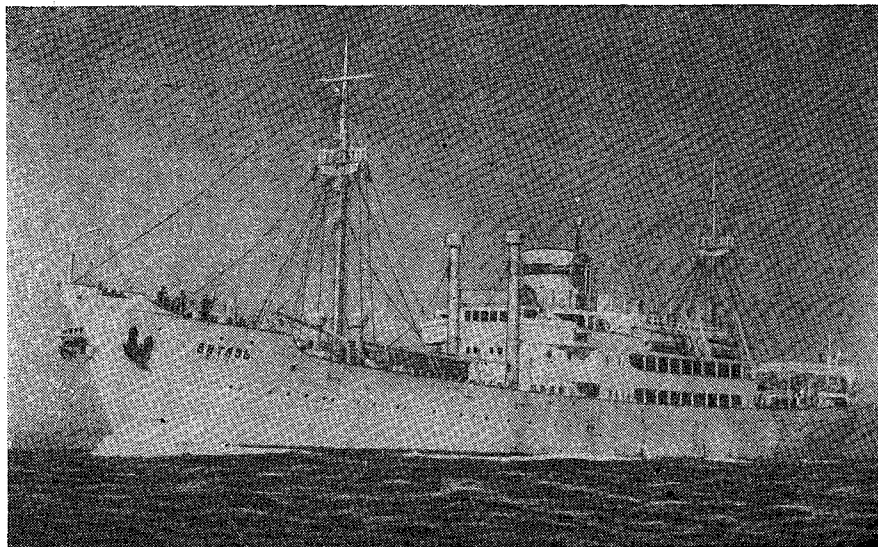


Рис. 23. Экспедиционный корабль «Витязь» АН СССР 1950 г.
(фото Н. Л. Зенкевича).

рис. 24. Широко используется для океанографических работ, особенно в Северном Ледовитом океане, и наша славная авиация.

Человек, не искушенный в морских плаваниях, может несколько изумиться, впервые увидев в море странного вида корабль, стоящий на якоре в любых условиях погоды, в шторм и высокую волну. Корабль этот имеет своеобразные надстройки, а на мачтах разнообразные шары или фигуры. Его борта нередко выкрашены в разные цвета. Это один из скромных тружеников моря — плавучий маяк.

В задачу плавучих маяков входит не только ограждение опасных для судов мест. Мореплаватели определяют по ним свое место на карте. Поэтому они и имеют для опознания в дневное время столь необычную внешность, а ночью несут специальные огни.

На плавучих маяках ведутся также наблюдения, необходимые для обеспечения безопасности плавания, и в первую очередь важная и порою трудная работа по наблюдению над морскими течениями. Работники, несущие вахту на плавучих маяках, разбросанных сотнями в разных морях, собирают ценнейший материал для изучения течений.

Важные наблюдения над прибрежными течениями ведут и береговые гидрометеорологические станции. Многочисленные

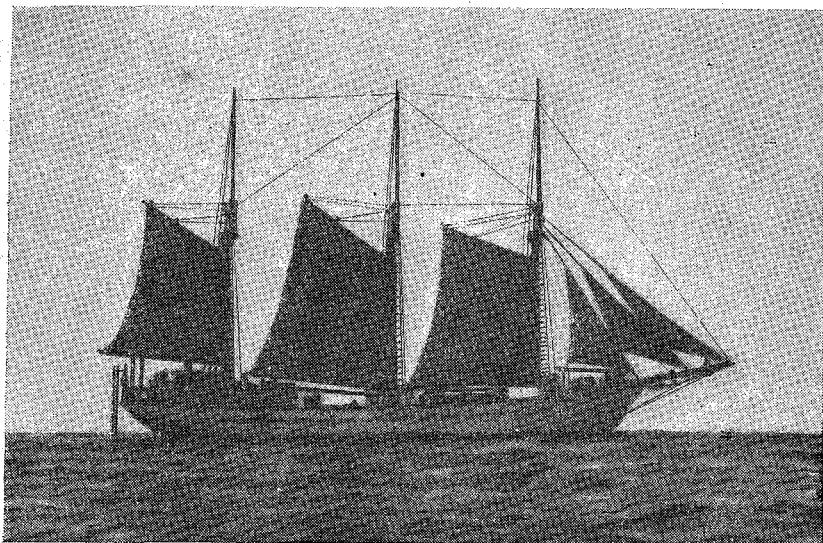


Рис. 24. Парусно-моторная шхуна „Профессор Рудович“ на океанографических исследованиях в Балтийском море.

океанографы-наблюдатели работают во время своих выходов в море нередко на небольших гребных шлюпках, порою в весьма суровых климатических условиях. Зимой многим из них приходится наблюдать течения прямо со льда, опуская приборы в пробитые для этого лунки.

Стационарные наблюдения у побережий являются ценнейшим вкладом в дело изучения морских течений. Экспедиционные наблюдения и те массовые наблюдения (навигационный способ, бутылочная почта, методы гидродинамики), о которых говорилось выше, дают материал для построения только сглаженных, осредненных карт течения. Во время якорной стоянки экспедиционного судна, которая очень редко продолжается больше одних суток, можно уловить лишь кратковременные изменения течений. Об их изменениях ото дня ко дню, от сезона к сезону и, наконец, от года к году можно судить только по стационарным длитель-

ным наблюдениям. А нам сейчас важно знать именно изменчивость морских течений.

Стационарные наблюдения постепенно начинают распространяться и на просторы открытого океана. В послевоенные годы для обеспечения воздушных сообщений через океаны в некоторых районах, в порядке международного соглашения, были организованы плавучие аэрометеорологические станции. Несколько кораблей, получивших название «корабли погоды», посменно несут вахту в определенных местах по трассам авиалиний (квадратах со стороной около 100 км).

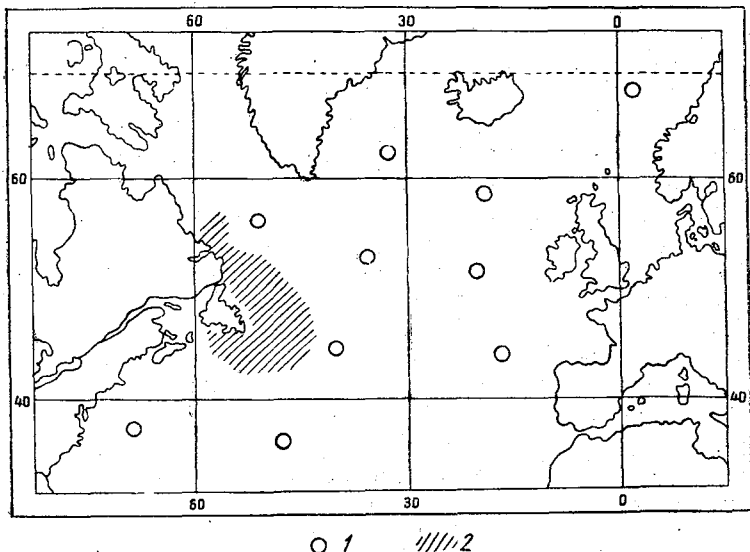


Рис. 25. Местоположение „кораблей погоды“ в северной части Атлантического океана в 1950 г.

1 — корабли погоды, 2 — район ледового патруля.

Несколько лет назад вахта «кораблей погоды» велась одновременно в десяти таких квадратах в северной части Атлантического океана и в четырех — в западной части Тихого (рис. 25). В последнее время на этих кораблях начали производить океанографические наблюдения, в том числе и над течениями.

К стационарным можно отнести и работы судов «ледового патруля»,¹ крейсирующих в районе Большой банки у Ньюфаунд-

¹ Патруль был создан вскоре после гибели от столкновения с айсбергом в 1912 г. океанского парохода «Титаник», сопровождавшейся многочисленными человеческими жертвами. Организация и финансирование патруля происходили в порядке международного соглашения, в котором участвовала и Россия. Советский Союз был вынужден выйти из этой организации, так же как и из организации по изучению Гольфстрима, вследствие того, что США, захватившие в них руководство, прекратили информацию СССР о результатах работы. Суда патруля непрерывно следят за движением айсбергов, производят гидрологические наблюдения и по радио сообщают судам ледовую обстановку.

ленда, и работу нашей ледовой разведки в морях Северного Ледовитого океана.

Стационарными являются и так называемые стандартные разрезы, регулярно выполняемые несколько раз в год по одним и тем же направлениям многими океанографическими учреждениями.

Лучшим примером таких разрезов является разрез по Кольскому меридиану, выполняющийся почти регулярно (пропуски сроков были только во время первой и второй мировых войн) уже свыше 50 лет. Именно Кольский разрез, в организации которого принимал участие Н. М. Книпович, послужил образцом для организации системы стандартных разрезов, намеченных в свое время Международным советом по изучению морей.

Разрез по Кольскому меридиану, идущий от Мурманского побережья до кромки льдов, в своей южной части пересекает мощное Нордкапское теплое течение, а северной — ветви других, преимущественно холодных течений.

Труднейшим районом в смысле его океанографического изучения очень долго был Северный Ледовитый океан. Плавание в нем обычно ограничено только трассой Северного морского пути. Но и здесь возможность навигации зависела от ледовой обстановки, познать и предвидеть которую можно только, изучив всю природу Северного Ледовитого океана, до конца выявив сложные законы, управляющие течениями и дрейфом льдов на всем его пространстве.

Сила советской организации, техническая мощь нашей Родины и замечательные качества советского человека, с такой полнотой проявившиеся во время спасения челюскинцев (1934 г.), натолкнули на мысль о создании дрейфующих научных станций. Жизнь на льду в ледовом лагере большого коллектива, в составе которого были даже дети, дала первый опыт. Получила громадный опыт и полярная авиация, блестяще справившаяся с эвакуацией экипажа «Челюскина» и личного состава экспедиции.

Первая дрейфующая станция «Северный полюс № 1», или сокращенно «СП-1», о которой мы уже упоминали, прошла в 1937—1938 гг. путь от Северного полюса до широких ворот в Атлантику между Гренландией и северной Скандинавией. Опыт был закреплен и расширен в 1950—1951 гг. станцией «СП-2» под руководством М. М. Сомова. Позднее, в 1954—1955 гг., наша страна внимательно следила сперва за дрейфом станции «СП-3» во главе с А. Ф. Трешниковым, «СП-4» во главе с Е. И. Товстиком (см. рис. 15), а потом за станциями, возглавлявшимися в 1955—1956 гг. Н. А. Волковым, П. А. Гордиенко, а позднее и другими.

Производятся наблюдения и с самолетов полярной авиации при посадках на ледяные поля. Все помнят о первых подобных работах летной экспедиции И. И. Черевичного весной 1941 г. в

области непроходимых льдов к северо-востоку от острова Врангеля. Сейчас дрейфующие станции располагают вертолетами.

Нужно только подчеркнуть, что назначение советских дрейфующих станций и самолетных работ на льду не ограничивается изучением течений и дрейфа льдов. Их основная задача — систематическое исследование природы Северного Ледовитого океана во всей ее полноте. В этой области ими уже сделан целый ряд открытий, сильно изменивших, например, существовавшие представления о рельефе дна центрального бассейна океана.

В лагерях станций созданы радиостанции, лаборатории по гидрологии, аэрометеорологии, геофизике и другие научно-исследовательские сооружения. Их техническое оснащение исключительно богато и прекрасно приспособлено для работы в суровых условиях Арктики.

Небезынтересно напомнить также о дрейфе на плоту, осуществленном в 1947 г. группой в 6 человек, в основном норвежцев, уже в тропиках восточной части Тихого океана. Это смелое плавание было предпринято с целью доказать правильность выдвинутой некоторыми учеными гипотезы, по которой заселение древним человеком островов Тихого океана шло с востока, от берегов Южной Америки. С целью поставить «эксперимент» в условия мореплавания первобытных времен плот был построен по эскизам древних плотов, применявшихся некогда в Перу. Он был сделан из древесных стволов, связанных лианами, без единого гвоздя или железных креплений. Двигателем мог служить только примитивный парус. Начатый в Кальяо (Перу) дрейф плота, продолжавшийся три с лишним месяца, проходил в зоне Южного пассатного течения и закончился в Полинезии, где плот был выброшен прибоем на один из островов архипелага Туамоту. Плот продрейфовал около 8000 км со средней суточной скоростью в 78 км¹.

Помимо прокладки на карте пути дрейфа и необходимых метеорологических наблюдений, участники этого своеобразного путешествия сделали исключительно ценные записи по биологии.

Ныне плот, носящий название «Кон-Тики», украшает вместе со знаменитым «Фрамом» национальный норвежский музей в Осло.

Нужно указать, что еще в первой половине XIX века русские моряки и ученые сделали в Тихом океане много ценных открытий и собрали при этом богатый этнографический материал. Спутник О. Е. Коцебу в одном из его плаваний естествоиспытатель Шамиссо впервые обратил внимание на сходство языка островитян Тихого океана с малайским и обосновал теорию азиатско-индонезийского происхождения населения Океании и Полинезии.

¹ Обручев С. В. «Экспедиция на плоту из Перу в Полинезию». Журнал «Природа» № 1, 1949.

В настоящее время этой теории придерживается большинство ученых-этнографов мира¹.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕЧЕНИИ

Как же измеряются течения во время океанографических экспедиций, стационарных океанографических работ и при систематических съемках течений?

Во всех этих случаях, и это вполне естественно, должны быть использованы уже известные нам способы — навигационный, бутылочная почта и методы гидродинамической обработки гидрологических наблюдений. В условиях специально организованной работы они должны давать, конечно, наилучшие результаты. Необходимо, однако, и более точные средства для измерения течения.

Приборы для этого были созданы далеко не сразу. Для определения сноса судна, а следовательно (при отсутствии ветра) примерной скорости и направления поверхностного течения, увлекающего с собою судно, нередко используется обычный морской лот, служащий для измерения глубины. Привязанный к лотлиню груз лота опускается на дно. По длине лотлиня, уходящего в определенный отрезок времени за борт дрейфующего судна, судят о скорости течения (дрейфа).

По горизонтальному углу отклонения опускающегося в воду лотлиня от направления диаметральной плоскости корабля, которое известно по показаниям судового компаса, устанавливают направление течения. Конечно, этот прием применим лишь в сравнительно мелководных районах, когда судно, остановившееся на чистой воде или затертое во льдах, находится вне видимости берегов с их приметными пунктами, при дрейфе в тумане и т. п. Этот прием может оказаться единственным средством для определения сноса судна и, следовательно, течения.

Для наблюдений в районах с большими глубинами этот способ употреблялся для определения только направления течения. Колумб во время своего первого плавания в Америку (1492 г.) по отклонению лота, опущенного глубоко в воду (в 27° с. ш. и 40° в. д.), заметил, что судно несет течением на юго-запад. Так было открыто Северное пассатное течение.

С судна, стоящего на якоре, течение легко измерить при помощи так называемых привязных поплавков. Обычно они состоят из двух сосудов, подвешенных один под другим. Верхний сосуд служит поплавком и загружается так, чтобы на поверхности было видно только его «горло», а нижний увеличивает «парусность» всей системы. Поплавки опускают на воду и через определенный промежуток времени измеряют длину сбегающего

¹ Те Ранги Хироа. «Мореплаватели солнечного восхода». Перевод и редакция проф. С. А. Токарева, 1950.

за борт линя, к которому привязан верхний сосуд, и его направление. Поскольку поплавки уносятся от корабля в основном только течением, длина и направление линя дают скорость и направление течения.

Иногда наблюдения производят поочередно двумя парами судов, нижние сосуды которых укреплены на разной глубине. Совместная обработка результатов наблюдений позволяет получить направление и скорость течения не только на поверхности, но и на глубине погружения самого нижнего поплавка.

Лот для измерения сноса (дрейфа) судна и привязные поплавки для измерения поверхностного течения с судна, стоящего на якоре, — приборы совсем не сложные и их может использовать каждый моряк. Поэтому они широко применяются и в настоящее время.

Идея более совершенных приборов была дана М. В. Ломоносовым в 1759 г., но только в 1881 г. она была осуществлена С. О. Макаровым при измерении течений в Босфоре.

С. О. Макаров построил прибор, названный им флюктометром, главной частью которого был двухлопастный винт. Прибор опускался с корабля на тросе и устанавливался против течения, так как был снабжен парусиновым хвостом-флюгером. Звонки, установленные на винте флюктометра, звенели при каждом его обороте. Это позволяло прослушивать из трюма корабля число оборотов винта в минуту. Направление течения определялось: пока прибор был виден в воде — по углу его отклонения от диаметральной плоскости корабля, а глубже — по углу отклонения троса. Прибор показал отличные результаты на глубинах до 60 м. Для больших глубин С. О. Макаров предполагал приспособить компас, картушку которого можно было бы стопорить (останавливать) в нужный момент.

Прибор С. О. Макарова получил полное конструктивное оформление в морской вертушке В. Экмана в 1905 г. (рис. 26).

Современная морская вертушка снабжена для измерения скорости четырехлопастным винтом, или пропеллером, соединенным со счетчиком, отмечающим число оборотов винта. Винт этот пускается в действие и останавливается с помощью грузов — «почтальонов», опускаемых по тросу, на котором подвешен прибор.

Чтобы узнать скорость течения на какой-либо глубине, достаточно выдержать там прибор 5—10 минут. По направлению потока прибор устанавливается посредством направляющего руля. Внизу к трубчатой оси прибора прикреплена коробка компаса. На ее дне сделано 36 секторов по 10° , а в центре ввинчена шпилька, на острие которой вращается магнитная стрелка с продольным наклонным желобком.

В корпусе вертушки устроено помещение для бронзовых шариков, которые по одному, через определенное число оборотов винта, падают в вертикальную трубку над центром компасной

коробки. Падая на желобок стрелки, шарики скатываются по нему в тот или иной сектор компасной коробки, показывая направление течения.

В настоящее время морские вертушки — это самый распространенный прибор для измерения течений. Неудобно их применять только на железных судах, так как корпус отклоняет магнитную

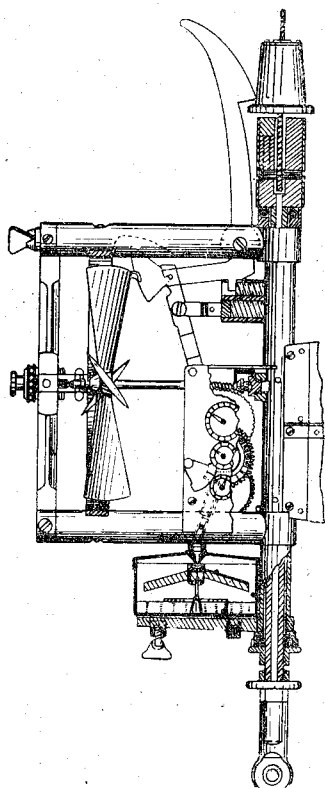


Рис. 26. Механизм морской вертушки (руль вертушки не показан).

стрелку прибора. Только с глубин 20—30 м, а иногда и более вредное влияние судового магнетизма становится малозаметным. Поэтому в поверхностных слоях моря направление течений обычно определяется или при помощи привязных поплавков или визированием вертушки через воду.

Перед минувшей войной для морской вертушки было построено специальное устройство, непрерывно записывающее направление и скорость течения. Большого распространения этот самописец, однако, не получил.

Совсем недавно советский конструктор Ю. К. Алексеев построил буквопечатающий самописец. Прибор этот записывает скорость и направление течений (скорость — в *см/сек*, направление — в градусах) и устроен так, что его запись не требует внесения поправок при обработке. Прибор рассчитан на работу с корабля или со льда в продолжение длительного срока и на глубинах до 1200 м.

Особенно важны сейчас автономные самописцы для установки их на якорь в открытом море. Использование их должно значительно улучшить изучение течений. Ведь длительные (десятками суток) стоянки в море экспедиционных судов обходятся всегда слишком до-

рого. Кроме того, с судна нельзя измерять течения в плохую погоду, во время штормов. В последнее время стали в ледовитых морях применять дрейфующие буи. Первый буй был сконструирован Я. Я. Гаккелем и Л. П. Самсония и испытан в 1947 г. Арктическим научно-исследовательским институтом в Карском море.

В том же Арктическом институте в 1950—1951 гг. созданы подобные устройства несколько облегченного типа. Это так называемые радиовехи, устанавливаемые на ледяных полях. Их называют также дрейфующими автономными радиометеорологиче-

скими станциями. Сигналы, посылаемые этими станциями в определенные сроки, улавливаются радиостанциями на берегу. Координаты подюющих сигналы станций или буев определяют путем радиопеленгования. Это позволяет проложить на карте пути их дрейфа. Изучение общего дрейфа льдов и течений в Полярном бассейне имеет громадное значение для практических целей. Так, в минувшем 1956 г. на некоторых участках трассы Северного морского пути создались необычно трудные ледовые условия. Затруднения были обусловлены необычными для нашего сектора Арктики синоптическими процессами, в результате которых паковые льды из области центрального бассейна, в летнее время, как правило, продвигающиеся скорее в северном направлении, стали частично дрейфовать к югу, в район трассы Северного морского пути.

Это удалось установить из регулярных наблюдений за льдами как полярных станций под литерами «СП №...», так и автономных. Их показания позволили Арктическому институту заблаговременно составить правильный прогноз предстоящих ледовых затруднений на пути судов.

Возникает, однако, вопрос, каким же способом измеряются течения при наблюдениях с самого дрейфующего льда или с судна на больших глубинах, если при этом нельзя стать на якорь?

В этом случае наблюдения производятся одновременно двумя вертушками по способу, предложенному еще С. О. Макаровым и впервые испытанному Ф. Нансеном. Один из проборов опускают на такую глубину, где течение практически отсутствует. Эта вертушка отметит движение (общий дрейф) судна под действием ветра и поверхностного течения.

Вторую вертушку опускают на ту глубину, на которой хотят измерить течение. Ее показания дадут величину равнодействующей общего дрейфа судна и течения на заданной глубине. Зная из показаний первой вертушки величину общего дрейфа, а из показаний второй — величину равнодействующей, вторую составляющую, т. е. скорость и направление течения на заданной глубине, находят как их векториальную разность. Расчет этот очень несложен. Но свободным временем для остановки в открытом море располагают только специальные экспедиционные суда. Их, как мы знаем, все еще слишком мало, чтобы провести съемку течений всего Мирового океана.

Морские течения очень сложны и изменчивы, и никакие описания, карты и атласы обычно не дают мореплавателю полного представления о них. Совершенно естественно поэтому, что человеческая мысль давно и настойчиво работает над созданием средств для измерения течений на ходу, без остановки судна. Эта возможность, по-видимому, уже близка. Совсем недавно разработан и широко испытывается совершенно новый, так называемый электромагнитный способ измерения скорости и направления течений. Идею этого метода высказал более ста лет тому

назад (в 1832 г.) крупнейший физик того времени М. Фарадей. Поскольку морская вода — проводник,¹ находящийся в магнитном поле Земли, в ней в районах течений должны возникать электрические токи.²

Фарадей пытался подтвердить свою мысль опытом, но не смог этого сделать из-за несовершенства применявшихся им приборов. Да он и не думал об использовании этого явления для нужд мореплавания, тогда еще почти целиком парусного. Мысль об измерении течений с корабля этим методом разработал известный русский магнитолог-моряк В. Я. Павлинов. В 1913 г. он получил патент на свое изобретение, но техника электрических измерений начала XX века оказалась еще слишком грубой для практического решения задачи. Помешала и первая мировая война.

Физическая сущность метода очень проста. Напряженность электрического поля, создающегося в потоке воды, текущей в магнитном поле Земли, прямо пропорциональна напряженности последнего и скорости течения. Напряженность магнитного поля Земли всегда и везде сейчас известна с достаточной точностью. Остается измерить напряженность электрического поля в морской воде. Современная измерительная техника позволяет это сделать достаточно точно.

С корабля выпускают за корму два проводника в одной оплетке (двужильный кабель). Один проводник короче другого на 100 м. На концах проводников для контакта с водой помещаются специальные электроды. Чтобы они шли по поверхности воды, к последнему электроду подвязан расплетенный пеньковый конец. Электроды буксируются на определенном расстоянии от судна (в 2—3 длины судна). На корабле проводники присоединяются к измерительному прибору — потенциометру. Он и записывает на бумажной ленте напряженность электрического поля в морской воде. Измеряется при этом величина напряженности, которая зависит от составляющей скорости течения, перпендикулярной направлению электродов, а следовательно, и курсу корабля. От скорости корабля измеряемая напряженность не зависит.

Повторив измерения на двух курсах, расположенных под углом, можно найти (по правилу параллелограмма) истинные направление и скорость течения. Точность электромагнитного метода измерения течений уже неоднократно проверена сравнениями с другими методами и приборами. Результаты сравнений отличные.

Кроме того, был проведен и такой опыт. Судно прошло 500

¹ Морская вода является раствором большого количества сильно диссоциированных солей, что делает ее электролитом высокой проводимости.

² Напомним, что явление электромагнитной индукции, т. е. появление индуцированного тока в проводе при движении его в магнитном поле, было открыто Фарадеем на год раньше, в 1831 г.

морских миль прямым курсом, а затем легло на обратный, чтобы вернуться в исходную точку. Течение непрерывно измерялось электромагнитным способом. Поправки немедленно вносились в счисление судна. В результате расхождение между «отошедшим» и «пришедшим» пунктами оказалось равным всего лишь 2 морским милям (на 1000 миль плавания). В то же время параллельное счисление обычным способом, без поправок на снос течением, показало расхождение в 52 мили. Плавание происходило в районе с довольно сильными течениями.

Электромагнитный способ обещает очень многое не только мореплаванию, но и океанографии. Для широкого внедрения этого способа в практику нужно не только «довести» его конструктивно, нужны еще и некоторые исследования непосредственно в морях и океанах. Нужно, например, обстоятельно выяснить влияние рельефа и грунтов дна, влияние двуслойных течений и т. д. Однако, как это всегда бывает, только практическое использование может по-настоящему вскрыть все недостатки и преимущества прибора. Поэтому, чем скорее электромагнитный способ будет введен в практику океанографических исследований, тем лучше.

Глава V

СИСТЕМА ТЕЧЕНИЙ МИРОВОГО ОКЕАНА

Излагая в первых главах историю изучения течений, а затем их классификацию и особенности, нам не раз приходилось приводить в качестве примеров различные течения Мирового океана. Естественно, что мы подбирали при этом те факты, которые лучше всего иллюстрировали излагаемые мысли, и совсем не заботились о связи упоминаемых течений друг с другом. Но, чтобы закончить ознакомление с морскими течениями и полностью представить их себе, необходимо рассмотреть их еще и с географической точки зрения. Надо познакомиться с общей системой течений Мирового океана в целом, а также с течениями отдельных океанов и морей.

Если мы взглянем на мировую карту распределения ветров по сезонам или полугодиям, а затем на карту морских течений, то обнаружим между ними большое сходство. При сравнении этих карт представляется, что именно господствующие ветры создают основную схему постоянных течений, в которую вводятся лишь небольшие дополнения, обусловленные неравномерным распределением плотности воды, наличием материков, отклоняющей силой вращения Земли, особенностями подводного рельефа, материкового стока и других факторов.

В нашу задачу не входит рассмотрение схемы общей циркуляции атмосферы. Считают, что она в основном определяется неравномерным нагревом подстилающей поверхности и отклоняю-

океане Северное пассатное течение начинается в районе Зеленого мыса, на западном побережье Африки.

Северо-восточный пассат обусловлен разностью атмосферного

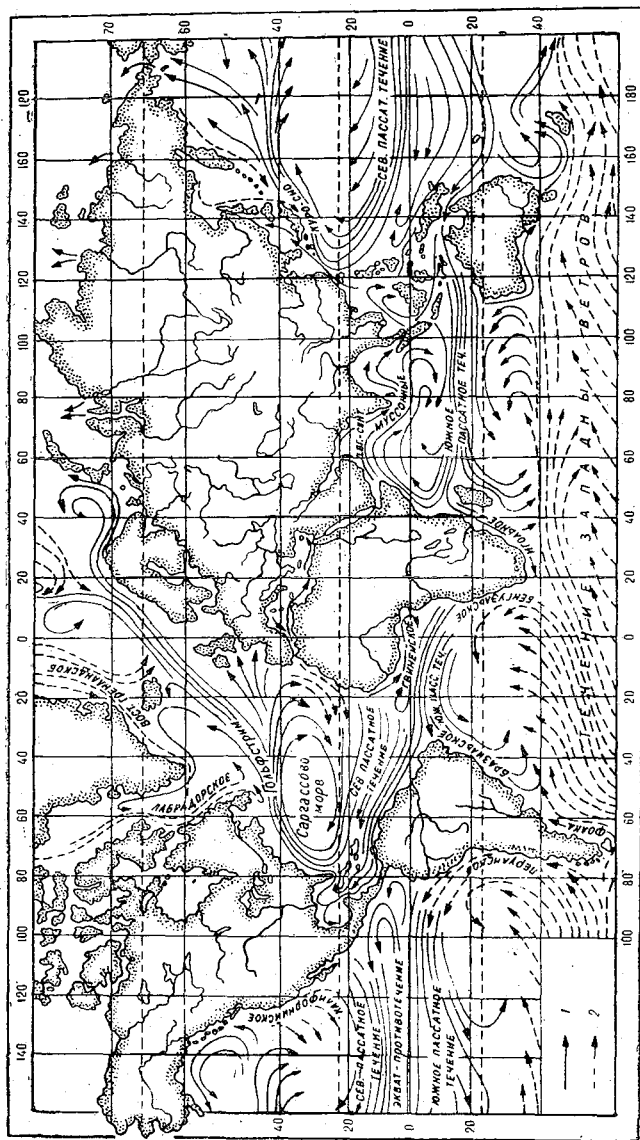


Рис. 28. Схема течений Мирового океана.
1 — теплые течения, 2 — холодные течения.

давления в так называемом азорском максимуме, расположенном обычно в районе Азорских островов, и на экваторе. Вследствие отклоняющей силы вращения Земли пассат дует не с севера на юг, а с северо-востока на юго-запад.

Под непрерывным воздействием ветра, в общем ровного и умеренной силы, воды Северного пассатного течения, отклоняясь от направления пассата еще правее, следуют широкой полосой с востока на запад. Только у самых берегов Африки течение имеет юго-западное направление. Это объясняется наличием идущего с севера Канарского течения, вливающегося в Северное пассатное. По мере своего продвижения к побережью Южной Америки, Северное пассатное течение постепенно поворачивает на северо-запад и сливается с водами, приходящими сюда из Южной Атлантики.]

Нужно сказать, что в экваториальной зоне последней существует Южное пассатное течение, аналогичное Северному. Оно начинается от берегов Африки, в зоне юго-восточного пассата южного полушария. Имея в начале несколько пониженную температуру в связи с вхождением в него холодного Бенгальского течения, идущего вдоль Африки из субантарктической области океана, Южное пассатное течение быстро нагревается. Приблизившись к берегам Бразилии, оно разделяется на два потока. Первый, более мощный, поворачивает на северо-запад, сливается с Северным пассатным течением и совместно с ним движется к Антильским островам. Меньшая ветвь Южного пассатного течения, под именем Бразильского, идет вдоль берегов Южной Америки к югу.

Между Северным и Южным пассатными течениями существует Экваториальное противотечение Атлантического океана, направленное в обратную сторону — с запада на восток. Будучи вначале малозаметным, особенно зимой северного полушария, это течение у берегов Африки становится более сильным и переходит в Гвинейское течение, омывающее берега Гвинейского залива.

[Прогретые лучами тропического солнца и осолоненные вследствие испарения экваториальные воды Северного и Южного пассатных течений, достигнув Малых Антильских островов, разделяются. Большая часть их проходит в Карибское море, пересекает его и через Юкатанский пролив входит в Мексиканский залив. Меньшая, восточная, ветвь продолжает идти к северу, вдоль материкового склона у Вест-Индийских островов, под названием Антильского течения. Хотя Мексиканский залив, как и Карибское море, по существу является только транзитным путем для экваториальных вод, как бы стремящихся быстрее выйти вновь на широкие просторы океана, все же его считают местом начального формирования Гольфстрима, его истоком.¹

Гольфстрим — одно из крупнейших и интереснейших течений мира, образующее со всеми своими разветвлениями так называемую «систему Гольфстрима».]

Главная масса экваториальных вод, вошедших с юга в Мек-

¹ Гольфстрим в переводе означает «течение залива».

сиканский залив, уклоняясь вправо и проходя вдоль северного берега острова Куба, устремляется во Флоридский пролив, полностью заполняя последний (Флоридское течение). Ширина этого пролива 40 миль, глубина 700—800 м, средняя скорость течения около 3 узлов, максимальная — 5 узлов. Если сравнить средний перенос воды во Флоридском проливе, равный 25,3 млн. $\text{м}^3/\text{сек}$, с таковым в реке Неве у Ленинграда (по Шокальскому, 3330 $\text{м}^3/\text{сек}$), то окажется, что Гольфстрим в истоке в 7600 раз больше столь многоводной реки, как Нева.

Больше того, расход воды (перенос) Гольфстрима у Флориды в 22 раза больше суммарного расхода воды всех больших и малых рек земного шара; севернее же (на параллели 38° с. ш.) расход этого течения превышает расход всех рек мира в 60 раз.

Что же является причиной непрерывного действия потока? Измерения разности уровней моря между одним из портов Мексиканского залива и одним из пунктов на Флоридском берегу океана установили, что она равна 19 см. Это очень большая величина. Математический расчет подтверждает преобладающее значение соответствующего уклона поверхности моря в образовании мощного и постоянного Флоридского течения.

Разность уровней связана с наличием в Мексиканском заливе водного подпора, создаваемого пассатными течениями, поддерживаемыми пассатными ветрами. Нагоняя сюда с юга сильно нагретые воды, они создают весьма высокую температуру во всей толще потока: вода во Флоридском проливе от поверхности до глубины 150 м имеет температуру выше 20° , а на самой поверхности 25° . Соленость воды здесь также весьма значительна (от 35,00 до 36,50‰). Изменения в силе пассатов через некоторый промежуток времени всегда сказываются на температуре Флоридского течения.

Исследования показывают, что усиление северо-восточного пассата на востоке Атлантики вызывает через несколько месяцев повышение температуры в истоке Гольфстрима. Усиление юго-восточного пассата также повышает температуру течения, но через больший срок (свыше полугода). В то же время с усилением пассатов у побережий Африки к поверхности моря поднимаются холодные глубинные воды. Входя в состав пассатных течений, они спустя 9—11 месяцев понижают температуру Флоридского течения.

Чередование теплых и холодных вод, обусловленное изменениями в силе пассатов, отмечено в системе Гольфстрима вплоть до Ньюфаундленда. Как указывают исследователи, эти температурные колебания сказываются в изменениях погоды на всем пространстве от Вест-Индии до северных областей Атлантики и северо-запада Европы.

Помимо стока, в образовании сильного и постоянного Флоридского течения большое значение имеют и очертания берегов, их расположение по отношению к господствующим ветрам и на-

правление последних. Но все же Гольфстрим должен быть отнесен к течениям сточным, а не чисто дрейфовым. Показательно, что и по своей глубине в истоке, как было указано близкой к 700 м и много большей, чем у дрейфовых течений, Гольфстрим также не подходит к последним.

С присоединением Антильского течения к Флоридскому (в широте около 30° сев.) их общая мощность возрастает в полтора раза с лишним (38 млн. м³/сек). Однако она может меняться как по сезонам, так и от года к году, и размеры этих колебаний еще недостаточно изучены.

Объединенное Флоридское течение идет далее в северо-восточном направлении вдоль окраины материковой отмели. По мере удаления от истока течение сильно увеличивается в объеме, увлекая за собой часть вод Саргассова моря. После перехода 35-й параллели течение, именуемое теперь Гольфстримом (собственно Гольфстрим), отходит от материковой отмели, продолжая идти на северо-восток. Скорость его значительна: на поверхности в широте 36° — порядка 2 узлов, а в широте 38° — 2,7 узла. Объем переносимых вод увеличивается за счет большей глубины нижней поверхности движущихся водных масс. Иные исследователи считают, что объем вод Гольфстрима достигает здесь громадной величины — свыше 75—80 млн. м³/сек.

Широкая полоса течения резко отделяется по своей температуре, солености и синему цвету с голубоватым оттенком от сопредельных вод. Гольфстрим подобен «реке в океане». Однако восточная его кромка выражена гораздо менее определенно по сравнению с западной и как бы размыта.

На пути Гольфстрима к району острова Ньюфаундленд, примерно от параллели Нью-Йорка, между ним и материковым побережьем внедряются холодные, менее соленые, зеленые воды Лабрадорского течения. Оно идет из полярного Баффинова моря, огибает с востока остров Ньюфаундленд и направляется вдоль берегов материка к юго-западу. В зоне соприкосновения Лабрадорского течения и Гольфстрима разница в температуре их вод бывает настолько велика, что создается своеобразная «холодная стена».

Так, по наблюдениям судов международного ледового патруля, температура поверхностной воды, измеренная с носа и кормы небольшого (длиной около 60 м) судна, различалась при пересечении «холодной стены» иногда на двенадцать с лишним градусов. По линии схождения (или конвергенции) Гольфстрима и Лабрадорского течения поверхностные воды последнего опускаются на глубину (см. рис. 18). Менее соленые, но несравненно более холодные, а потому более плотные воды Баффинова моря хотя частично и перемешиваются с водами Гольфстрима, но в значительной своей части уходят под его более легкие воды.

Наблюдения последних лет (1950 г.) показали существование

больших стационарных вихрей циклонического характера, возникающих у побережья в результате прохождения мимо него Гольфстрима (рис. 29). У левого, северо-западного, края Гольфстрима движение вод имеет большие скорости, чем у внешнего его края. По северо-западному краю Гольфстрима скорость течения доходит до 4—5 узлов, постепенно убывая по мере продвижения его к Ньюфаундленду. Водовороты, о которых мы только что упоминали, достигают иногда весьма крупных размеров — до 200 морских миль с запада на восток и до 60 миль с севера на юг. Отдельные водовороты возникают и у внешнего края основного потока Гольфстрима. Эти водовороты передвигаются против направления основного течения. Исследования подтвердили, кроме того, наличие смещений границ Гольфстрима со скоростью до 11 миль в сутки. Они отмечаются не только на поверхности, но и на глубине до 200 м (рис. 30).

К востоку от Ньюфаундленской банки Гольфстрим теряет характерные черты стокового течения, становясь скорее дрейфовым, и переходит в Северо-Атлантическое течение, постепенно разветвляющееся на отдельные рукава. Рукава эти часто отделяются друг от друга противотечениями или круговоротами, которые достигают иногда значительных размеров. Основная масса этого мощного течения продвигается с постепенно уменьшающейся скоростью к востоку. Его движение поддерживается господствующими в умеренных широтах западными и юго-западными ветрами. Недаром Северо-Атлантическое течение именовалось раньше «дрейфом Гольфстрима». Средняя скорость течения близка здесь к 10—15 морским милям в сутки.

Восточнее меридиана южной оконечности Гренландии обширная масса вод отделяется от южной части потока и направляется к юго-востоку. Западнее меридиана Азорских островов (30° з. д.) эти воды поворачивают к югу и затем вовлекаются в антициклональную систему течений Саргассова моря.

Большая по мощности часть Северо-Атлантического течения, продолжая следовать далее на восток, меняет постепенно свое направление на северо-восточное. В ней определенно намечаются две основные ветви. Одна из них, северная, располагается в пре-

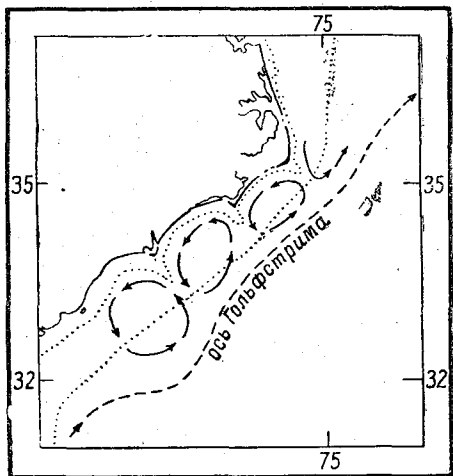


Рис. 29. Прибрежные циркуляции и очертания атлантических берегов Северной Америки между 32 и 35° с. ш.

делах 50—52° с. ш. На ее внешней окраине к водам Гольфстрима примешаны воды Лабрадорского течения. Южная ветвь течет в широте примерно 45°. Ее струи обходят с севера Азорские острова и обширным потоком направляются между ними и побережьем Испании к югу, образуя так называемое Канарское течение. Это течение, как уже упоминалось выше, приблизившись к экватору и перейдя в Северное пассатное течение, замыкает рассматриваемый нами обширный круговорот океанической цир-

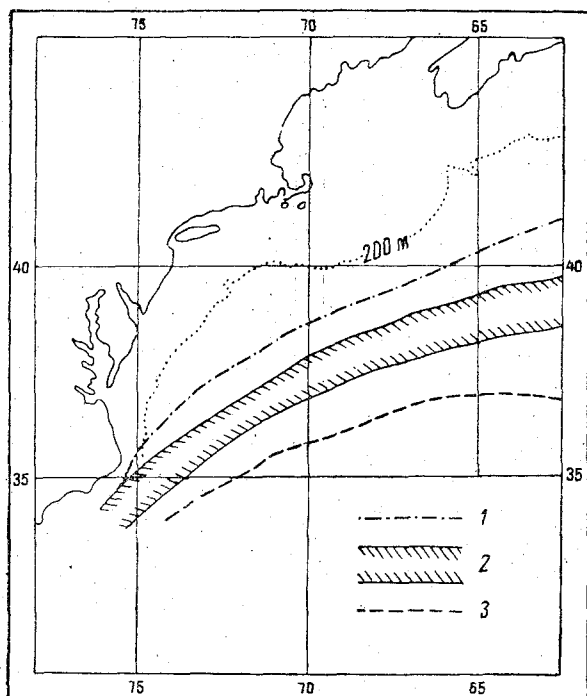


Рис. 30. Границы Гольфстрима с января 1929 г. по май 1931 г.

1 — крайняя северная граница, 2 — среднее положение, 3 — крайняя южная граница.

куляции, т. е. является одним из компенсационных течений северной части Атлантического океана. Оно несет в южные широты сравнительно холодную воду.

К Канарскому течению необходимо причислить и одну из ветвей, отходящую от Северо-Атлантического течения к северу от 45° параллели, стремящуюся к Британским островам. Ветвь эта, однако, до них не доходит, а к западу от Испании сворачивает на юг, постепенно сближаясь с только что описанной основной, более мощной ветвью. Проходя вдоль западных берегов Европы, она отделяет от себя ряд струй к южным берегам Британского архипелага, в Бискайский залив и на широте Гибрал-

тарского пролива — в Средиземное море. Восточная ветвь Канарского течения при своем движении на юг проходит непосредственно в районе архипелага Канарских островов. Здесь на течение начинает оказывать определенное воздействие северо-восточный пассат.

Поток Северо-Атлантического течения, уходящий на северо-восток, по своей мощности и объему значительно меньше потоков, принимающих участие в обширной циркуляции, охватывающей Саргассово море. Однако именно его воды исключительно важны для климата северо-запада Европы и северных побережий СССР. От этого потока отделяются ветви — течение

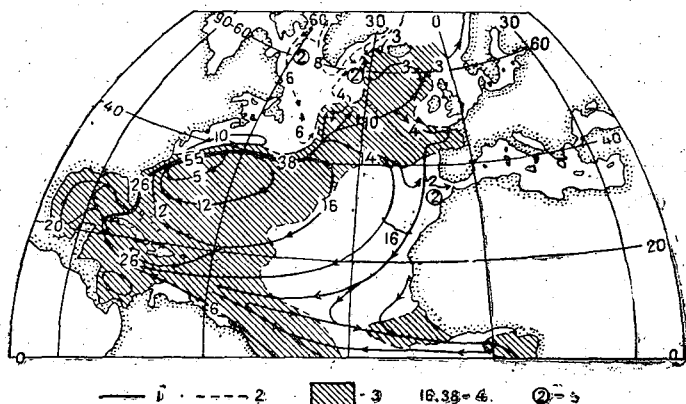


Рис. 31. Схема переноса течениями северо-атлантических и субарктических вод в Атлантическом океане (по Г. Свердрупу). 1 — теплые течения, 2 — холодные течения. 3 — область с положительной температурной аномалией, 4 — объем переносимых масс в млн. $\text{м}^3/\text{сек}$, 5 — районы опускания вод на глубину и объем последних.

Ирмингера на северо-запад к Датскому проливу (между Исландией и Гренландией) и к Гренландии, где они частично соединяются с холодным Восточно-Гренландским течением. Значительная часть потока проходит в Норвежское море, огибая западное и северное побережья Исландии. Основной поток Северо-Атлантического течения, по объему несомых им вод близкий к объему всех только что указанных ветвей, входит через пролив между Фарерскими и Шетландскими островами (рис. 31). Пролив этот шириной до 100 морских миль на подводном пороге, отделяющем Атлантический океан от Северного Ледовитого океана, имеет глубину около 500 м.

Как уже указано, Норвежское море, холодное по своему географическому положению, благодаря течению получает значительное количество теплых вод высокой солености. Некоторая их часть огибает Шетландские острова с севера и входит в Северное море. Там они опускаются под опресненные и более легкие воды, выходящие через датские проливы из Балтийского

моря. Продвигаясь уже в виде глубинного течения, воды направляются по глубокому прибрежному желобу в проливе Скагеррак и достигают пролива Каттегат. При благоприятных условиях глубинные воды атлантического происхождения, хотя и в сильно измененном виде, проходят в Балтийское море.

ТЕЧЕНИЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Главная масса атлантических вод продолжает непрерывным потоком продвигаться к северо-востоку по окраине материкового склона вдоль побережий Скандинавии. На параллели мыса Нордкап Северо-Атлантическое течение разветвляется. Одна ветвь огибает мыс Нордкап и под именем Нордкапского течения вступает в пределы Баренцева моря. Другая более мощная ветвь продолжает свой путь к северу и, достигнув архипелага Шпицберген, идет западнее его под названием Западно-Шпицбергенского течения.)

Нордкапское поверхностное течение оказывает смягчающее влияние на климат северной территории СССР, благодаря чему мы имеем богатые рыбные промыслы в Баренцевом море и незамерзающие порты на Мурмане.

Температура воды, вносимая Нордкапским течением в Баренцево море, при пересечении Кольского меридиана на протяжении 180 морских миль от побережья к северу колеблется во всей своей толще (в несколько сот метров) в среднем от 3° в апреле до 5° в сентябре. В поверхностных слоях в сентябре температура равна 7,5°. В течение большей части года воды Нордкапского течения отдают тепло атмосфере. Благодаря смягчающему влиянию этого течения юго-западная часть моря круглый год свободна от льда. Скорость течения и его температура подвержены из года в год заметным колебаниям, отражающимся на климате и ходе рыбного промысла.

Нордкапское течение, идущее вдоль Мурмана, далее постепенно склоняется к северо-востоку и переходит затем в так называемое Новоземельское течение, воды которого все же местами сохраняют синий цвет вод Гольфстрима.¹ Новоземельское течение следует поблизости от западных берегов Новой Земли и нередко выбрасывает на них предметы, приносимые сюда издалека. Чаше всего находят здесь предметы рыболовного промысла, например стеклянные поплавки от сетей с Лафотенских островов. Однажды на островке Исакова, или Гольфстрим, у северо-западного побережья Новой Земли, был обнаружен крупный стручок тропического дерева, растущего в Вест-Индии. Аналогичные находки имели место и на западных берегах Шпицбергена. Все эти

¹ Автору пришлось во время плаваний у северо-западных берегов Новой Земли (в 1910 г.) лично наблюдать среди вод другой окраски указанную воду синего цвета.

факты являются наглядным подтверждением прихода в эти области вод системы Гольфстрима.

Благодаря теплу, приносимому Западно-Шпицбергенским течением, в море непосредственно к западу от Шпицбергена обычно наблюдается малая ледовитость, и плавание в этом районе летом возможно в иные годы почти до широты 82°.

На параллели северного Шпицбергена часть струй Западно-Шпицбергенского течения отделяется к западу и, соединяясь с Восточно-Гренландским течением, стремящимся из Полярного бассейна вдоль Гренландии, увлекается к югу. В районе Исландии Восточно-Гренландское течение разветвляется: главный поток направляется в Датский пролив, а восточная ветвь, отклоняясь к юго-востоку, постепенно сливается с Северо-Атлантическим течением. Таким образом, здесь завершается второй, более северный, круговорот океанической циркуляции, имеющий в отличие от южного циклонический характер.

Основная струя Западно-Шпицбергенского течения входит в Полярный бассейн. Атлантические воды, как более тяжелые по сравнению с опресненными поверхностными слоями вод Северного Ледовитого океана, погружаются и продолжают свой путь на некоторой глубине в виде глубинного течения, образуя промежуточный слой воды с положительной температурой. Выше и ниже его от поверхности и до дна находятся воды с отрицательной температурой.

При движении глубинных теплых атлантических вод, проходящих в значительной своей части к востоку вдоль материкового склона, от них местами отделяются вправо ветви, поднимающиеся по материковому склону и входящие в моря Баренцево, Карское и Лаптевых. Ледокол «Красин» обнаружил их следы и на периферии Чукотского моря, к северу от острова Врангеля. Самолетной советской экспедицией И. И. Черевичного (1941 г.) они найдены на той же долготе, но много севернее (в широте 80°). Исследования станции «Северный полюс № 1» показали наличие атлантических вод в районе самого полюса, что свидетельствует об охвате ими громадных пространств в Полярном бассейне. Однако их мощность, т. е. толщина теплой прослойки, заметно уменьшается по мере удаления к востоку и северу от их «истока» на севере Гренландского моря.

Почти через полвека после открытия атлантических вод в Полярном бассейне (в 90-х годах прошлого века экспедицией на «Фраме») новые ценные данные о них получены советскими исследователями. Оказалось, что за это время тепловое состояние и толщина атлантической прослойки заметно возросли. По наблюдениям на «Фраме» (1895 г.) вода с положительной температурой залегала в слое, на глубине от поверхности моря, от 200 до 800 м и максимальная ее температура лишь немного превышала 1°. По наблюдениям ледокольного парохода «Садко» (1935 г.) в том же примерно районе, т. е. к северу от Карского

моря, этот слой начинался с глубины 110 м и продолжался до глубины 900 м, имея максимальную температуру в 2,7° (300 м). Общая глубина (до дна) в этом районе превышает 2000 м.

Движение глубинного течения происходит очень медленно. Подсчитано, что Северо-Атлантическое течение от Согне-фьорда (параллель Бергена), близ которого оно подходит к берегам Скандинавии, до Лафотенских островов проходит в среднем за один год, а до Баренцева моря (Кольского меридиана) — за два года. На передвижение вод Западно-Шпицбергенского течения с момента погружения их под слой распресненных арктических вод (в районе Шпицбергена) до меридиана острова Врангеля уходит, по мнению советских ученых, не менее 4—5 лет.

Мы говорили уже о громадном климатическом значении системы Гольфстрима. Приведем еще несколько справок. Ю. М. Шокальский («Океанография», 1917 г.) приводит расчет, из которого видно, что при охлаждении на 1° слоя воды в 200 м на пространстве Северо-Атлантического течения только в Норвежском море выделяется такое количество тепла, которое может нагреть на 10° слой воздуха в 4 км толщиной на площади, равной Европе.

Существует определенная положительная зависимость между температурой воды в Северо-Атлантическом течении вблизи Бергена в мае и средним приростом сосны в восточной Норвегии за лето следующего года. Известна также зависимость между температурой воды в этом течении и величиной улова трески у Лафотенских островов и между той же температурой и ростом и размножением сельди.

Существенно также огромное количество питательных солей, вносимых этим течением в Северный Ледовитый океан и его моря. Однако главное значение теплых вод Гольфстрима не только в их чисто гидрологическом эффекте, непосредственно сказывающемся в относительно небольших областях. Влияние Гольфстрима, связанное с переносом тепла воздушными массами, сказывается на весьма далекие расстояния от места их формирования.

Во время полярного дрейфа на ледокольном пароходе «Садко» (совместно с «Седовым» и «Малыгиным») в первую половину зимы 1937/38 г. при проходе к северу от Новосибирских островов, т. е. в высоких арктических широтах, мы нередко чувствовали мягкое «дыхание» Атлантики, приносимое с далекого запада погодами циклонического типа.¹ В это время на материке в Северо-Восточной Сибири царил суровая зима.

Большое практическое значение имеет мощное дрейфовое течение поверхностных слоев Северного Ледовитого океана. Оно направлено от берегов Сибири и, видимо, от берегов Америки

¹ Нередко в первую половину зимы исландский минимум в Северной Атлантике образует на северо-восток от себя ложбину низкого давления. По ней и направляются циклоны, проходящие нередко до Новосибирских островов и даже далее.

к проходу между Шпицбергом и Гренландией, т. е. в сторону Гренландского моря. Течение это связано с направлением господствующих ветров и является компенсационным по отношению к глубинным водам, втекающим в Полярный бассейн из Атлантики. Некоторое значение в его формировании имеет сток крупных рек Сибири и Северной Америки, впадающих в Северный Ледовитый океан, и частично воды, поступающие в Чукотское море через Берингов пролив. Скорость этого течения невелика. По генеральному направлению она составляет 1,5—2 морских мили в сутки, увеличиваясь к проходу между Гренландией и Шпицбергом до 3,5 морских миль. Течение это разгружает Полярный бассейн от льдов — количество льда, выносимого им, оценивается примерно в 10000 км³ в год. В последние 30 лет, во время потепления Арктики, скорость этого течения, а следовательно, и количество выносимого в южные широты льда заметно возросли.

ТЕЧЕНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

В южной части Атлантического океана течения образуют примерно такой же антициклонический круговорот, как и циркуляция вокруг Саргассова моря в северной. Но в этом круговороте, поскольку в южном полушарии отклоняющая сила вращения Земли направлена в противоположную сторону (влево), движение водных масс происходит против часовой стрелки.

В тропиках его северную часть образует упоминавшееся уже Южное пассатное течение; на западе — Бразильское. В районе устья реки Ла-Плата оно принимает восточное направление и на своей южной окраине смыкается с холодным течением Западных ветров, идущим к мысу Доброй Надежды.

Приблизившись к нему, течение Западных ветров в большей своей части поворачивает на север вдоль берегов Африки и образует холодное Бенгельское течение, несущее поверхностные воды из антарктических морских пространств. Течение это еще более охлаждается вследствие подъема на поверхность вблизи берегов Африки (при сгонных ветрах) глубинных холодных вод. Проходящие южнее воды течения Западных ветров, продолжаясь, сохраняют восточное направление, как мы знаем, наблюдаются далее в южных высоких широтах Индийского и Тихого океанов.

Можно считать, что этот непрерывный водный поток является своего рода барьером, отделяющим океанические циркуляции к северу от него от циркуляций в морях, расположенных у побережий Антарктиды.

Действительно, формирование циклонической циркуляции в Норвежском и Гренландском морях обусловлено наличием там двух сопряженных течений, одно из которых, входя в систему Гольфстрима, связано с более крупным по размерам и значению

антициклоническим круговоротам. Это обстоятельство как бы подтверждает общность и взаимосвязь всей поверхностной циркуляции Северной Атлантики. Иное мы наблюдаем в высоких южных широтах. В море Уэдделла существует, например, круговая циркуляция вод, но она протекает без видимой связи с большим субтропическим круговоротом южного Атлантического океана. Связь антарктических вод с водами остальных океанов осуществляется, видимо, лишь при посредстве глубинных течений.

Описание поверхностных течений южной части Атлантического океана не будет достаточным, если не упомянуть о Фолклендском течении, проходящем у юго-восточных берегов Южной Америки. Течение это отделяется от массы холодных вод течения Западных ветров Тихого океана, входящих в Атлантический океан, огибая мыс Горн. В этот район Фолклендским течением нередко приносятся льды. Течение поднимается вдоль берегов Аргентины значительно к северу, достигая 40° ю. ш., и отличается низкой температурой и малой соленостью из-за таяния льдов в южной его части. Характерна большая вертикальная мощность течения, делающая его в этом отношении до известной степени похожим на Флоридское (см. выше).

ТЕЧЕНИЯ ТИХОГО ОКЕАНА

Система течений Тихого океана, как и в Атлантике, включает в себя Северное и Южное пассатные течения и Экваториальное противотечение Тихого океана, выраженное более ярко чем в Атлантическом океане как по мощности, так и по длине.

Северное пассатное течение начинается в области северо-восточного пассата непосредственно к западу от Центральной Америки. Здесь в него вливаются воды Калифорнийского течения, спускающегося с севера, и воды северной ветви Экваториального противотечения. Ветвь эта у берегов Центральной Америки поворачивает к северу; а затем вовлекается в поток Северного пассатного течения. Двигаясь на запад, Северное пассатное течение встречает на своем пути Филиппинские острова и разделяется на два потока. Один из них поворачивает на юг и вливается затем в Экваториальное противотечение, другой, более мощный, идет на север к берегам Японии. Этот поток образует выдающееся по своему значению течение северной части Тихого океана — Куро-Сию («синее течение»).

На своем пути это течение оставляет к западу остров Тайвань и затем следует далее между материковой отмелью и цепью островов Рюкю, а частично и восточнее их.

Западнее Рюкю предельная глубина течения достигает 700 м, имея скорость на поверхности до 2,8 морской мили в час. Куро-Сию сходно по своему значению и характеру с системой Гольфстрима. Однако в среднем за год Гольфстрим переносит примерно

ветров продолжает идти на восток в Тихий океан. Остальная часть в виде холодного Западно-Австралийского течения, хорошо выраженного только зимой в северном полушарии, поднимается вдоль западных побережий Австралии к северу, где, перейдя тропик, поворачивает на запад и смешивается с водами Южного пассатного течения, завершая в южном полушарии круговорот течений Индийского океана.

Наше краткое и схематическое описание течений Мирового океана будет все же недостаточным, если мы не упомянем о тех замечательных комплексных океанографических исследованиях, которые начали проводиться в водах южного полушария советской Антарктической экспедицией на э/с «Обь» под руководством проф. В. Г. Корта и продолжаются в 1957 г. под руководством проф. И. В. Максимова.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

С давних времен исследования течений велись в основном для нужд мореплавания. Нельзя сказать, что потребность в этом теперь уже отпала. Течения изучены явно еще недостаточно, например, в отношении их изменчивости и устойчивости.

Но наряду с этим, особенно в последнее время, перед океанографами встал ряд новых вопросов, связанных с изучением движения вод в океанах и морях и требующих более разностороннего с ними знакомства для удовлетворения практических нужд рыболовства, запросов метеорологии, климатологии, гидробиологии и т. п. Все это лишний раз свидетельствует о неотделимости исследования течений от изучения и учета других элементов природы моря.

Вопрос о течениях в Беринговом море, об их изменчивости, в частности в Беринговом проливе, и о расходах воды в нем, выявление зависимости расходов от той или иной метеорологической обстановки в самом море и в примыкающих к нему частях Тихого и Северного Ледовитого океанов имеют не только научную, но и практическую ценность хотя бы для целей прогноза.

По наблюдениям на Кольском меридиане можно определенно судить о тепловом воздействии водных масс на атмосферу как здесь, так и в более восточных и северных районах Баренцева моря. Температурные аномалии (отклонения от среднего), наблюдаемые на Кольском меридиане, по предположениям советских ученых достигают северной части Карского моря года через два, а далее к востоку распространяются еще позднее.

Исключительно важное значение имеет прогнозирование переноса течениями тепла в более холодные области моря и вообще предсказание ветровых и прочих течений, мало еще разработанное. Однако надо учитывать, что всякого рода прогнозирование может производиться с полной уверенностью лишь при условии достаточной изученности режима моря. Оно должно завершать

изучение моря, быть своего рода «венцом знаний». На практике потребность в прогнозировании является настолько насущной, что не всегда дает возможность дожидаться этого.

В области изучения течений в отечественных морях и в океанах советскими учеными сделано не мало. Ряд весьма важных теоретических работ выполнили В. В. Шулейкин и Н. Н. Зубов. Есть и еще много других ценных работ. Однако все они требуют широкой проверки непосредственно в океанах.

Можно вспомнить при этом слова Ю. М. Шокальского из его «Физической океанографии»: «Несомненно, что круговорот поверхностных вод в Мировом океане должен возбуждать и обмен вод в вертикальном направлении, как это видно и из теоретических исследований. Очевидно, если в океанографии еще далеко не выяснена картина поверхностного движения вод, то вертикальный круговорот еще менее известен».

С тех пор прошло более 20 лет, но высказанные Ю. М. Шокальским мысли и по настоящее время сохранили свое значение.

Без сомнения, советские океанографы учитывают это и в будущем, возможно уже недалеко, впишут новые яркие страницы в историю достижений нашей великой Родины.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Из истории изучения морских течений	5
Морские пути наших предков (5). Ранние представления о причинах течений (7). Судовые журналы — сводки первых наблюдений над течениями в море (7). Первые наблюдения. Выдающаяся роль наших кругосветных мореплавателей первой половины XIX века в изучении течений в Мировом океане (8). Первые карты ветров и течений и их практическое применение (13).	
Глава II. Классификация морских течений	15
Подразделение течений по продолжительности или по устойчивости (15). Подразделение течений по происхождению. Ветровые и дрейфовые течения (17). Плотностные (градиентные) течения (18). Приливо-отливные течения (18). Сточные и стоковые течения (22). Течения при сейшах, или сейшевые течения (24). Инерционные, или вихревые, течения (25). Разделение течений по направлению их движения (26). Влияние отклоняющей силы вращения Земли (26). Разделение течений по их физическим свойствам. Теплые и холодные течения (28). Глубинные течения (30). Течения в проливах (31). Сложность морских течений. Суммарные течения (35).	
Глава III. Течения и их значение для режима моря и для человеческой деятельности	36
Ветер и течения (несколько слов о выводах из теории) (36). Очертания берегов и значение их для путей и формирования течений (37). Течения и подводный рельеф (38). Течения и волнение (40). Роль течений в создании морских водных масс (41). Течения и ледяной покров (45). Течения как фактор, способствующий миграции (передвижению) и расселению животных и растений (49). Течения, цвет и прозрачность воды. Течения и грунты дна (51). Течения и климат (53). Течения и географические открытия (54). Течения и народное хозяйство (57). Течения и мореплавание (59). О предсказании течений для отдельных районов (63). Значение учета течений при военно-морских операциях (64).	

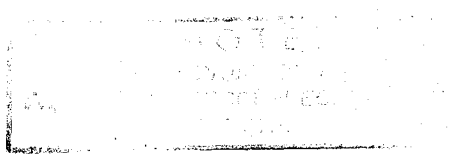
Глава IV. Исследование морских течений 66

Способы наблюдений и приборы для измерения течений (66). Свободно плавающие предметы (поплавки) (66). Навигационный способ наблюдения над течениями (72). Определение течений методами гидродинамики (74). Организация изучения морских течений (77). Измерение течений (84).

Глава V. Система течений Мирового океана 89

Течения северной части Атлантического океана (90). Течения Северного Ледовитого океана (98). Течения южной части Атлантического океана (101). Течения Тихого океана (102). Течения Индийского океана (105).

Вместо заключения 107



Евгенов Николай Иванович
Морские течения

Отв. редактор *В. А. Снежинский*

Редактор *К. Ф. Сперанский*

Техн. редактор *В. И. Козинкин*

Корректоры: *З. А. Белкина*

и *В. В. Мамедова*

Сдано в набор 29/V 1957 г.

Подписано к печати 20/VII 1957 г.

Бумага 60 × 92¹/₁₆

Бум. л. 3,5.

Печ. л. 7.

Уч.-изд. л. 6,75.

Тираж 3000 экз.

М-32311.

Индекс ОЛ-91.

Гидрометеорологическое издательство.

Ленинград, В-53, 2-я линия, д. 23.

Заказ № 525

Цена 2 руб.

2-я типолитография Гидрометеоиздата.

Ленинград, Прачечный пер., д. 6.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Ленинград, В-53, 2-я линия, д. № 23

ИМЕЕТСЯ НА СКЛАДЕ ГИДРОМЕТЕОИЗДАТА

Научно-популярная литература

- Антимонов Н. А. Исследования малых рек. Ц. 1 р. 80 к.
Антимонов Н. А. Массовые снегомерные съемки. Ц. 1 р. 05 к.
Бучинский И. Е. О климате прошлого Русской равнины. 2-е изд.
Ц. 3 р. 40 к.
Венцкевич Г. З., Кириличева К. В., Руднев В. М. Использование знаний о климате и погоде в плодоводстве. Ц. 1 р. 75 к.
Гаврилов А. М. Сельские ГЭС и гидрология. Ц. 65 к.
Гаврилов А. М. и Богомазова З. П. Практическая гидрология. Ц. 4 р.
Гаврилов А. М. и Попов И. В. Вопросы гидрологии и народное хозяйство. Ц. 2 р. 20 к.
Гинко С. С. Водноэнергетические богатства СССР и их изучение и использование. Ц. 5 р.
Гольцберг А. А. Микроклимат и его значение в сельском хозяйстве. Ц. 1 р. 35 к.
Давыдов Л. К. Водоносность рек. Ц. 8 р. 80 к.
Дуванин А. И. Уровень моря. Ц. 1 р. 20 к.
Заварина М. В. Атмосфера. Ц. 2 р. 55 к.
Калитин Н. Н. Оптические явления в атмосфере. Ц. 2 р. 40 к.
Кароль Б. П. Снежный покров. Ц. 2 р. 80 к.
Кладо Т. Н. Климат, его значение и методы изучения. Ц. 2 р. 40 к.
Кузьмин Л. А., Матинян Г. Б. Метеорологические наблюдения в школе. Ц. 3 р. 35 к.
Максимов С. А. Метеорология и сельское хозяйство (3-е изд.). Ц. 2 р. 90 к.
Могилева А. М. Погода и травы. Ц. 1 р. 20 к.
Муранов А. И. Река Хуанхэ. Серия «Реки земного шара». Ц. 1 р. 65 к.
Нежиховский Р. А. Река Нева. Ц. 1 р. 80 к.
Погосян Х. П. Очерки об атмосфере. Ц. 6 р. 50 к.
Поляков Б. Б. Освоение малых рек и изучение гидрологического режима. Ц. 4 р.
Романов В. В. Болота и их свойства. Ц. 1 р. 10 к.
Русин Н. П. и Флит Л. А. Климат сельскохозяйственных полей. Ц. 1 р. 55 к.
Советов В. С. Речное судоходство и гидрология. Ц. 90 к.
Тверской П. Н. Развитие метеорологии в СССР. Ц. 1 р. 60 к.

Заказы направлять в книжные магазины и отделу распространения
Гидрометеоиздата.

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ