

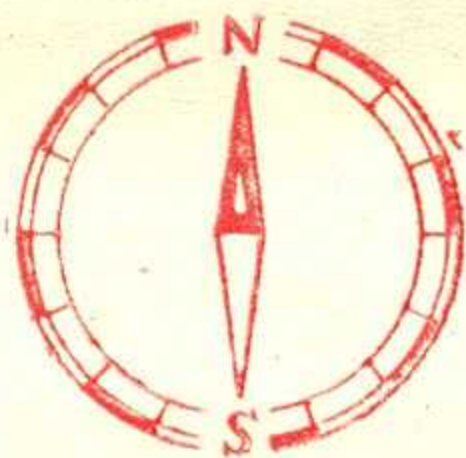
Н.Н. ЗУБОВ





Н.Н. ЗУБОВ

В ЦЕНТР



АРКТИКИ

ОТДЕЛ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ГЛАВСЕВМОРПУТИ
ЛЕНИНГРАД • 1940 • МОСКВА



ПРЕДИСЛОВИЕ

21 мая 1937 года навсегда войдет в историю великих путешествий и исследований. В этот день самолет М. В. Водопьянова — флагман советской воздушной экспедиции, возглавлявшейся О. Ю. Шмидтом — вылетел с Земли Франца-Иосифа, достиг Северного полюса, пролетел несколько дальше и спустился на ледяное поле на $89^{\circ}26'$ с. ш. и 78° з. д.

26 мая на то же ледяное поле спустился самолет В. С. Молокова, 27 мая — самолет А. Д. Алексеева и 5 июня — самолет И. П. Мазурука.

6 июня все самолеты улетели обратно на Большую землю, а на льду остались четверо отважных: начальник станции «Северный полюс» Иван Дмитриевич Папанин, астроном Евгений Константинович Федоров, гидролог Петр Петрович Ширшов и радист Эрнст Теодорович Кренкель.

Эти полярные герои должны были прожить на льдине до весны 1938 г., непрерывно ведя разного рода наблюдения: метеорологические, океанографические, над земным магнетизмом, полярными сияниями, над силой тяжести и т. д. Советские полярники впервые в истории исследования Арктики не только достигли Северного полюса, но и организовали около него хорошо оборудованную научную станцию.

19 февраля 1938 г., собрав огромный научный материал, станция закончила свою работу.

«Папанин и папанинцы, — сказал товарищ Сталин, —

в своей практической работе на дрейфующей льдине мимоходом, без особого труда опрокинули старое представление об Арктике, как устаревшее, и установили новое, соответствующее требованиям действительной науки».

Станция «Северный полюс» еще дрейфовала на ледяном поле, когда 23 октября 1937 г. в море Лаптевых начался дрейф ледокольного парохода «Седов». За время этого дрейфа, пересекшего Центральный Арктический бассейн, седовцы неустанно вели наблюдения приблизительно по той же программе и теми же приборами, что и станция «Северный полюс», и обогатили науку новыми сведениями, имеющими большое теоретическое и практическое значение. Закончился этот дрейф в Гренландском море 13 января 1940 г., когда ледокол «Иосиф Сталин» подошел к «Седову» и вывел его из ледяного плена, продолжавшегося 812 дней.

Таким образом было положено начало советскому исследованию Центральной Арктики.



ВВЕДЕНИЕ: ЧТО ТАКОЕ АРКТИКА И ЧЕМ ЗАМЕЧАТЕЛЕН СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС

1. Центр Арктики, полюс недоступности, магнитный полюс, полюса холода

Слово «Арктика» происходит от греческого слова «Арктос». Так называли греки созвездие Большой Медведицы, которое они всегда видели в одном направлении — на севере. Но, несмотря на то, что слово это древнее и что Арктику мы изучаем давно, до сих пор еще нет твердо установившегося мнения, какую именно область земного шара называть Арктикой, где именно проходят ее южные границы.

Естественнее всего было бы считать южной границей Арктики северный полярный круг. Здесь мы имеем первые признаки полярного дня и полярной ночи. Однако, благодаря неравномерному распределению суши и океана и возмущающему действию теплых и холодных морских течений, в некоторых районах, лежащих за полярным кругом, слишком тепло, чтобы их можно было назвать арктическими.

Например, Мурманск — советский порт на Баренцовом море — расположен севернее 69° с. ш., т. е. на 300 км севернее полярного круга, но в то же время Мурманский порт является одним из немногих советских незамерзающих портов. Объясняется это согревающим влиянием Нордкапского течения, вливающего в Баренцово море теплые атлантические воды.

С другой стороны, южная оконечность Гренландии спускается ниже 60° с. ш. и расположена на 700 км южнее северного полярного круга, но этот район по суровости климата, по наличию в течение круглого года льдов как на море, так и на суше надо безусловно считать арктическим.

Поэтому некоторые географы условно называют Арктикой

область северного полушария, где средняя месячная температура воздуха в июле ниже десяти градусов тепла. Таким образом, согласно этому мнению, южной границей Арктики является десятиградусная июльская изотерма.¹ Эта граница проходит от мыса Нордкап вдоль европейско-азиатского побережья, оставляя к северу полуостров Ямал, Таймырский полуостров и все острова Советской Арктики. Далее она пересекает Чукотский полуостров и спускается в Беринговом море до 53° с. ш., затем круто подымается к северу, захватывает острова Американского арктического архипелага и Гудзонов залив, спускается на меридиане Гренландии до 52° с. ш., огибает с юга Исландию и подымается к мысу Нордкап. Это определение Арктики нельзя признать вполне правильным, ибо северные порты и бухты Норвегии и Мурмана, никогда не замерзающие, оказываются расположенными на границе Арктики.

Некоторые геоботаники склонны считать южной границей Арктики северную границу распространения лесов.

Есть еще одно наиболее правильное определение Арктики, а именно: Арктикой называется область северного полушария, где на море и на суше (на уровне моря) лед и снег являются основными чертами ландшафта в течение круглого года.

При таком определении южная граница Арктики в океане и на морях будет совпадать с южной границей распространения морских льдов в летнее время (в августе—сентябре). На суше южная граница Арктики будет приблизительно характеризоваться спускающимися в море ледниками и не растаивающими за лето пятнами снега на берегу.

Найдем на суше и на море точку, наиболее удаленную к северу от южной границы Арктики, и мы получим теоретический центр Арктики. Он расположен на северном побережье Гренландии, приблизительно в 800 км от Северного полюса.

Но, оказывается, этот теоретический центр Арктики сравнительно легко доступен. В Арктике есть места, куда добраться значительно труднее.²

¹ Изотерма — линия, соединяющая точки с одинаковыми температурами.

² Советская воздушная экспедиция отправилась к Северному полюсу с заранее подготовленной промежуточной базы на острове Рудольфа — самом северном острове Советской Арктики, находящемся в расстоянии около 900 км от полюса. В качестве промежуточных баз для исследования центральной части Северного Ледовитого океана могут быть избраны и другие полярные острова.

Американский полярный исследователь Пири начинал свои путешествия с мыса Колумбия на Земле Гранта. Другие путешественники ба-

Найдем на географической карте точку, наиболее удаленную от частей суши, на которых сравнительно легко при помощи кораблей, приспособленных для плавания во льдах, устроить промежуточную базу. Эта точка и будет «полюсом относительной недоступности». Расположена эта точка приблизительно на $83^{\circ}40'$ с. ш. и 175° з. д.

Следующая замечательная точка Арктического бассейна — это центр антициклонического (по часовой стрелке) вращения тяжелых многолетних паковых льдов, заполняющих центральную часть Арктического бассейна. Этот центр приблизительно совпадает с полюсом недоступности и, по предположению Русской полярной экспедиции на судне «Заря» (1900—1903 гг.), расположен между 83 и 85° с. ш. и 170 и 180° з. д.

Жизнь на земном шаре привязана к континентам. В самом океане она приурочена главным образом к мелководьям и отсюда морскими течениями разносится в другие части океана. Чем удаленнее от берегов и мелководий, тем пустыней становится мировой океан. Это верно и для Северного Ледовитого океана, и поэтому полюс недоступности является в то же время и полюсом относительной безжизненности этого океана.

Знаменитый математик Гаусс в тридцатых годах прошлого столетия создал теорию земного магнетизма и построил первую карту распределения магнитных элементов на земном шаре. Из этой теории вытекало, что земля представляет собой гигантский магнит и что на земной поверхности должны существовать две точки, где свободно подвешенная магнитная стрелка становится вертикально. Таким образом, Гаусс теоретически открыл существование на земле двух магнитных полюсов — одного в северном полушарии и другого в южном — и даже указал районы, где именно надо их искать.

Магнитный полюс является третьей замечательной точкой Арктики.

С явлениями земного магнетизма связаны полярные сияния. Они не являются особенно характерными для Северного полюса. В Мурманске полярные сияния наблюдаются чаще, и они ярче, чем в районе Северного полюса. Действительно, зона наибольшей повторяемости полярных сияний (более ста сияний в год) охватывает географический и магнитный полюсы и проходит по 75° с. ш. у побережья Азии, между 60 и 70°

зировались на северо-западное побережье Шпицбергена — легко доступное для обыкновенных кораблей и в то же время расположенное в достаточно высоких широтах.

с. ш. у побережья Америки, спускается ниже Гренландии (60° с. ш.) и проходит несколько южнее Исландии и мыса Нордкап. К северу и к югу от этой зоны повторяемость полярных сияний уменьшается. В зоне наибольшей повторяемости полярные сияния наблюдаются одинаково часто как в южной части неба, так и в северной. К северу от нее они чаще наблюдаются в южной половине неба, а в районе к югу от нее — чаще в северной.

Следующими замечательными точками Арктики являются так называемые полюса холода, т. е. точки земной поверхности, где температуры воздуха являются минимальными. Таких полюсов в Северном полушарии два. Сибирским полюсом холода до недавнего времени считался Верхоянск в Якутии, расположенный на $67^{\circ}33'$ с. ш. и $133^{\circ}51'$ в. д.: здесь термометр в зимнее время иногда показывал 70° мороза. В последнее время звание сибирского полюса холода оспаривает селение Оймякон — в верхнем течении реки Индигирки ($63^{\circ}15'$ с. ш. и $143^{\circ}12'$ в. д.), где средняя годовая температура в 1931 г. была больше чем на 3° , а в 1932 г. на $1^{\circ},5$ ниже, чем в Верхоянске. Но летом в Якутии температура поднимается очень высоко, иногда до 35° тепла. Вследствие этого в Верхоянске, например, разница в температурах воздуха в продолжение года колеблется в пределах 104° , а средняя годовая температура равна $-16^{\circ},8$. Сибирский полюс холода является полюсом холода по своим зимним и по своим крайним температурам.

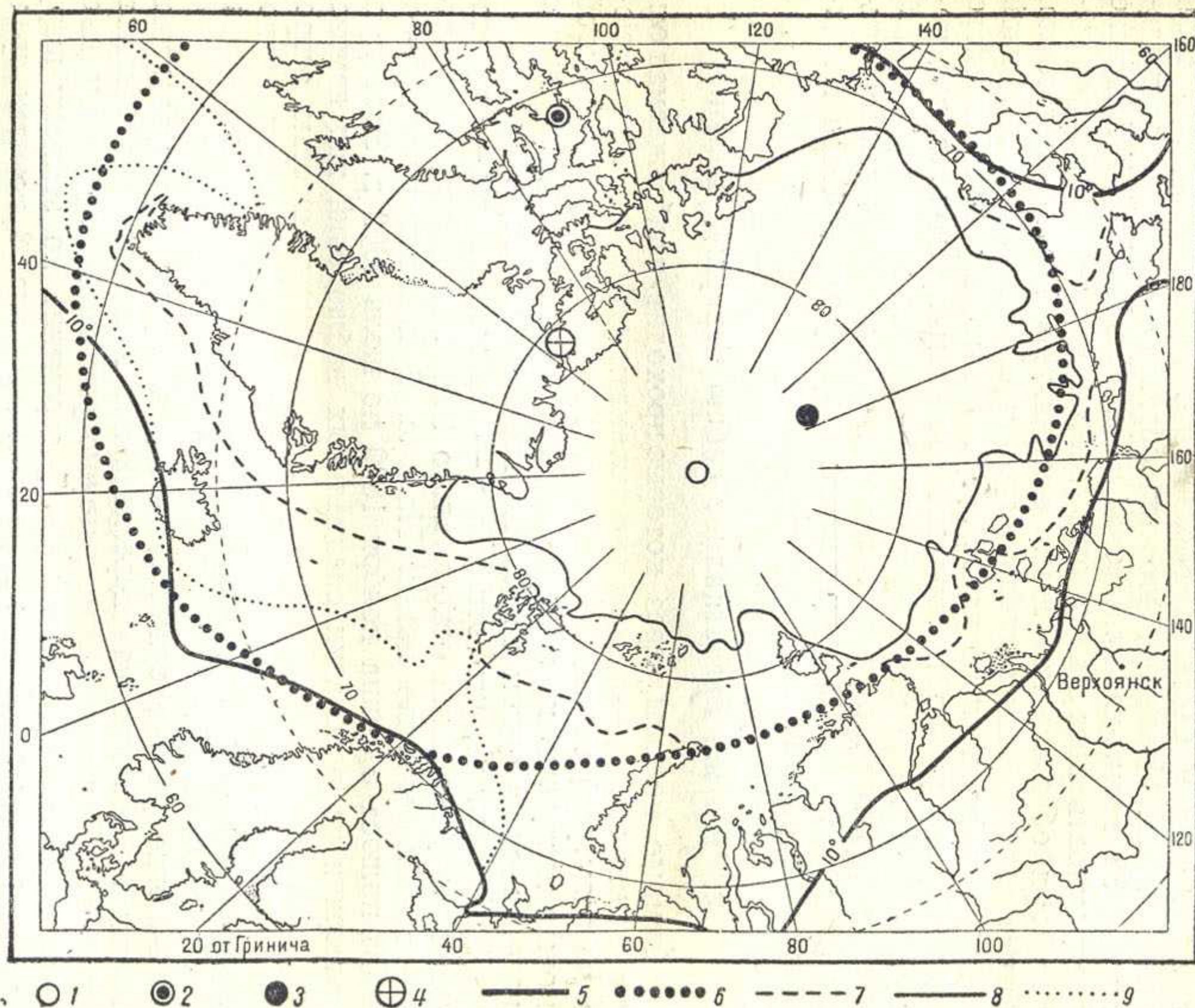
Существует еще американский полюс холода, расположенный к западу от северо-западного побережья Гренландии. Наиболее низкие из отмеченных здесь температур не спускались ниже -65° . Но так как здесь и летом температуры низкие, то средняя годовая температура ниже, чем в Верхоянске. Так, например, на Гриннеллевой земле (81° с. ш.) средняя годовая температура равна $-20^{\circ},4$, и, таким образом, американский полюс является полюсом холода по своей средней годовой температуре.

Мы не знаем, какова средняя годовая температура воздуха на самом Северном полюсе. Не знаем, до каких пределов спускается здесь температура в зимнее время, так как советских зимовщиков от Северного полюса очень быстро отнесло. Однако трудно ожидать, чтобы в районе Северного полюса температура зимой спускалась ниже -45° и чтобы средняя годовая температура воздуха была здесь очень низкой. И вот почему.

Охлаждаемые во время полярной ночи сильным излуче-

Рис. 1. Некоторые особенные точки и линии Арктики.

1—северный географический полюс; 2—магнитный полюс северного полушария; 3—полюс недоступности — точка, наиболее удаленная от северных оконечностей полярных островов; 4—теоретический полюс холода — точка, наиболее удаленная от линии, где средняя температура июля равна 10° ; 5—линия, соединяющая пункты, где средняя температура июля равна 10° (10° июльская изотерма); 6—линия наибольшей повторяемости полярных сияний; 7—средняя южная граница морских льдов в августе; 8—северная граница свободного плавания кораблей; 9—крайняя южная граница распространения морских льдов.



нием в мировое пространство воздушные массы, вызывая в Арктическом бассейне образование льдов, сами при этом нагреваются. Известно, что при образовании 1 г льда выделяется 80 грамм-калорий тепла. Если принять во внимание теплоемкость воздуха, то оказывается, что тепла, выделяющегося при образовании льда толщиной в 1 см, достаточно, чтобы нагреть находящийся над ним слой воздуха толщиной в 25 м приблизительно на 10° . Кроме того, в район Северного полюса непрерывно подводным течением приносятся все новые и новые массы теплых атлантических вод, и, с другой стороны, в тот же район и зимой и летом прорываются теплые и влажные воздушные массы из северных районов Атлантического океана.

2. Что же представляет собою Северный полюс

Земные полюсы, через которые проходит воображаемая ось вращения земли, — это только математические (т. е. не имеющие размеров) точки. Один человек и то только одной ногой может наступить на земной полюс, два человека одновременно находиться на одном из земных полюсов не могут.

Замечательно, что эти точки — земные полюсы — не остаются неподвижными относительно Земли, а все время описывают замысловатые петли. На рис. 2 показан путь Северного полюса с конца ноября 1899 по июль 1908 г. Этот путь вычерчен на основании специальных наблюдений над изменениями географической широты, произведенных шестью астрономическими обсерваториями, расположенными кольцом вокруг земного шара приблизительно по одной и той же параллели ($39^{\circ}8'$ с. ш.).

Многие ученые считают, что за время существования Земли оба ее полюса перемещались в значительно больших пределах. Эти перемещения можно установить по ископаемым отложениям, отражающим распространение по земному шару тех или иных животных и растений. На рис. 3 показан предполагаемый путь Северного полюса от докембрийского периода до современной эры. В каменноугольный¹ период

¹ Геологи, основываясь на скорости образования современных отложений на дне озер и морей и на остатках организмов, находимых в древних осадочных породах, определяют «возраст» Земли в среднем между 1600—3600 млн. лет и подразделяют историю органической жизни Земли на эры: архейскую, палеозойскую, мезозойскую и кайнозойскую. В архейской эре, продолжавшейся 1200—1400 млн. лет, появились простейшие живые существа. В палеозойской эре, продолжавшейся 360—540 млн. лет,

Северный полюс на современной карте находился между 30 и 40° с. ш. и 140 и 150° з. д. Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, сейчас расположенные между 76 и 82° с. ш., в этом периоде были расположены между 20 — 25° с. ш. На них тогда произрастала буйная тропическая растительность, благодаря чему на этих — теперь обледенелых — островах встречается каменный уголь.

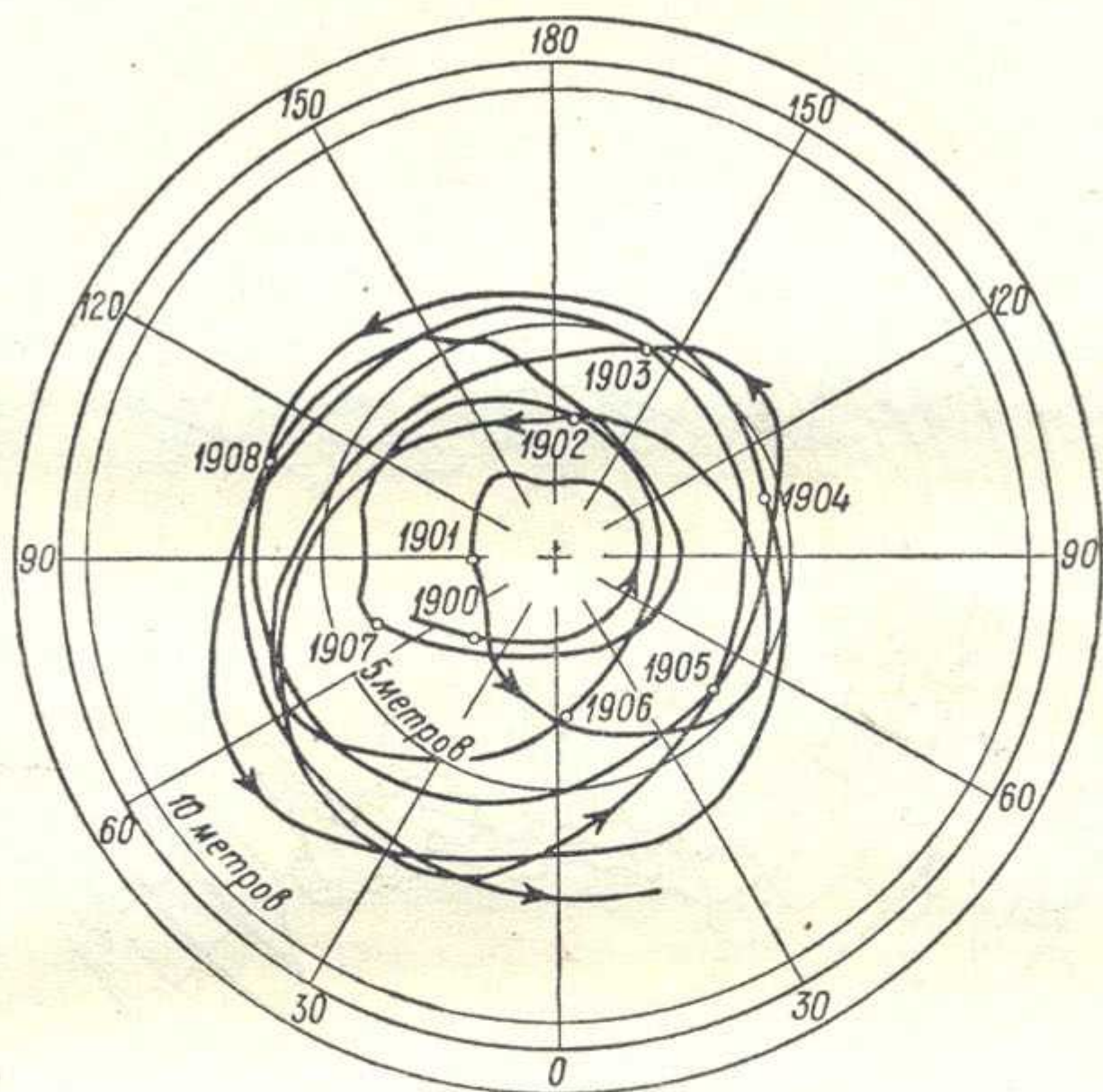


Рис. 2. Путь Северного полюса с ноября 1899 года по июль 1908 г.

На земных полюсах нет географической долготы. Действительно, географической долготой места мы условно называем угол у центра Земли между меридианом, проходящим через Гриничскую обсерваторию, и меридианом места, т. е. меридианом, на котором в данной точке земной поверхности

появились растения, морские и наземные животные. В мезозойской эре, продолжавшейся 135—180 млн. лет, появились птицы и млекопитающие. В кайнозойской эре, начавшейся 55—65 млн. лет тому назад, появились теплокровные животные, произошло отделение человекообразных обезьян и, наконец, появился человек.

Геологические эры, в свою очередь, подразделяются на периоды, а периоды на эпохи. Кембрийский период является древнейшим периодом палеозойской эры; каменноугольный период был в конце той же эры.

высота Солнца над горизонтом в течение суток достигает своей наибольшей величины. Но так как на полюсах, как на Северном, так и на Южном, все меридианы сходятся, то ясно, что на полюсах долготы нет. А если нет долготы, то нет и времени суток.

Действительно, счет так называемого истинного местного солнечного времени мы условно начинаем с полуночи — с мо-

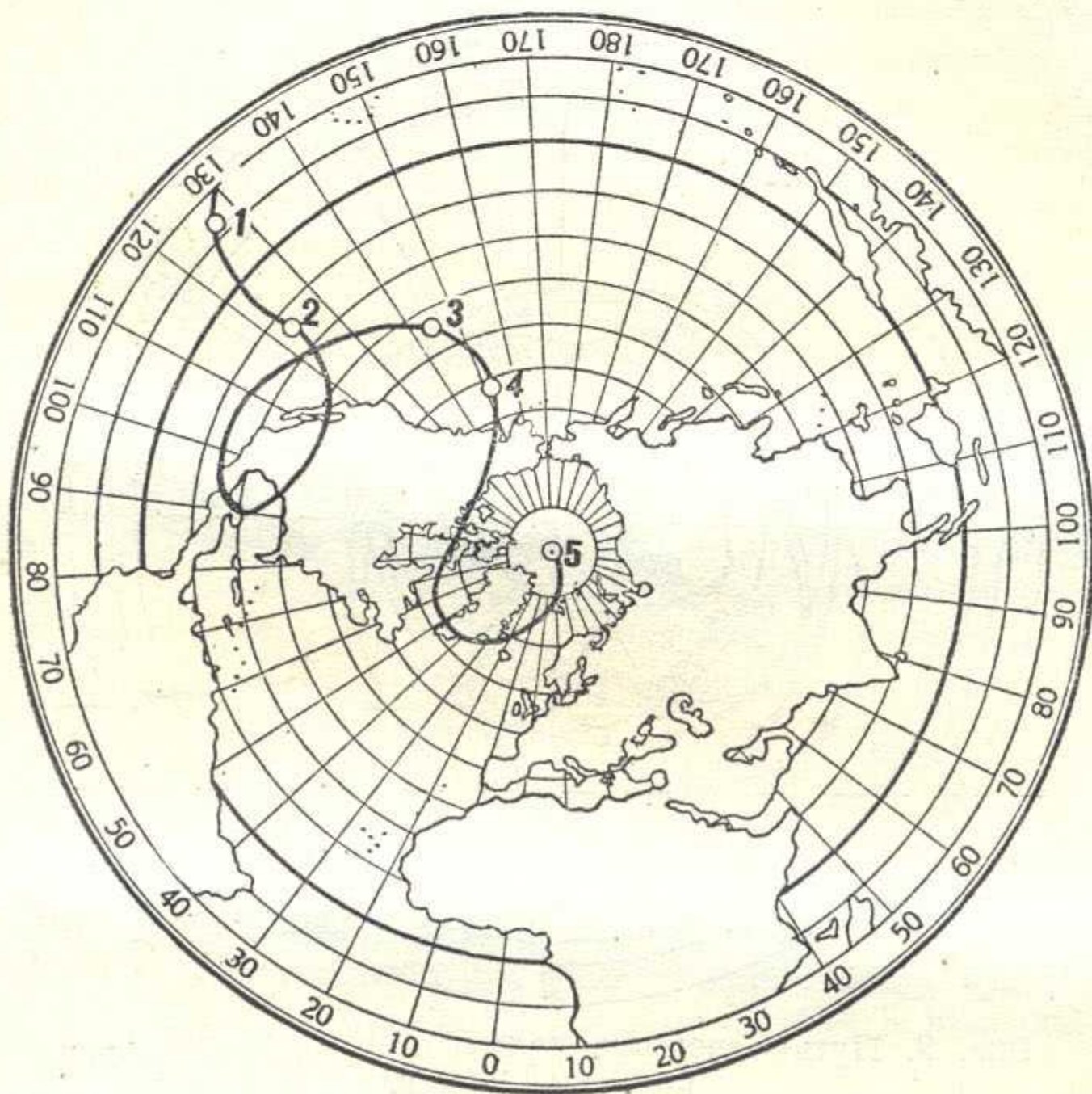


Рис. 3. Предполагаемый путь Северного полюса от докембрийского периода до современной эры.

мента нижней кульминации Солнца; другими словами, с момента прохождения Солнца через меридиан места, но по ту сторону Земли. Понятно, что, если в полдень — момент верхней кульминации — Солнце подымается в течение суток выше всего над горизонтом, то в полночь — момент нижней кульминации — оно спускается под горизонт ниже всего.

Однако жить по истинному местному солнечному времени неудобно, так как видимое движение Солнца неравномерно, а следовательно, и продолжительность истинных солнечных суток не всегда одна и та же. Поэтому астрономы придумали среднее Солнце, совершающее свое полное обращение по небу

во столько же времени, как и истинное Солнце, но двигающееся равномерно и всегда точно над экватором. По движению воображаемого среднего Солнца мы и ведем счет нашего времени. Разницу между истинным местным солнечным и средним местным солнечным временем называют уравнением времени. 11 февраля среднее время впереди истинного на 14 минут, а 2 ноября на 16 минут сзади. Четыре раза в год: 15 апреля, 14 июня, 1 сентября и 24 декабря истинное и среднее время совпадают.

Но, оказывается, жить по среднему местному времени тоже неудобно, потому что, если оно одинаково для всех точек земного шара, расположенных на одном и том же меридиане, то оно разнится для двух городов, для двух улиц, даже для двух домов, расположенных рядом, на восток или на запад друг от друга. Человеку, желающему во что бы то ни стало жить точно по местному времени, все время пришлось бы переставлять свои часы. Поэтому сейчас все живут по так называемому среднему поясному времени. Весь земной шар меридианами, отстоящими друг от друга на 15° , разделен на 24 пояса, и внутри каждого пояса время считают одним и тем же.¹ Таким образом, в каждом поясе часы, поставленные по среднему поясному времени, по сравнению с часами, поставленными по среднему времени соседнего пояса, показывают ровно на один час вперед, если этот пояс расположен западнее, и на один час назад, если этот пояс расположен восточнее. Понятно, что среднее поясное время отличается от среднего местного времени внутри этого пояса не больше чем на полчаса. Путешественник при переезде из одного пояса в другой переставляет свои часы или ровно на час вперед (если он путешествует с запада на восток) или ровно на час назад (если он путешествует с востока на запад).

Представим себе кругосветного путешественника, отправившегося 1 января от Гринича на восток и путешествующего

¹ В действительности границы поясов для удобства населения проводятся не по меридианам, а по границам государств. Так, Англия, Франция, Бельгия, Голландия, Испания и Португалия живут по одному и тому же гриничскому времени, или по времени нулевого пояса, — это называется западноевропейским временем. Германия, Чехословакия, Дания, Норвегия, Швеция, Венгрия, Швейцария и Италия живут по времени первого пояса, т. е. по гриничскому времени плюс один час, или по средневропейскому времени, Балканские страны живут по восточноевропейскому времени, по времени второго пояса. Советский Союз занимает такое большое протяжение по долготе, что в нем приходится жить по разным поясам: начиная от второго пояса от западных границ до линии Архангельск — Рязань — Ростов на Дону и кончая двенадцатым поясом у Берингова пролива.

с такой скоростью, что каждый день он попадает из одного пояса в другой. В таком случае ему придется каждый день переставлять свои часы ровно на один час вперед. Когда он, объехав вокруг света, вернется в Гринич, ему будет казаться, что он вернулся 26 января. Если бы он путешествовал с такой же скоростью не в восточном, а в западном направлении, то ему казалось бы, что он вернулся в Гринич 24 января. Понятно, что в обоих случаях он делал бы ошибку, и на самом деле в обоих случаях он вернулся бы 25 января.¹

Причина ошибки заключается в том, что путешественник, объехавший земной шар с запада на восток, т. е. в том же направлении, в каком вращается Земля, сделает вокруг Земли один лишний оборот. Для него Солнце взойдет не 24, а 25 раз. При движении с востока на запад он сделает одним оборотом меньше.

Для избежания такой ошибки по международному соглашению установлена линия изменения даты. Эта линия проходит по Тихому океану приблизительно по 180° долготы, считая от Гринича, нигде не касаясь (за исключением необитаемого Антарктического материка) суши, и проходит через оба полюса. Корабль, пересекающий линию изменения даты с запада на восток, считает один и тот же день два раза. Корабль, пересекающий эту линию в обратном направлении, один день пропускает. Иными словами, если, например, корабль при следовании с востока на запад пересечет линию изменения даты 12 января, то следующий день у него будет 14 января.

Исследователь, живущий у одного из полюсов Земли, может переходить из одного пояса в другой или через линию изменения даты по несколько раз в день, и потому для него придерживаться международных правил по переводу часов и календаря совершенно невозможно. Но по какому-то времени жить все-таки надо. Надо к определенным срокам приурочивать уклад жизни и работы: ложиться спать, вставать, сменять дежурных, обедать, производить работу и т. д. Поэтому здесь надо жить по какому-нибудь условному времени, проверяя его время от времени по радиосигналам, даваемым астрономическими обсерваториями. Удобнее всего жить по гриничскому времени, так как именно для этого времени вычисляются астрономические календари и ежегодники.

¹ Такая ошибка в действительности и произошла с первой кругосветной экспедицией Магеллана (1520 г.) и привела в немалое смущение ее участников.

Северный полюс замечателен тем, что на нем самый длинный день и самая длинная ночь в северном полушарии.

Угол у центра Земли между направлением на Солнце и плоскостью земного экватора называется склонением Солнца. Если мы нанесем на земном глобусе ряд точек, определяемых склонением Солнца в разные дни года, и предположим, что Земля неподвижна, а Солнце движется, то мы получим, что видимое движение Солнца происходит по кругу, наклоненному к плоскости земного экватора¹ на угол равный $23^{\circ}27'$. Полный круг в своем видимом движении по эклиптике Солнце завершает в один год (точнее в $365\frac{1}{4}$ суток), и в зависимости от того, где именно на эклиптике находится в данный момент Солнце, мы определяем день года и продолжительность светлого времени для различных точек земной поверхности. 21 июня склонение Солнца северное и равно $23^{\circ},5$ (точнее $23^{\circ}27'$), и этот день является самым длинным днем в северном полушарии. 22 декабря склонение Солнца южное и также равно $23^{\circ},5$, и в этот день в северном полушарии самая длинная ночь. 21 июня для человека, живущего в северном полушарии, является днем летнего солнцестояния, 22 декабря — днем зимнего солнцестояния. 21 марта солнце находится в точке пересечения экватора с эклиптикой. В этот день склонение солнца равно нулю, теоретически день равен ночи на всем земном шаре, и этот день называется днем весеннего равноденствия. 23 сентября склонение Солнца опять равно нулю, и этот день называется днем осеннего равноденствия.

На северном полярном круге ($66^{\circ},5$ с. ш.) 21 июня Солнце не заходит круглые сутки. Здесь начинаются полярные дни.²

¹ Эта плоскость видимого движения Солнца называется эклиптикой.

² Это не совсем точно. Склонение Солнца считается для центра Солнца, и видимые размеры Солнца составляют около 32 угловых минут, завися от расстояния Земли до Солнца в данный момент. Так, около 1 января, когда Солнце находится в перигее, т. е. в наиболее близком расстоянии от Земли, видимый диаметр Солнца равен $32,6$ угловой минуты, а около 1—2 июля, когда Солнце находится в апогее, т. е. в наибольшем удалении от Земли, его видимый диаметр равен $31,6$ угловой минуты. Кроме того, благодаря тому, что лучи света, доходящие до нашего глаза, преломляются в разнородных слоях воздуха, окружающих Землю, мы видим все светила несколько приподнятыми над горизонтом по сравнению с их истинным положением. Угол поднятия светила называется небесной рефракцией, и он тем больше, чем меньше высота светила над горизонтом, так как при этом лучам света приходится проходить больший путь в атмосфере. Именно большей разницей в величинах небесной рефракции при малых высотах Солнца объясняется всем знакомое явление — вертикальное сжатие диска Солнца и Луны, наблюдаемое при восходе и заходе этих светил: рефракция приподымает нижний край светила больше, чем его верхний край. Преломление лучей в земной

Чем дальше на север, тем больше продолжительность полярного дня. Так, на 70° с. ш. Солнце не заходит с 17 мая по 27 июля, то есть полярный день равен 72 суткам, на 80° с. ш. Солнце не заходит с 13 апреля по 30 августа — полярный день продолжается 140 суток.

На полюсе Солнце показывается над горизонтом 19 марта и по спирали медленно подымается кверху. 21 июня его высота над горизонтом достигает $23^\circ,5$. После этого, обходя небосвод по спирали, оно спускается так же медленно все ниже и ниже и 25 сентября скрывается за горизонт. Полярный день на Северном полюсе продолжается 190 суток. Затем он сменяется полярной ночью, продолжающейся 175 суток.

Высота Луны над горизонтом также зависит от ее склонения и от географической широты места. Но склонение Луны меняется дважды в месяц и по более сложному закону, чем склонение Солнца. Действительно, проходящая через центр Земли плоскость видимого движения Луны наклонена к плоскости эклиптики на $5^\circ 16'$. Отсюда склонение Луны меняется в зависимости от ее положения на ее видимой орбите в пределах от $23^\circ 27' \pm 5^\circ 16'$ северного до $23^\circ 27' \mp 5^\circ 16'$ южного. Если склонение Луны северное и равно $28^\circ 43'$, то Луна в этот день не заходит на широтах, лежащих выше $61^\circ 17'$. Таким образом широта $61^\circ 17'$ является своего рода «лунным полярным кругом».

На Северном полюсе Луна показывается над горизонтом тогда, когда ее склонение меняется с южного на северное — «лунные ночи» (Луна не заходит) продолжаются 14 суток подряд. Полярная ночь на полюсе, зависящая от видимого движения Солнца, в продолжение 14 суток смягчается незаходящей Луной и становится особенно темной, когда Луна на 14 суток уходит под горизонт. Иногда в летнее время в ясную погоду в полярных странах можно наблюдать и Солнце

атмосфере искажает видимые направления не только на светила, но и на земные предметы. Угол между истинным и видимым направлением на земной предмет называется земной рефракцией. Благодаря именно земной рефракции мы иногда видим земные предметы на большем расстоянии, чем это следует из теоретических расчетов, основанных на размерах земли. Благодаря земной рефракции очертания далеких земных предметов причудливо искажаются, создаются миражи и т. п. Многие опытные полярные исследователи вводились в заблуждение земной рефракцией: они «видели» полярные острова и земли, на деле оказывавшиеся сравнительно небольшими льдинами. Так, на мысе Шмидта в 1936 г. рефракция была такова, что однажды сейчас же после захода Солнца оно вновь взошло.

и Луну вместе. Особенно красива эта картина в полнолуние, когда оба светила на противоположных сторонах небосвода медленно движутся по горизонтали.

Солнце, Луна и планеты, если на них смотреть с полюса, в своем видимом движении все-таки изменяют с течением времени свою высоту над горизонтом, нарушая этим однообразие картины небесного свода. Но неподвижные звезды

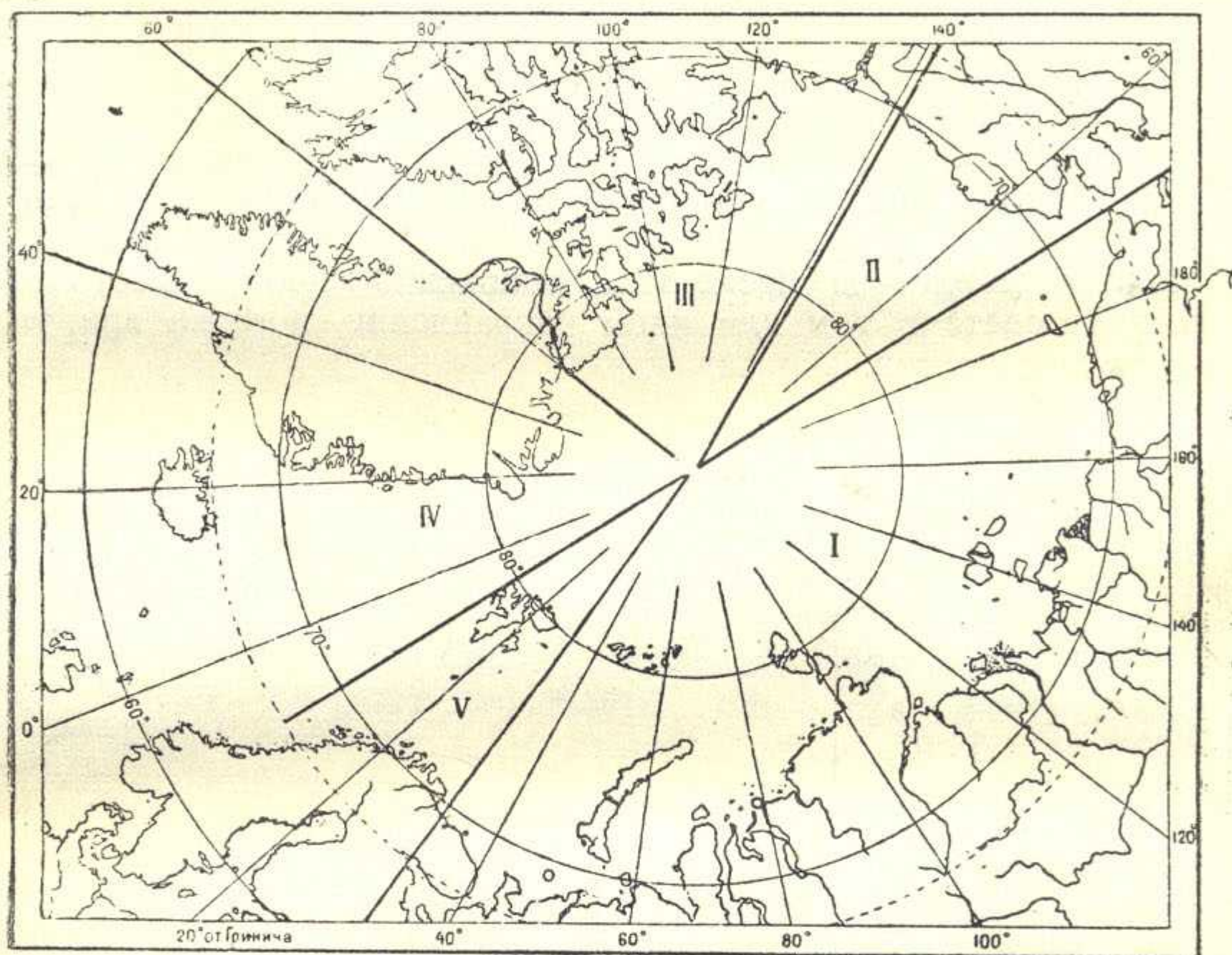


Рис. 4. Границы государств в Арктике.
I — СССР; II — Канада; III — США; IV — Дания; V — Норвегия.

совершают здесь свой видимый путь по строго горизонтальным кругам вокруг воображаемой оси мира, являющейся продолжением земной оси и проходящей вблизи Полярной звезды. Ни одна из звезд никогда не заходит и не восходит, каждая звезда всегда остается на одной и той же высоте.

Земля у полюса приплюснута, и полярный радиус Земли (иначе расстояние от центра Земли до полюса) на 21,5 км короче экваториального (т. е. расстояния от центра Земли до экватора).

Таким образом, зимовщики станции «Северный полюс», когда они были у полюса, находились ближе к центру Земли, чем все другие люди на земном шаре.

Советская экспедиция высадилась на ледяное поле толщиной в 3 м. В среднем лишь $\frac{1}{5}$ толщины ледяных полей возвышается над уровнем океана. Таким образом советская полюсная станция была расположена всего на 0,5 м над уровнем океана. Это обстоятельство облегчило труд советских зимовщиков. Известно, что все метеорологические наблюдения над давлением атмосферы, температурой воздуха и т. д. всегда приводятся к уровню моря.¹

Наконец, на Северном полюсе сходятся границы пяти государств — СССР, Дании, Норвегии, Канады и Соединенных штатов Северной Америки. Таким образом, на Северном полюсе можно за несколько мгновений пропутешествовать вокруг света в том или ином направлении, посетив при этом пять государств.

¹ Для экспедиций (Амундсена, Скотта и Берда) к Южному полюсу обработка аналогичных материалов, наоборот, затруднялась, так как около Южного полюса расположен громадный материк, средняя высота которого 1500 м, а сам Южный полюс (по определениям Амундсена и Скотта) расположен на высоте около 2800 м над уровнем моря.



I. ИЗ ИСТОРИИ БОРЬБЫ ЗА СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС¹

1. Почему человечество стремилось к полюсу

В старинном памятнике скандинавской литературы «Королевское зеркало» задается вопрос: «Чего же искали путешественники в холоде среди льдов?»—и тут же дается ответ: «Хочешь ты знать, что ищут люди в той стране и почему они туда отправляются, несмотря на большую опасность для жизни, — знай же, что три свойства человеческой природы побуждают их к этому: во-первых, соревнование и склонность к известности, ибо человеку свойственно устремляться туда, где грозит большая опасность, благодаря чему можно приобрести известность, во-вторых, любознательность, ибо также свойством человеческой природы является стремление знать и видеть те местности, о которых ему рассказывали, — человек хочет удостовериться, так ли там на самом деле, как ему сказали; наконец, в-третьих, человеку свойственно любопытство, ибо люди постоянно жаждут денег и добра и идут туда, где, по слухам, можно иметь прибыли, несмотря на грозящую большую опасность».

Такого рода «определение» стремлений к достижению полюса в корне чуждо советскому исследователю. Оно чуждо и для многих настоящих исследователей из других стран.

Но несомненно, однако, что такого рода «стремления» характерны для некоторых исследователей капиталистических стран.

¹ Здесь не преследуется цель дать описание всех бывших экспедиций к Северному полюсу, а приводятся лишь некоторые наиболее характерные моменты из истории борьбы за его достижение.

Краткий перечень в хронологическом порядке экспедиций к Северному полюсу читатель найдет в «Приложении».

Действительно, достижение полюса было трудным, и это создавало рекордсменство. На самом полюсе, конечно, нельзя было ожидать «бogatства», но достижение полюса сулило славу, за которой следовали и деньги и прибыли.

Для настоящего исследователя природы достижение полюса — это обширное поле для всякого рода геофизических наблюдений в районах, где эти наблюдения еще не производились. Это путь к разрешению многих проблем, потому что все в природе тесно связано друг с другом, и иногда небольшой пробел в той или иной области знания лишает возможности делать широкие обобщения.

Но иногда даже крупные исследователи забывали об этих основных задачах и все свои усилия направляли только на достижение полюса. Вот почему нередко раздавались резкие протесты против экспедиций, ставящих своей исключительной целью достижение Северного полюса.

Очень ярко этот протест был выражен Вайпрехтом, одним из руководителей австрийской экспедиции (1872—1874) к Северному полюсу. Выступая в 1875 г. на съезде естествоиспытателей и врачей в Граце, он указывал, что полярные экспедиции, снаряжавшиеся до этого времени, давали, в сущности, малоценные результаты. Вайпрехт объяснял это тем, что эти экспедиции своей главной целью ставили громкие географические открытия, а не серьезные планомерные, систематические исследования. В результате получалось нечто вроде «международных гонок по направлению к Северному полюсу», которые отнюдь не способствовали углубленному изучению Арктики. Вайпрехт считал, что только объединенными усилиями нескольких стран, при наличии общего плана научных работ и одновременных продолжительных наблюдений во многих пунктах, расположенных кольцом вокруг полюса, могут быть разгаданы тайны Арктики.

В 1882—1883 гг. был проведен Первый международный полярный год, во время которого на побережьях Арктики работало по одной и той же программе тринадцать геофизических станций, построенных разными государствами. Этим было положено начало систематическому исследованию Арктики в международном масштабе. Однако «международные гонки» к Северному полюсу не только не прекратились, но даже усилились.

Для достижения Северного полюса применялись самые разнообразные средства передвижения и самые разнообразные средства техники.

2. К полюсу по льду

Организация всех экспедиций по льду на санях заключалась в следующем: осенью, когда граница льдов отходит к северу, санная экспедиция забрасывалась на корабле как можно дальше на север — на северный Шпицберген, или на северное побережье Гренландии, или на Землю Франца-Иосифа. Здесь экспедиция зимовала, и весной, с началом полярного дня, сани двигались по направлению к полюсу. Ранняя весна считалась наиболее благоприятным для этих операций временем. В полярных странах в это время уже достаточно светло, а снег, покрывающий полярные льды, еще не подвергся таянию и не представляет затруднений для передвижения саней и людей. Позднее ледяные поля покрываются лужами и озерами талой воды. Полыньи и трещины между отдельными ледяными полями увеличиваются. Появляются туманы — неизбежные спутники соприкосновения воды со льдами.

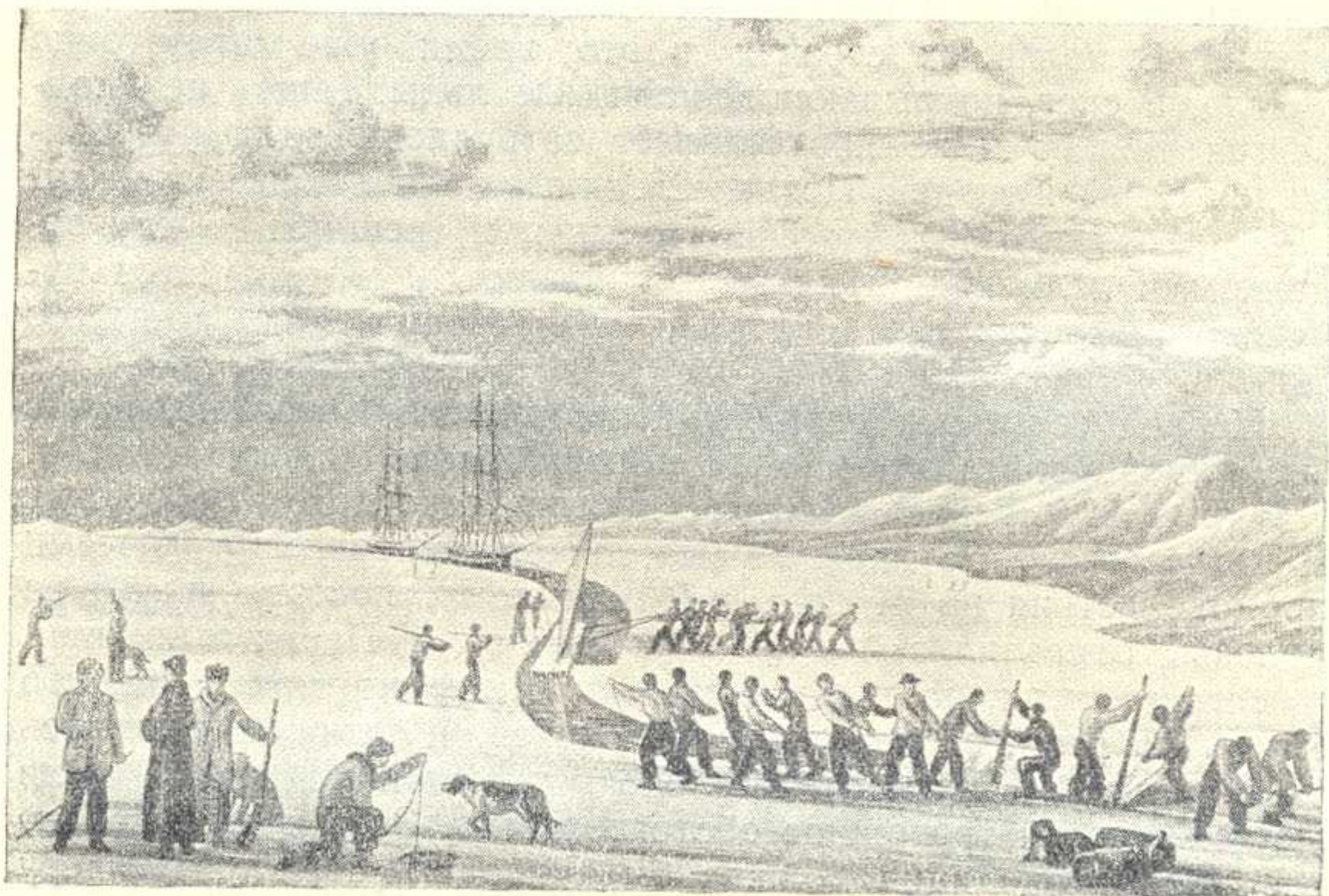
Первая серьезная санная экспедиция на Северный полюс была предпринята английским мореплавателем Парри в 1827 г. На корабле «Гекла» Парри достиг северного побережья Шпицбергена, и 23 июня 29 участников экспедиции с запасами продовольствия на 71 день и 2 шлюпками, поставленными на полозья, отправились по льдам к полюсу. У Парри были прирученные олени, но льды оказались настолько тяжелыми, что Парри не решился использовать оленей, и шлюпки пришлось тащить людям. Дорога была очень тяжелой. В конце июля Парри заметил тревожное обстоятельство. За три дня, по его расчетам, экспедиция должна была продвинуться к северу на 12 миль, астрономические же определения показали, что они продвинулись только на 5 миль. Было очевидно, что ледяные поля несут экспедицию к югу. Продвижение на север стало безнадежным. В результате Парри не смог пробраться дальше $82^{\circ}45'$ с. ш. и вынужден был повернуть обратно.

Всего около 25 км отделяло экспедицию от 83° с. ш., за достижение которого Парри была обещана премия в тысячу фунтов стерлингов.

В 1899 г. экспедиция герцога Абруццкого на корабле «Стелла Поляре» достигла острова Рудольфа — самого северного из островов Земли Франца-Иосифа — и здесь зазимовала в бухте Теплиц. Сам герцог отморозил себе ногу и принять участие в экспедиции к Северному полюсу не смог. 11 марта 1900 г. его помощник, капитан Каньи, с 11 людьми, 38 собаками и 12 санями отправился к Северному полюсу. Вся экспе-

диция была разбита на три партии. Предполагалось идти до полюса 72 дня, постепенно отсылая назад отдельные партии. Первая отосланная партия бесследно исчезла. Вторая партия вернулась благополучно. Третья партия во главе с Каньй через 44 дня после выхода из базы достигла $86^{\circ}34'$ широты, после чего повернула обратно. Возвращение заняло 60 дней.

В этой экспедиции уже был применен опыт организации вспомогательных партий, заключающийся в следующем: удар-



Экспедиция Парри 1827 года.

ное ядро экспедиции, на которое возлагается достижение Северного полюса, в начальной части пути идет, не неся на себе никаких тяжестей и не делая никаких трудных работ; таким образом, оно сохраняет свои силы для последующего этапа; вся работа по подвозу продовольствия и топлива, организации складов и разведке дороги падает на вспомогательные партии. В дальнейшем система вспомогательных партий была доведена до совершенства Робертом Пири.

История борьбы американца Роберта Пири за достижение Северного полюса представляет собой эпопею непрерывного упорного труда на протяжении 20 лет. Деятельность Пири как полярного путешественника распадается на два периода,



Р. Пири.

Первый период — вплоть до 1898 г. — был полностью поглощен изучением северной Гренландии, причем Пири делает обширные исследования, приведшие к открытию, что Гренландия представляет собой остров; в 1891 г. Пири пересекает Гренландию с запада на восток.

Все это дало Пири громадный опыт в полярных исследованиях, позволивший ему ввести много целесообразных усовершенствований в практику полярных путешествий.

Таким образом, когда Пири приступил к борьбе за достижение Северного полюса, он был вполне сформировавшимся полярным исследователем.

В истории Пири поражает его исключительная способность сосредоточиваться на достижении определенной цели и его исключительная выносливость. О самом себе Пири писал следующее:

«Основным законом физики является положение, что всякое тело движется по линии наименьшего сопротивления. Но этот закон мало применим по отношению к непоколебимой воле человека. Что касается меня, то всякое становившееся мне на пути препятствие физического или морального свойства — будь то полынья в ледяной пустыне полярного моря или сопротивление общественного характера — еще более принуждало меня осуществить принятое решение: достигнуть твердо поставленной цели моей жизни, если только моя жизнь окажется достаточно продолжительной для этого».

Этой основной целью Пири и было достижение Северного полюса, этой цели он посвятил больше 20 лет своей жизни.

Предшествовавшие попытки достижения Северного полюса на санях, предпринимавшиеся от Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа, показали, что дрейф льдов в этих районах слишком значителен и представляет большие затруднения для достижения полюса.

Поэтому Пири избрал так называемый американский путь к Северному полюсу, начинавшийся от северных берегов Гренландии.

Попытка продвинуться к полюсу, предпринятая Пири в 1900 г. от северных берегов Земли Гранта, потерпела неудачу. Плохое состояние собак не позволило ему подняться выше $83^{\circ}54'$ с. ш.

Уже в 1902 г. Пири возобновляет свою попытку. Он достигает $84^{\circ}17'$ с. ш., но из-за недостатка запасов возвращается обратно.

21 апреля 1906 г. Пири удалось дойти до $87^{\circ}6'$ с. ш. Опять у него нехватило запасов из-за вынужденной остановки

у большой полыньи, преградившей ему путь к северу, и он вынужден был снова повернуть назад.

Последнее свое путешествие к Северному полюсу Пири совершил в 1908 г., когда ему уже было 53 года. Как и в предыдущее свое путешествие, Пири на специально построенном для плавания в полярных водах корабле «Рузвельт» отправился к северному берегу Земли Гранта. Подготовка к походу на Северный полюс велась всю зиму. Отправным пунктом был избран мыс Колумбия ($83^{\circ}7'$ с. ш.) — самая северная точка Земли Гранта и, в то же время, самая северная точка суши в Северном Ледовитом океане.

От мыса Колумбия к Северному полюсу пошло 6 белых людей, 1 негр (Хенсон, неизменный спутник Пири во всех его экспедициях) и 17 эскимосов. С ними было 133 собаки и 19 саней.

Экспедиция была разбита на 6 партий, из них 5 вспомогательных. В каждой партии было 4 человека. Вспомогательные партии шли впереди главной, прокладывая для нее дорогу и строя снеговые хижины для ночлега.

Первая партия вернулась обратно, пройдя наименьшее расстояние. Последней пошла назад группа, возглавлявшаяся капитаном Бартлеттом, командиром корабля «Рузвельт». Эта группа дошла до $87^{\circ}48'$ с. ш. Сам Пири во главе основной партии нагонял вспомогательные на их конечных остановках, меняя при этом уставших собак и поломанные сани.

6 и 7 апреля 1909 г. Пири был на полюсе, где и провел около 30 часов. За это время Пири обошел полюс со всех сторон и сделал много астрономических определений. Он пытался измерить глубину океана, но, опустив трос на 2743 м, дна не достал. Впоследствии возникли сомнения, действительно ли побывал Пири на полюсе. Сомнения эти возникли потому, что последние 255 км до полюса Пири покрыл за пять переходов. При господствовавшем до последнего времени убеждении, что в центре Арктического бассейна льды торосистые и трудно проходимые, это казалось мало вероятным. Сам Пири своими описаниями встреченных им полярных льдов поддерживал эти сомнения. Он писал:

«Поверхность Ледовитого океана зимой совершенно чудовищна. Мне кажется, нет слов, которые могли бы ее описать. По меньшей мере 9/10 поверхности океана между мысом Колумбия и полюсом состоят из этих развороченных ледяных масс».

Сомнения в достижении Пири полюса, широко обсуждавшиеся в печати, вынудили Национальное географическое об-

щество в Вашингтоне назначить специальную комиссию для проверки всех астрономических наблюдений Пири. Эта комиссия тщательно разобрала все наблюдения Пири и все обстоятельства дела и пришла к единодушному заключению, что Пири действительно побывал на полюсе.

В своем дневнике Пири пишет:

«Больше 20 лет эта точка земной поверхности (Северный полюс) была предметом всех моих стремлений. Все мое физическое и душевное состояние было посвящено реализации этих стремлений. Много раз я ставил на карту свою жизнь и жизнь моих спутников. Мое собственное состояние и средства моих друзей уходили на это дело. Эта экспедиция была уже моим восьмым путешествием в полярную пустыню. В этих путешествиях я провел почти 20 лет из 23 между моими 30 и 53 годами, а промежуточное время, прожитое мною в цивилизованных странах, было, в сущности, заполнено приготовлениями к походам в ледяную пустыню».

Главным результатом путешествий Пири к Северному полюсу явилось доказательство, что во всяком случае между северной оконечностью Гренландии и полюсом никаких земель или островов не существует и что глубина океана у самого полюса во всяком случае больше 2740 м. Кроме того, экспедиция Пири собрала некоторые сведения о состоянии льдов в этом районе и также открыла, что полярные льды у берегов Гренландии двигаются с запада на восток, направляясь в широкий пролив между Шпицбергом и Гренландией.

3. К полюсу по чистой воде

Санные экспедиции не могли производить серьезных научных исследований. Они могли открыть тот или иной остров, в лучшем случае измерить глубину моря и толщину льда, произвести кое-какие метеорологические наблюдения, но они были вынуждены рассчитывать каждый килограмм груза, а это в свою очередь препятствовало перевозке каких-либо сложных, точных и, в особенности, хрупких приборов. Кроме того, переходы через льды и полыньи требовали от людей величайшего напряжения всех сил и не оставляли времени для производства научных наблюдений.

Издавна наиболее удобным средством для всякого рода полярных исследований являлся корабль, на котором в достаточном количестве могут быть размещены научные сотрудники и их инструментарий, организованы любые научные лаборатории.

Один из выдающихся полярных мореплавателей и исследователей, английский китобой Скоресби, неоднократно в начале XIX столетия плававший между Гренландией и Шпицбергенем, указывал, что до самого Северного полюса простираются ровные льды, по которым нетрудно добраться до полюса.

Несмотря на опыт Парри, который первым использовал мысль Скоресби и как будто ее доказал, в 80-х годах прошлого столетия среди полярных исследователей еще существовало мнение, что в Ледовитом океане много чистой воды, по которой нетрудно добраться до полюса на обыкновенном корабле.

Горячим проводником идеи о возможности достижения Северного полюса на корабле, лавируя между льдами, был известный австрийский географ Август Петерманн. По его настоянию, для поисков открытого морского пути к Северному полюсу в район между Гренландией и Шпицбергенем было отправлено несколько экспедиций. Неудача этих экспедиций, однако, не обескуражила Петерманна. По его инициативе в 1872 г. была снаряжена австрийская экспедиция на судне «Тегеттгоф», возглавлявшаяся Вайпрехтом и Пайером. Экспедиция должна была попытаться пройти к полюсу между Шпицбергенем и Новой Землей.

Мысль Петерманна о существовании здесь свободного от льдов моря и о возможности прохода к полюсу на обычном корабле будто подтверждалась удачными плаваниями в этом районе норвежских и русских промышленников.

Замечательно, что, изучая, подобно Петерманну, ледовые условия в районе между Шпицбергенем и Новой Землей, известный русский революционер и географ П. А. Кропоткин пришел к совершенно иным выводам. В своей записке об исследовании полярных стран, написанной в 1870 г., Кропоткин говорил следующее:

«Вряд ли одна группа островов Шпицбергена была бы в состоянии удерживать огромные массы льдов, занимающие пространство в несколько тысяч квадратных миль, постоянно на одинаковом положении между Шпицбергенем и Новой Землей. Не представляет ли нам это обстоятельство, равно как и сравнительно легкое достижение северной части Шпицбергена, право думать, что между этим островом и Новой Землей находится еще не открытая земля, которая простирается к северу дальше Шпицбергена и удерживает льды за собой».

Экспедиция на «Тегеттгофе» полюса не достигла, но она случайно сделала одно из наиболее крупных географических

открытий конца прошлого столетия и подтвердила правильность замечательного предвидения Кропоткина. В августе 1872 г. судно экспедиции Вайпрехта и Пайера было зажато льдами у северо-западных берегов Новой Земли. В дальнейшем судно понесло вместе со льдами сначала на север, потом на северо-запад. Этот дрейф продолжался свыше года. 30 августа 1873 г. перед изумленными взорами мореплавателей из облаков и тумана выступила до того неизвестная гористая



„Жаннетта“ во льдах.

страна, названная Землей Франца-Иосифа. Экспедиция пробыла здесь до весны 1874 г.

Во время вынужденной зимовки было произведено несколько санных экспедиций, причем во время одной из этих экспедиций Пайер дошел до северного острова Земли Франца-Иосифа — острова Рудольфа.

Третья зимовка грозила гибелью. Вследствие этого 20 мая 1874 г. экспедиция покинула на нескольких лодках судно и отправилась к Новой Земле, где случайно встретила русское судно, которое и доставило зимовщиков в Норвегию.

Неудача Вайпрехта и Пайера не остановила, однако, попыток достижения Северного полюса на обыкновенном корабле. В 1879 г. на средства издателя газеты «Нью-Йорк

Геральд» Гордона Беннета была организована американская экспедиция к Северному полюсу на корабле «Жаннетта» под начальством лейтенанта Де-Лонга. Экспедиция была очень хорошо оборудована и снабжена запасами на три года полярного плавания. Ее организаторы были настолько уверены в возможности достижения полюса, что на «Жаннетте» даже имелся медный ящик с выгравированными на нем именами участников экспедиции. Этот ящик предполагалось оставить на Северном полюсе.

Независимо от «Жаннетты», Беннет намеревался послать свою яхту «Даунтлесс» с тем, чтобы она также попыталась пройти к Северному полюсу, но с противоположной стороны — из Гренландского моря.

Недалеко от острова Врангеля «Жаннетта» вошла во льды, и ее понесло вместе со льдами на северо-запад. 17 июня 1881 г., т. е. через 21 месяц после начала дрейфа, «Жаннетта» была раздавлена льдами у Новосибирских островов и пошла ко дну. Только части команды после невероятных усилий, многих приключений и лишений удалось спастись.

Гибель «Жаннетты» положила конец надеждам на возможность достижения Северного полюса на свободно плавающем корабле. Но, как ни странно, гибель «Жаннетты» послужила поводом для организации самой замечательной полярной экспедиции конца прошлого столетия — экспедиции Фритьофа Нансена на корабле «Фрам».

4. К полюсу с дрейфующими льдами

К этому времени Нансен уже приобрел громкую известность как полярный исследователь и путешественник. В нем сочетались удивительные качества ученого и спортсмена. Когда Нансену было 17 лет, он уже получил звание чемпиона Норвегии по конькам на дальнее расстояние. Когда ему исполнилось 18 лет, он в состязаниях на одну милю побил мировой рекорд. В последующие годы он не раз выигрывал норвежские призы по бегу на лыжах по пересеченной местности.

В 1888 г. Нансен пересекает Гренландию с востока на запад, что до него никем еще не было сделано. Таким образом Нансен, в то время уже известный ученый, был хорошо подготовлен к полярным исследованиям.

Через три года после гибели «Жаннетты» на юго-западном берегу Гренландии были найдены вмерзшими в лед вещи, бесспорно принадлежавшие участникам экспедиции «Жаннетты». Профессор Мон высказал мысль, что, очевидно, льдину с вмерз-

шими в нее вещами пронесло течением через все полярные моря. Это мнение подтверждалось тем, что и раньше на берегах Гренландии и Исландии не раз находили деревянные предметы домашней утвари и охоты, выделяемые на побережье Аляски. Эти предметы могли попасть к берегам Гренландии не иначе, как пройдя через весь Полярный бассейн.

Как только Нансен узнал о находках остатков экспедиции «Жаннетты» и о выводах Мона, он выступил с чрезвычайно смелым и оригинальным проектом исследования Полярного бассейна. Нансен писал:

«Нельзя не прийти к выводу, что течение (в Северном Ледовитом океане) проходит или через полюс или, во всяком случае, очень близко от него, где-то между Гренландией и Шпицбергом. В таком случае дело обстоит очень просто: надо войти в течение по эту сторону полюса, где оно направляется к северу, и с помощью этого течения проникнуть в те области, куда все прежние исследователи тщетно старались попасть, идя против течения. Короче говоря, мой план состоит в следующем: я предлагаю построить судно, небольшое по размерам, но очень крепкое, такой величины, чтобы на нем поместился только запас угля и провизии для 12 человек».

Развивая далее свой план, Нансен указывал, что он не считает важным, пройдет ли экспедиция через полюс или нет. «Достижение самого полюса, — писал Нансен, — не является нашей целью. Мы ставим себе задачей изучение неисследованных областей, окружающих полюс. С научной точки зрения эти наблюдения одинаково ценны, пройдет ли экспедиция точно через полюс или же в некотором отдалении от него».

Летом 1893 г. экспедиция Нансена на специально построенном по его указаниям знаменитым кораблестроителем Арчером корабле «Фрам» (форма которого обеспечивала выжимание корабля на поверхность льдов при их сжатии) вышла из Норвегии. Пользуясь благоприятным состоянием льдов, она прошла Карское море, обогнув мыс Челюскина, и затем вошла в полярные льды к северо-западу от Новосибирских островов на $78^{\circ}50'$ с. ш. и $133^{\circ}30'$ в. д.

От этой точки начался знаменитый зигзагообразный дрейф «Фрама» приблизительно в северо-западном направлении, продолжавшийся 3 года.

Как мы видели, Нансен не добивался достижения Северного полюса. Больше того, он говорил перед экспедицией, что если даже корабль во время дрейфа окажется на 89° с. ш., то и тогда не имеет смысла оставлять корабль и пробовать достигнуть полюса по льду. Однако Нансен, как мы знаем,



Фритсф Хансен (1861 -- 1930)

был не только большим ученым, он, кроме того, был большим спортсменом, а лозунг — достижение Северного полюса — был все же слишком соблазнительным.

И вот, когда Нансен убедился, что судно пронесет мимо полюса, он решился на смелую попытку. Вдвоем с лейтенантом Иогансеном 14 марта 1895 г. на $84^{\circ}4'$ с. ш. и 102° в. д., имея с собой 28 собак и продовольствие на 100 дней, он покидает «Фрам» и отправляется к полюсу по льду. 7 апреля Нансен достиг $86^{\circ}14'$ с. ш. на 86° в. д. Севернее его еще не был ни один человек. Но дальнейшее продвижение на север было бесцельно: дрейф льдов относил смелых путешественников на юго-запад, и Нансен проходил большие расстояния по льдам, мало изменяя свои географические координаты. 8 апреля Нансен повернул на юг.

Оставленный Нансеном «Фрам» продолжал дрейф на запад и северо-запад и в конце концов достиг $85^{\circ}56'$ с. ш., т. е. оказался только на 20 км южнее той же широты, до которой Нансен шел 23 дня ценой невероятных героических усилий. Широта, достигнутая «Фрамом», долго оставалась рекордной для кораблей, дрейфующих вместе со льдами. Только в 1939 г. советский ледокол «Седов» в районе к северу от Земли Франца-Иосифа достиг $86^{\circ}39',5$ с. ш.

6 августа на обратном пути Нансен увидел группу островов, которую он назвал Белой Землей.¹ Это была северо-восточная группа архипелага Земли Франца-Иосифа.

Продолжая свой путь вдоль островов Земли Франца-Иосифа, Нансен и Иогансен в конце августа достигли острова Джексона, где и прозимовали, выстроив себе хижину из льда и камня и добывая себе пищу охотой на моржей и белых медведей.

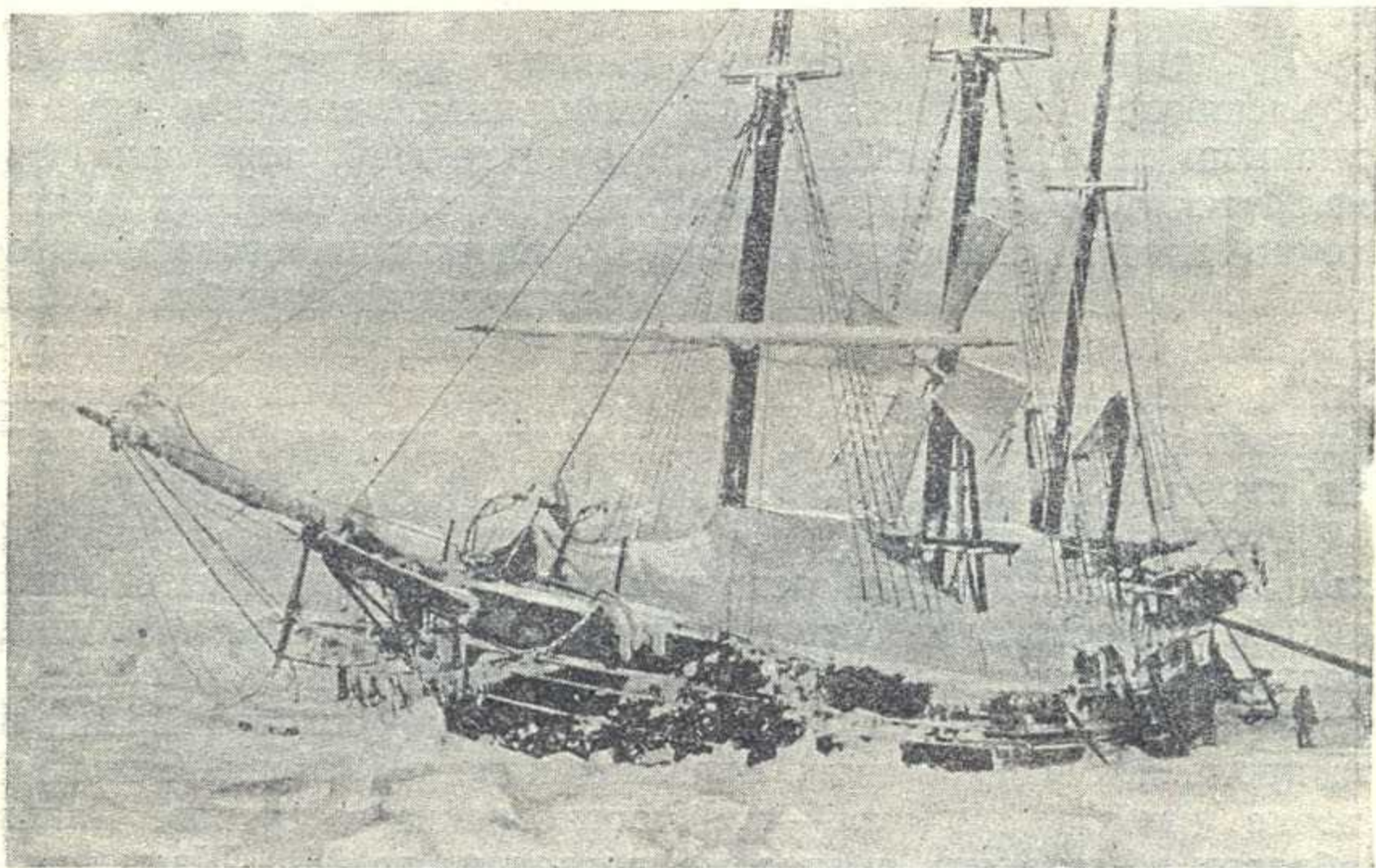
10 мая 1896 г. Нансен возобновил свое путешествие на юг, и только 17 июля он по льдам подошел с юга к мысу Флора (на острове Нордбрук — одном из южных островов Земли Франца-Иосифа), где и произошла знаменитая встреча Нансена с Джексеном, начальником английской экспедиции (1894—1897), зимовавшей здесь в это время.

7 августа 1896 г. Нансен на корабле «Уиндворт» отправился в Норвегию.

В этом путешествии не знаешь, чему удивляться: смелости

¹ Один из этих островов Нансен назвал Евой, в честь своей жены, другой остров — Лив, в честь своей дочери. В 1932 г. автор во время плавания вокруг Земли Франца-Иосифа обнаружил, что острова Ева и Лив представляют собой один остров, с тех пор этот остров называется соединенным именем — Евалив.

ли и выносливости Нансена, умению ли выходить из самых тяжелых положений, или его жажде к познанию. Последняя никогда ни на минуту не покидала Нансена. Во время своей зимовки на острове Джексона Нансен не пропускал случая сделать метеорологические наблюдения; во время своего пути по проливам Земли Франца-Иосифа на утлом каяке под парусом и на веслах он успевал наносить на карту новые острова. По прибытии на мыс Флора после неимоверно трудной зимовки, он немедленно приступил к научной работе, и



„Фрам“ во время дрейфа.

ему принадлежат наиболее ценные сведения о геологическом строении этого мыса.

Нансену не удалось достигнуть Северного полюса, но он сделал очень много. Он в буквальном смысле этого слова открыл Северный Ледовитый океан в научном отношении. Он определил, что это — бассейн с глубинами в своей центральной части около 4 км, с весьма характерным распределением в нем водных масс. Он установил, что сравнительно теплые и соленые атлантические воды проникают в этот океан глубинным течением из Гренландского моря. Он открыл, что поверхность раздела между отдельными слоями находится в постоянном волнообразном движении. Особое внимание Нансен обратил на изучение физических и биологических свойств

морских льдов. Ему принадлежит честь открытия, что льды в своем движении отклоняются от направления ветра приблизительно на 40° , и правильного объяснения этого факта отклоняющим влиянием вращения земли и т. д.

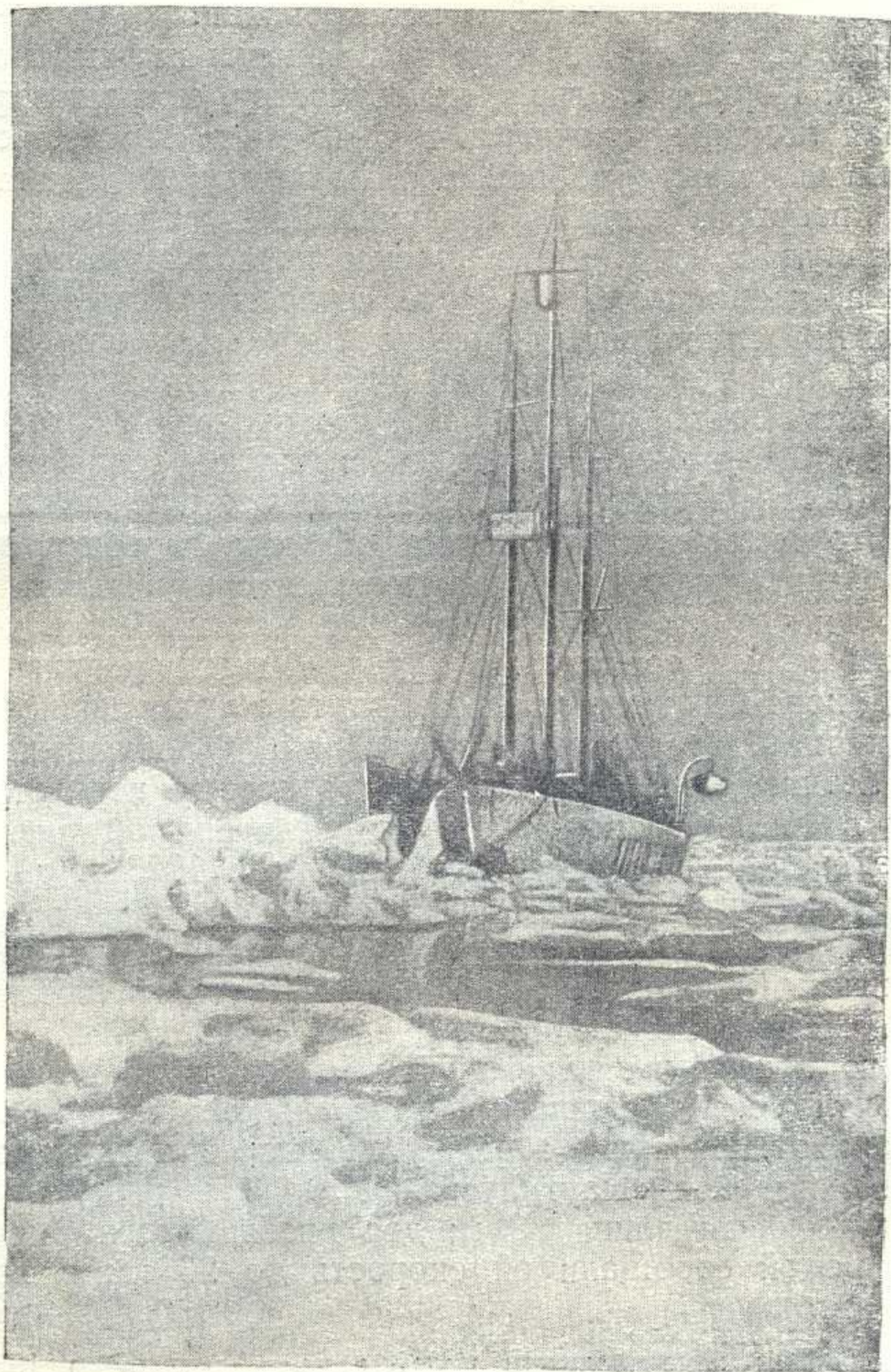
Нет ни одной области геофизики и океанографии северных полярных стран, которая не была так или иначе затронута и освещена в результате экспедиции на «Фраме». И, пожалуй, самым главным достижением экспедиции Нансена надо считать самый дрейф «Фрама» — наглядный урок, как надо, сначала изучив природу, заставлять ее силы служить на пользу науке и человечеству.

Громадные результаты, полученные экспедицией на «Фраме», объясняются не только исключительными способностями и личными качествами Нансена. В значительной мере они объясняются тем, что Нансен пробыл в высоких широтах достаточно длительный срок, а также теми возможностями, которые давал для всякого рода исследований корабль с его удобным помещением для жилья и лабораториями. Это послужило основанием Руалу Амундсену предпринять уже после открытия Пири Северного полюса повторение дрейфа «Фрама» на своем корабле «Мод».

Расчет Амундсена был очень прост: «Фрам» вошел во льды у Новосибирских островов, и его пронесло несколько южнее полюса; следовательно, надо войти во льды несколько восточнее, и тогда корабль пронесет через полюс. В 1922 г. корабль Амундсена «Мод» вошел во льды у острова Врангеля и, продрейфовав 750 миль, оказался к лету 1924 г. в начальной точке дрейфа «Фрама» — у Новосибирских островов. Таким образом был почти полностью повторен дрейф «Жаннетты». После плавания «Мод» попытки дрейфа со льдами для достижения Северного полюса уже не повторялись.

5. К полюсу подо льдами

В 1648 г. английский епископ Джон Уилкинс написал математический труд под названием: «Математическая логика или чудеса, которые можно совершать с помощью математической геометрии». В этом труде обсуждалась возможность постройки «ковчега», который мог бы плавать под водой, и приводились рассуждения о выгодах такого плавания. Между прочим, Уилкинс указывал, что подводный корабль не будет бояться ни жестоких морозов, ни полярных льдов, которые делают столь опасным плавание вблизи полюсов. Отмечал он



„Мод“ во льдах.

также пользу, которую может принести подводный корабль для всякого рода открытий и исследований.

Прошло много лет, прежде чем человек научился плавать под водой. Первая «польза» человечеству, которую принесла подводная лодка, заключалась в том, что в 1864 г. во время американской междоусобной войны подводная лодка южан «Давид» взорвала корабль северян. Лодку при этом струей воды затянуло в отверстие в корпусе корабля, образовавшееся от взрыва, и она погибла вместе со всем экипажем.

С тех пор подводные лодки начали быстро совершенствоваться. И все же до мировой войны казалось, что никто не придавал подводным лодкам сколько-нибудь серьезного значения. Однако как только грянула мировая война 1914—1918 гг., первые же ее дни заставили не только переменить это мнение, но коренным образом пересмотреть все планы войны на море: подводная лодка сразу заняла видное место среди средств разрушения, придуманных человечеством.

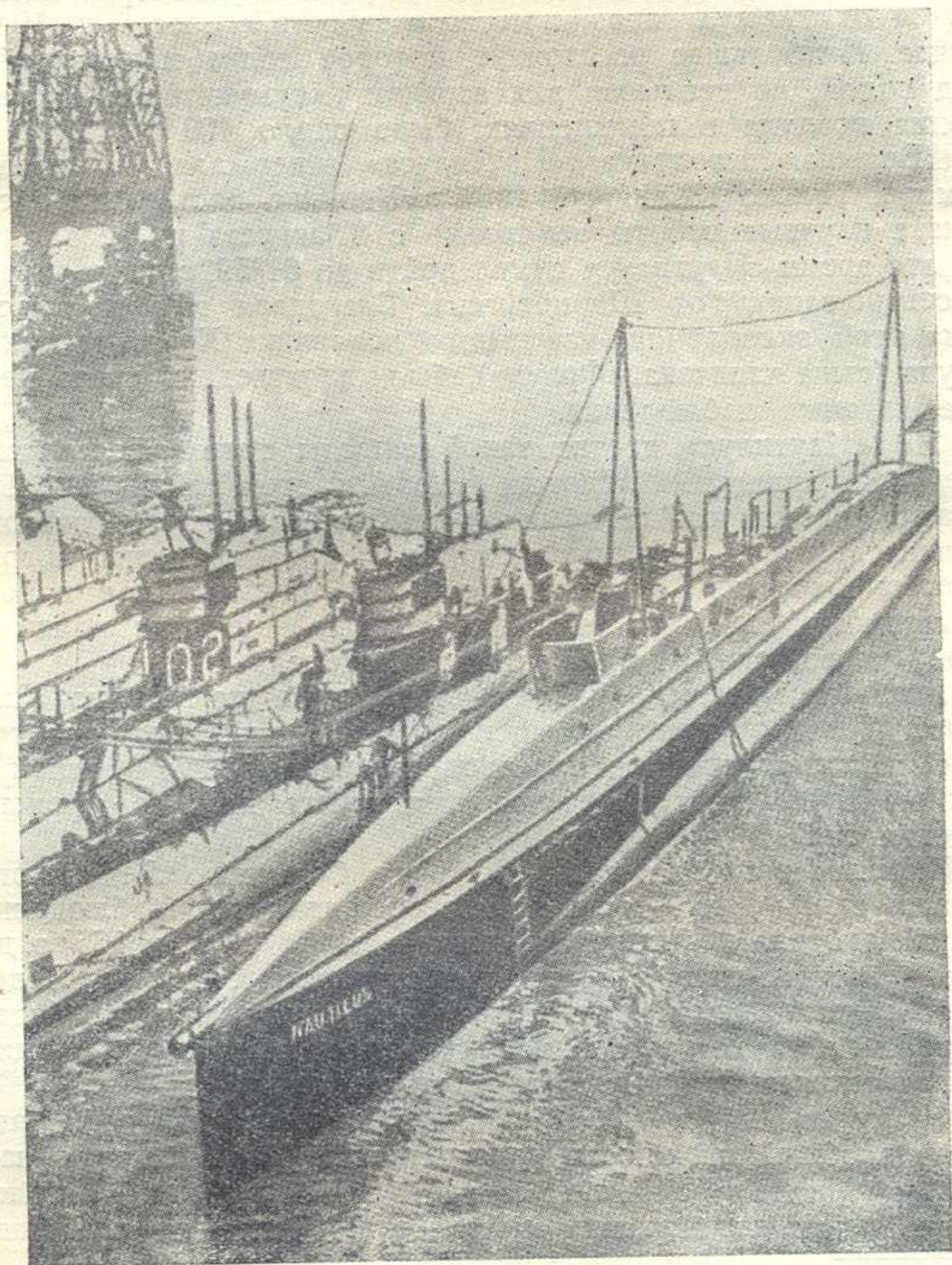
По странному совпадению Губерт Уилкинс, один из потомков Джона Уилкинса, начал мечтать о применении подводной лодки на благо науки и цивилизации. Прославленный полярный летчик, хорошо известный по своему перелету через Арктику в 1928 г.,¹ давно уже задумал организацию арктической экспедиции на подводной лодке; в 1928 г. он сделал попытку воплотить эту идею в жизнь.

Удалось ему это только в 1931 г., когда на средства, полученные от Американского географического общества и от сбора частных пожертвований, он получил в аренду у американского правительства старую военную подводную лодку и переделал ее для плавания подо льдами и производства научных работ. Название этой лодки было традиционным для подводных лодок — «Наутилус».²

Ее наибольшая длина 38 м; два дизельмотора при плавании над водой сообщали ей скорость до 26 км в час, под

¹ И по своим замечательным полетам над Арктикой в 1937/38 г. в целях отыскания без вести пропавшего в 1937 г. самолета Леваневского.

² «Наутилус» — название рода моллюсков, водящихся в Индийском океане и живущих обычно на дне, но могущих подниматься на поверхность моря, пользуясь для этого изменением объема воздушной камеры, находящейся в раковине. Первая подводная лодка, названная этим именем, была построена в 1801 г. во Франции знаменитым изобретателем парохода Робертом Фультоном. Для всплытия и погружения на этой лодке использован тот же принцип, которым пользуются моллюски «Наутилус». Название «Наутилус» стало особенно популярным после того, как Жюль Верн в своем увлекательном романе «80 тысяч километров под водой» назвал «Наутилусом» подводную лодку героя романа — капитана Немо.



„Наугалус“.

водой лодка двигалась с помощью двух электромоторов, питавшихся от аккумуляторов, и могла развивать скорость до 19 км в час. Наибольшее расстояние, которое лодка могла пройти под водой, не всплывая для зарядки аккумуляторов и освежения воздуха в помещениях, было около 400 км.

Большая переделка «Наутилуса» задержала его выход в море. Только 13 августа 1931 г. Уилкинс достиг Шпицбергена, а научные работы вел только с 27 августа по 5 сентября. За это время «Наутилус» сумел дойти до $81^{\circ}59'$ с. ш. в районе к северо-западу от Шпицбергена. Благодаря энергии участника этой экспедиции, известного полярника Харальда Свердруп (сына капитана «Фрама»), были произведены очень ценные научные наблюдения.

Но «Наутилус» достиг такой широты только вследствие очень благоприятных ледовых условий в этом районе в 1931 г. Плавал он, как самый обыкновенный корабль; его горизонтальные рули, с помощью которых подводная лодка погружается, всплывает и удерживает свою глубину под водой, повидимому, нарочито были повреждены кем-то из команды перед первой попыткой опуститься под лед.¹

Главным назначением подводной лодки, по мнению Уилкинса, будет служить помещением для группы метеорологов и их инструментов при производстве наблюдений в одной и той же точке моря в течение длительного периода времени (многих лет).

Уилкинс намечает даже ту точку Северного Ледовитого океана, где, по его мнению, метеорологические наблюдения будут наиболее ценными, а именно — на 82° с. ш. и 165° з. д., т. е. приблизительно в центре недоступности Северного Ледовитого океана. Если ледяное поле, под которым лодка будет находиться, начнет сильно изменять свое положение, лодка всегда сможет опять перейти в ту же точку.

На основании своего опыта, приобретенного во время полетов в общей сложности на расстоянии 15 тысяч миль над льдами Арктики, Уилкинс считает, что всегда в Арктике можно найти незамерзшие пространства воды (или простран-

¹ Как сообщает Губерт Уилкинс в своем письме автору этих строк, в настоящее время он занят подготовкой новой экспедиции на более усовершенствованной подводной лодке: он собирается пересечь Северный Ледовитый океан от Шпицбергена до Аляски. Этим эффектным плаванием Уилкинс рассчитывает заработать достаточно денег для последующих исследований. По газетным сообщениям от конца июня 1939 г., американское правительство отказало Уилкинсу в предоставлении в аренду подводной лодки. Таким образом осуществление этого плавания в ближайшее время Уилкинсу не удастся.

ства, покрытые молодым льдом), достаточные для того, чтобы позволить подводной лодке подняться на поверхность.¹

6. К полюсу по воздуху

Полюс, как мы видели, был достигнут в 1909 г. До этого времени все попытки достичь полюса по льду на собаках, на кораблях по открытой воде или в дрейфе со льдами (отважная попытка Нансена) не увенчались успехом. В то же время интерес к исследованию полярных стран был необычайно возбужден в связи с походом в 1878—1879 гг. Норденшельда на корабле «Вега» Северным морским путем вокруг Европы и Азии, а также в связи с замечательной экспедицией Нансена. Недостижимый полюс все время привлекал общественное внимание. Но если нельзя достигнуть полюса ни на корабле по чистой воде между льдами, ни на корабле вместе с дрейфующими льдами, ни на санях по льду, то нельзя ли попробовать добраться к Северному полюсу по воздуху?

Мысль об обследовании полярных стран с воздуха зародилась очень давно. Португальский монах Бартоломео Лоренцо Гузмао, считающийся изобретателем и строителем воздушного шара, на котором он впервые летал 8 августа 1709 г., в марте того же года, в своем прошении королю об отпуске средств на постройку шара, между прочим, указывал, что на воздушном шаре возможно будет исследовать приполярные страны.

11 июля 1897 г. с Датского острова, расположенного у северных берегов Шпицбергена, вылетела на воздушном шаре экспедиция шведов Андрэ, Стриндберга и Френкеля. Андрэ рассчитывал, воспользовавшись благоприятными ветрами, пролететь на своем воздушном шаре «Орел» над Северным полюсом и спуститься в Беринговом проливе.

Андрэ проявил много изобретательности и положил много труда для того, чтобы оборудовать свой воздушный шар. Все, что давала техника того времени, было так или иначе использовано. Были устроены особые паруса, с помощью которых предполагалось несколько уклоняться от направления ветра, разработана система гайдропов, которые, влачась по льду, удерживали бы шар на постоянной высоте приблизительно

¹ Хотя эти открытия пространства леско могут быть найдены, Уилкинс все же считает, что значительно безопаснее пользоваться специальной, нагреваемой электричеством трубой, которая будет выдвигаться из лодки и прорезывать лед. Через эту трубу научные работники смогут выходить на лед вместе со своими инструментами.

в 250 м от льда. Грузоподъемность воздушного шара была около 3 тонн, так что, кроме трех человек экипажа, можно было взять научные и другие инструменты, две лодки, сани, запас провизии на 4 месяца. Для связи с Большой землей экспедиция имела 50 почтовых голубей.

Весь путь от Шпицбергена до берега Америки предполагалось покрыть в 6 дней.

Проект Андрэ в Швеции пользовался большой популярностью. Знаменитый Норденшельд сам хотел принять участие в полете.

Первое сообщение от экспедиции Андрэ было получено 17 августа, т. е. через месяц с лишним. Это была записка, посланная с почтовым голубем: «13 июля, 12 часов 30 минут дня, широта 82° северная, долгота 15° восточная. Хорошее прохождение на юст-зюйд-ост. На борту все здоровы. Это третий голубь. Андрэ».

После этого связь с экспедицией была прервана. В 1898 г. в разные части Арктики для поисков Андрэ и его спутников были посланы три специальных экспедиции: Пири, Надгордста и Стадлинга. В мае 1899 г. на северном берегу Исландии был найден поплавок с запиской Андрэ о первом дне полета.

В августе 1900 г. на острове Карла (в северной части Баренцова моря) была найдена металлическая банка, принадлежавшая экспедиции Андрэ. Больше ничего об этой экспедиции не было слышно, и об участии Андрэ и его спутников стали слагаться легенды.

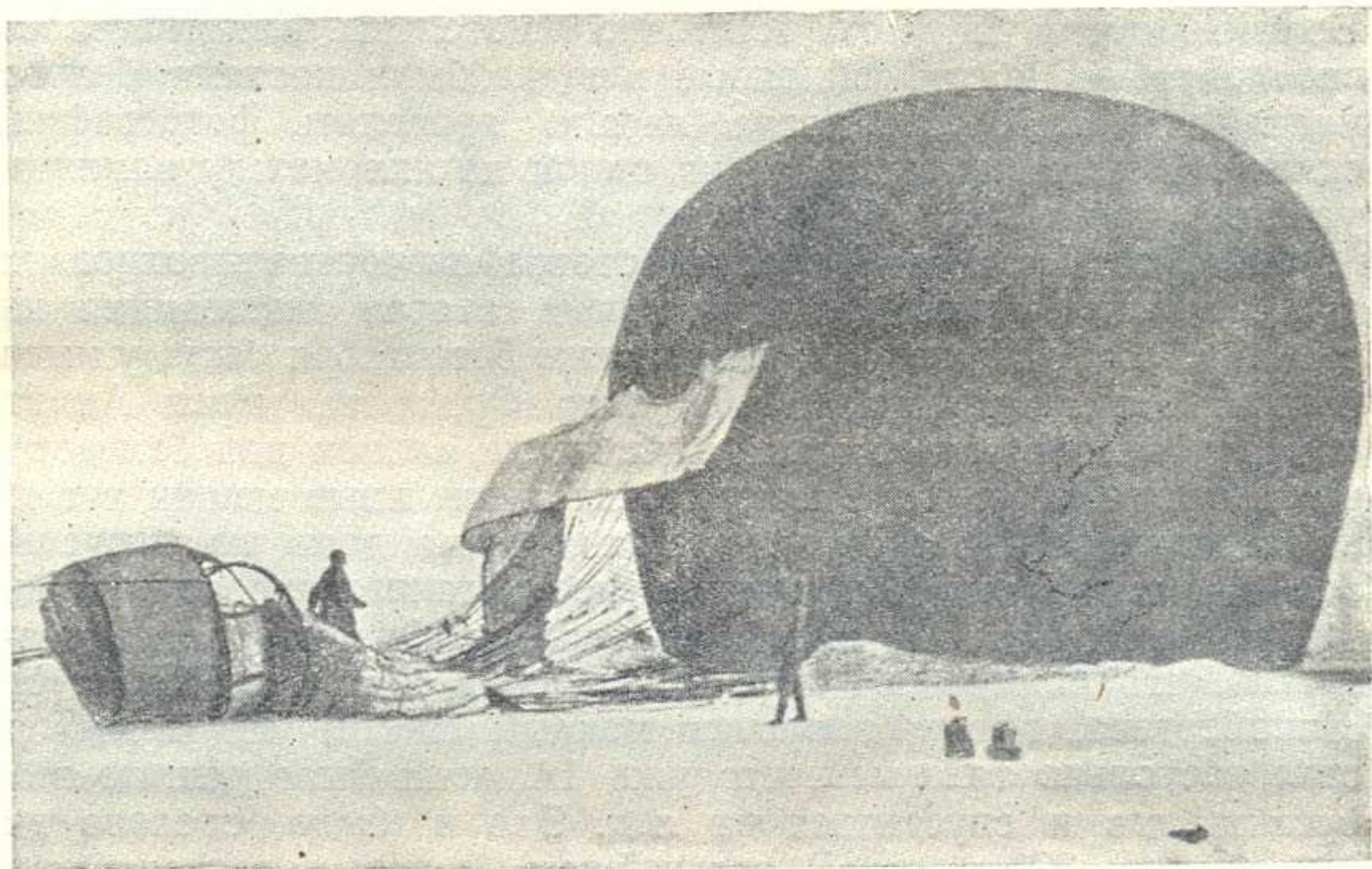
В 1926 г. в заграничной печати появилось сообщение известного путешественника по Гренландии и Канаде доктора Кнута Расмуссена о том, что один белый 80-летний старец, проживший 30 лет в плену у эскимосов, поведал ему перед смертью, что вожди племени эскимосов, проживавшего на 65° с. ш. и 90° з. д., рассказали ему, что незадолго до его плена на их территорию спустился «летающий шатер» с тремя белыми. Эти белые искали дорогу к своим, но эскимосы их не понимали и, думая, что эти белые люди — посланники злых духов, убили их.

Так как Расмуссену, кроме того, сообщили, что в 1899 г. эскимосами за Гудзоном был найден кусок прорезиненной материи, который эскимосы посчитали за часть одежды злых духов, то Расмуссен считал вполне вероятным, что рассказ эскимосов о трех белых был верен, что это были Андрэ и его спутники и что Андрэ все-таки удалось пролететь над полюсом.

В 1930 г. норвежская экспедиция на моторном судне «Брат-

ваг» отправилась к Земле Франца-Иосифа. Лето 1930 г. в Баренцовом море было исключительно благоприятным. Судно «Братваг» 5 августа подошло к северо-восточной оконечности Шпицбергена и затем направилось на восток, к Земле Франца-Иосифа. Путь экспедиции лежал мимо острова Белого, расположенного приблизительно на $80^{\circ}10'$ с. ш. и на 32° в. д.

6 августа во время охоты на моржа команда «Братвага» высадилась на юго-западном мысе этого острова (теперь на-



Аэростат Андрэ „Орел“ (снизился на лед к северу от Шпицбергена).

зываемом мысом Андрэ). Неожиданно люди обнаружили лодку, торчащую из снега, а в ней шест, на котором было вырезано — «Полярная экспедиция Андрэ». Затем был найден труп, прислоненный к скале. Это был труп Андрэ, опознанный по буквам на пиджаке. Около трупа лежали ружье и примус с керосином. В кармане Андрэ нашли дневник, в котором было исписано только несколько страниц.

Недалеко было найдено тело другого члена экспедиции — Стриндберга. В лодке, прикрепленной, как оказалось, к саням, также были найдены кости, но чьи они — решить было трудно, так как они были покрыты сплошным льдом. Кроме того, в лодке лежали части одежды, анемометр, фотоаппарат, молоток, топорик и т. д.

7 августа, забрав на борт корабля все найденное на острове, экспедиция направилась дальше к Земле Франца-Иосифа, но на полпути было получено специальное распоряжение норвежского правительства возвратиться домой.

Останкам экспедиции Андрэ была организована торжественная встреча. Для доставки их в Швецию был послан корабль «Вирго», — тот самый, который 33 года назад доставил экспедицию Андрэ на Шпицберген.

Но «Братваг» слишком поторопился покинуть остров Белый. Писки были недостаточно тщательны. Как оказалось впоследствии, кости, найденные в лодке, были костями белого медведя. Мало того, когда начали проявлять фотографии, снятые у места находки, то на одной из них между камнями увидели череп.

Эти факты и в особенности фотографии черепа взволновали общественное мнение. Была послана вторая экспедиция на судне «Белый медведь», которая уже 5 сентября была у мыса Андрэ. Эта экспедиция нашла тело Френкеля, череп Андрэ и массу вещей экспедиции: сани, весла, мешок для балласта, части гондолы, ящик с инструментами, спальные мешки и т. д. Кроме того, были обнаружены развалины дома из парусов. Все это имело вид более или менее организованного лагеря.

Из дневников Андрэ, Стриндберга и Френкеля стало известно, что воздушный шар, вылетевший 11 июля 1897 г. со Шпицбергена, вскоре покрылся мокрым снегом и инеем и стал настолько тяжелым, что уже 14 июля было решено выпустить газ и спуститься на лед. Это и было сделано на 83° с. ш. и 30° в. д. В дальнейшем, отчасти двигаясь по льдам, отчасти дрейфуя вместе с ними, путешественники 5 октября достигли мыса Андрэ.

Последняя запись в дневнике Стриндберга относится к 17 октября, т. е. была произведена через 12 дней после высадки. В дальнейшем случилась какая-то катастрофа, причины которой до сих пор остаются недостаточно выясненными. Повидимому, экспедиция Андрэ погибла в результате либо снежного обвала с ледника, у подножия которого был расположен лагерь, либо вследствие сильного шторма, завалившего людей снегом.

Судя по сравнительной сохранности остатков экспедиции Андрэ, они все 33 года пролежали под снегом, и только необычайно теплое в Баренцовом море лето 1930 г. растопило снег, покрывавший остатки экспедиции, и таким образом сделалось возможным их обнаружить.

Так закончилась первая воздушная экспедиция к Север-

ному полюсу. Много лет прошло, пока гордая мечта Андре — «Мы будем летать, как орлы, и ничто не сломит наших крыльев» — не превратилась в реальную действительность.

Вскоре после того, как были изобретены самолеты, начались попытки их применения для завоевания Арктики. Первые полеты в Арктике были сделаны русскими. Уже в 1914 г. летчик Нагурский летал в районе Новой Земли в поисках экспедиций Седова, Брусилова и Русанова, о которых с 1912 г. не было никаких сведений.

Первая серьезная попытка достижения Северного полюса на самолетах была предпринята Амундсеном в 1925 г. План экспедиции заключался в том, чтобы совершить полет одновременно на двух самолетах. Самолеты поднялись в воздух из бухты Кингсбей на Шпицбергене 21 мая 1925 г. около 4 часов дня. На каждом самолете было по 3 человека. 22 мая около 1 часа 15 минут утра самолеты сели в узком канале между ледяными полями. Определение места посадки по солнцу показало, что самолеты опустились на $87^{\circ}48'$ с. ш. и $10^{\circ}21'$ з. д. Один из самолетов был вытащен из полыньи на ледяное поле, а другой был брошен на произвол судьбы. Решено было подняться со льда, и для этого 6 человек начали готовить аэродром. Эта работа потребовала немалых человеческих усилий и продолжалась с 22 мая по 15 июня. 15 июня самолет, имея на борту 6 человек, поднялся в воздух и благополучно возвратился на Шпицберген, не достигнув Северного полюса.

Вот что писал Амундсен о характере льдов Арктики, встреченных им во время этого полета:

«Вполне естественно, что мысль о месте спуска всегда занимает авиатора. Моторы могут закопризничать в любое время, и если в этот момент нет места для спуска, то ему придется плохо. Но все равно, куда ни кинь взгляд, нигде не было ни малейшего признака удобного для спуска места. Повсюду лед больше всего походил на огромные количества отдельных небольших участков, рассеянных по всей поверхности без конца, без края, а между всеми этими участками воздвигнуты высокие каменные заборы, но соотношение как раз обратное тем, какими они должны быть: заборы занимают значительно большее пространство, чем земля. Если бы они еще были ровные и гладкие, то это не поражало бы так глаз, но гладких и ровных мест не было».

Как увидим ниже, не такие льды увидели в Арктике советские летчики с самолетов.

9 мая 1926 г. из той же бухты Кингсбей вылетел к полюсу

самолет американца Ричарда Бэрда. В 9 час. утра того же дня аэроплан находился над полюсом. Произведя некоторые наблюдения и описав над полюсом круг, но не совершая посадки, самолет в 9 час. 15 мин. повернул на Шпицберген, которого благополучно и достиг. 14 часов 40 минут потребовалось Бэрду для достижения Северного полюса от Шпицбергена и для его обратного возвращения туда. Пири, для того чтобы достигнуть полюса от берегов Гренландии и вернуться обратно, потребовалось около двух месяцев.

В 1928 г. состоялся замечательный, но мало известный перелет Губерта Уилкинса по маршруту Аляска — Гренландия — Шпицберген.

Способность дирижабля оставаться неподвижно в воздухе продолжительное время всегда вызывала мысль о возможности его применения для исследования полярных стран.

11 мая 1926 г., через два дня после того, как самолет Бэрда достиг Северного полюса и вернулся обратно, — из бухты Кингсбей вылетел дирижабль «Норвегия», имевший на борту 16 человек во главе с Амундсеном. Курс был взят прямо на север.

12 мая в 1 час 30 минут по гриничскому времени дирижабль находился над Северным полюсом, а 14 мая в 7 час. 30 мин. утра «Норвегия» благополучно приземлилась на Аляске. В этой экспедиции не только был достигнут Северный полюс, но впервые Северный Ледовитый океан был пересечен по воздуху. Всего при этом было пройдено около 3400 морских миль.

Следующая попытка исследовать приполярные пространства на дирижабле была предпринята в 1928 г. Это была итальянская экспедиция Нобиле на дирижабле «Италия». Во время этой экспедиции предполагалось детально обследовать с воздуха район между Шпицбергеном, Гренландией и Северным полюсом. Имелось в виду высадить в районе полюса на несколько часов партию научных работников для измерения глубины моря и определения температуры океана. Кроме того, предполагалось произвести различного рода метеорологические, магнитные и электрические наблюдения. Для осуществления этой программы Нобиле решил производить перелеты по радиусам из Кингсбея.

Первый перелет был предпринят 11 мая. Уже через 7 часов дирижабль из-за тумана вернулся обратно. Второй перелет состоялся 15 мая и продолжался в общем 69 часов. Со Шпицбергена был взят курс к Земле Франца-Иосифа, потом к Северной земле, отсюда на Новую Землю и обратно



Р. Амундсен (1872—1928).

на Шпицберген. В общем дирижабль сделал по воздуху около 4000 км.

23 мая в 4 часа 40 мин. дирижабль снова вылетел и направился к берегам Гренландии, а оттуда к полюсу. 24 мая в 0 час 20 мин. дирижабль был над полюсом, но спустить людей на лед не удалось из-за сильного ветра. Покружившись в течение двух часов над полюсом, дирижабль взял курс обратно на Шпицберген.

25 мая в 10 час. 30 мин., когда дирижабль находился на $81^{\circ}20'$ с. ш. и 24° в. д., произошла катастрофа, причины которой до настоящего времени полностью не выяснены. Дирижабль быстро опустился на лед. При ударе об лед один человек был убит. У начальника экспедиции Нобиле были сломаны нога и рука. На лед было выброшено 9 человек, остальные 6 человек были унесены вместе с дирижаблем в неизвестном направлении и погибли. Несчастье, случившееся с итальянской экспедицией, взволновало весь мир. В течение короткого времени на помощь было снаряжено 16 кораблей и 21 самолет.

Шведский летчик Лундборг спас Нобиле. 12 июля советская экспедиция на ледоколе «Красин» спасла сначала двух, обнаруженных самолетом Чухновского, а затем еще пятерых участников итальянской экспедиции.

Экспедиция Нобиле унесла 17 человеческих жизней. Из них 8 человек были участниками итальянской экспедиции. На самолете Амундсена «Латам», вылетевшем на помощь Нобиле, погибло 6 человек и сам Амундсен в их числе. Три человека погибли на итальянском самолете, возвращавшемся со Шпицбергена в Италию.

Попытка Амундсена долететь до полюса, успешный полет Бэрда и перелет Уилкинса через Арктику, в сущности говоря, были не больше, как доказательством определенного развития самолетной техники. Эти полеты носили также и чисто спортивный характер — погони за рекордами, своеобразных «международных гонок» смелых исследователей-одиночек по направлению к Северному полюсу.



II. РУССКИЕ В БОРЬБЕ ЗА ОСВОЕНИЕ АРКТИКИ

Известно, что русские промышленники издавна глубоко забирались в Арктику. На Шпицбергене (называвшемся по-русски «Грумант») были разбросаны их становища. Южный входной мыс в Айс-фиорд на Шпицбергене до сих пор носит название мыса Старостина в честь русского промышленника, неоднократно здесь зимовавшего. Иностранцы, плававшие в середине XVI столетия у берегов Мурмана, свидетельствуют, что в это время остров Новая Земля уже был известен русским. Виллем Баренц, плавая в 1594 г. у побережья Новой Земли, повсюду находил следы пребывания русских. В частности, остров Крестовый у северо-западного побережья Новой Земли назван так Баренцом потому, что здесь им были обнаружены два креста — знаки, которые русские ставили и над могилами и для опознания берега. В XIV—XV столетиях русские на своих утлых судах доходили из Белого моря до устьев Оби и Енисея.

Плавали русские и по восточную сторону мыса Челюскина, но об этих плаваниях ничего не дошло до нас по той простой причине, что эти отважные мореплаватели были поголовно безграмотны. С 1633 г., однако, уже имеются первые достоверные письменные указания о плаваниях на громадном участке Северного морского пути между устьями Лены и Колымы.

В этом году мангазейские казаки Перфильев и Ребров спустились вниз по течению реки Лены и вышли в открытое море. Вскоре сюда устремились и другие. За первые 15 лет, с 1633 по 1648 г., смелыми мореплавателями были открыты устья всех сибирских рек, впадающих в Северный Ледовитый океан, и даже обойдена северо-восточная оконечность Азии.

Громадные географические открытия были сделаны в это

время отважными людьми, пускавшимися в дальние плаванья по покрытым льдами морям на лодках, если только можно назвать лодками сшитые лыком дощаники с парусами из звериных шкур и с камнем, привязанным на ремне, вместо якоря. Но не географические открытия заставляли людей в те времена забираться так далеко на север, терпеть невероятные лишения и умирать от цынги. Мягкая «рухлядь», т. е. ценная пушнина, да «мамонтовая кость» — клыки мамонта, которые они частью сами добывали, а главным образом выменивали или просто отбирали насильем у местных жителей, — вот что было главной приманкой. Известно, что русские купцы, первыми прибывшие на Камчатку, выменивали за нож 8 собольих шкурок, а за топор — 18; при этом местные жители смеялись над пришельцами, которых так легко было обмануть. В Якутске в прежнее время за железный котелок приносили столько собольих шкурок, сколько их влезало в этот котелок.

Однако по неизвестной причине после 1648 г. судоходство по Северному Ледовитому океану резко сократилось. Вместе с упадком судоходства стали постепенно приходить в упадок и приморские поселения, основанные первыми мореплавателями.

Как раз последний год этого периода (1648) ознаменовался крупнейшим географическим открытием.

Якутский казак Семен Дежнев, выйдя летом 1648 г. из устья р. Колымы, обошел Чукотский полуостров и прошел через Берингов пролив, доказав этим, что Азия на востоке не соединяется с Америкой. Но все эти плаванья русских имели малую ценность, ибо хотя они и влекли за собой крупные географические открытия, но об этом мало кто знал. Так, о замечательном плавании Дежнева стало известно лишь в 1736 г., когда были обнаружены некоторые документы Якутского архива. Между тем один из величайших ученых своего времени, Лейбниц (1646—1716 г.), уделял совершенно особое внимание вопросу о том — соединяются ли материки Азии и Европы или они разделяются проливом.

1. Великая северная экспедиция

Мало кому известно, что в противоположность «международным гонкам» по открытию Северо-западного (вокруг Америки) или Северо-восточного (вокруг азиатского побережья) проходов из Атлантического океана в Тихий или по достижению Северного полюса — настоящее планомерное и систематическое исследование Арктики было начато впервые

Великой Русской северной экспедицией. Эта экспедиция, задуманная Петром Первым и проведенная под начальством датчанина Витуса Беринга (приглашенного на русскую службу), продолжалась 10 лет (1733—1743). Во время этой экспедиции были описаны и впервые положены на карту северные берега Европы и Азии от Белого моря до устья реки Колымы, Охотское море, Камчатка, исследована Сибирь до крайних ее южных и восточных пределов, на специально выстроенных кораблях были совершены плавания к мало известным тогда берегам Японии и Америки и окончательно установлено существование пролива, разъединяющего Азию от Америки. Даже по обширности территории, охваченной работами, эта экспедиция не имеет себе равных. До сих пор еще во многом приходится пользоваться результатами работ этой экспедиции. Многие географические пункты, разбросанные по всему сибирскому побережью, Берингов пролив, море Лаптевых, мыс Челюскина, шхеры Минина, пролив Малыгина, бухта Прончищевой и т. д. носят имена отважных, в свое время неоцененных участников этой экспедиции.

Эта экспедиция, результаты работ которой в главной своей части так и остались необработанными и неопубликованными, положила в сущности начало научному исследованию Арктики и впервые пробудила серьезный интерес к научным проблемам Арктики.

Современник Великой северной экспедиции великий русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765) посвятил много времени изучению Северного Ледовитого океана и возможности плавания по Великому Северному морскому пути. Он же первый из русских заговорил о достижении Северного полюса.

В 1763 г. появился труд М. В. Ломоносова под заглавием «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможностей проходу Сибирским океаном в Восточную Индию», являющийся завершением его двадцатилетних работ и наблюдений. В этом труде Ломоносов говорит: «... между прочими Северный океан есть пространное поле, где усугубиться может Российская слава, соединенная с безпримерною пользою, через изобретение Восточно-Северного мореплавания».¹ Ломоносов считает, что неудачи иностранцев не должны нас смущать, так как «явствует противное из неутомимых трудов нашего народа», и доказывает далее, что Великой северной экспедицией весь Великий Северный мор-

¹ Сохранены стиль и орфография подлинника. Редакция.

ской путь фактически уже пройден по частям и остается лишь совершать по нему сквозные плавания, что вполне доступно даже для парусного флота, «так как на протяжении, — говорит Ломоносов, — от берегов Сибирских на пять или на семьсот верст Сибирский океан в летние месяцы от таких льдов свободен, кои бы препятствовали корабельному ходу».

Одновременно Ломоносов ставил вопрос о планомерном и систематическом изучении центральных частей Северного Ледовитого океана. В этом отношении Ломоносов предвосхитил идеи, положенные в основу Первого международного полярного года.

Основываясь на высказанных им представлениях, Ломоносов настаивал на желательности предпринять плавание от Шпицбергена через Северный полюс к Берингову проливу. Таким образом, для Ломоносова достижение Северного полюса не было самоцелью и сам Северный полюс являлся лишь промежуточной точкой на пути через Северный Ледовитый океан. «По всему видно и на самую высокую степень вероятности поставлено, — писал Ломоносов, — что считая отсюда за полюсом есть Великое море, в котором вода Северного океана обращается по силе общего закона от востока на запад».

Как мы знаем, предположение Ломоносова, что в центральной части Северного Ледовитого океана льды настолько разрознены, что не могут препятствовать плаванию кораблей, оказалось ошибочным, все же оно господствовало и в иностранной науке вплоть до конца прошлого столетия. Однако следует отметить правильность мысли Ломоносова о том, что льды Северного Ледовитого океана двигаются в основном с востока на запад. Эта мысль, как мы знаем, подтвердилась впоследствии всеми известными дрейфами и в особенности дрейфами «Фрама» и «Седова».

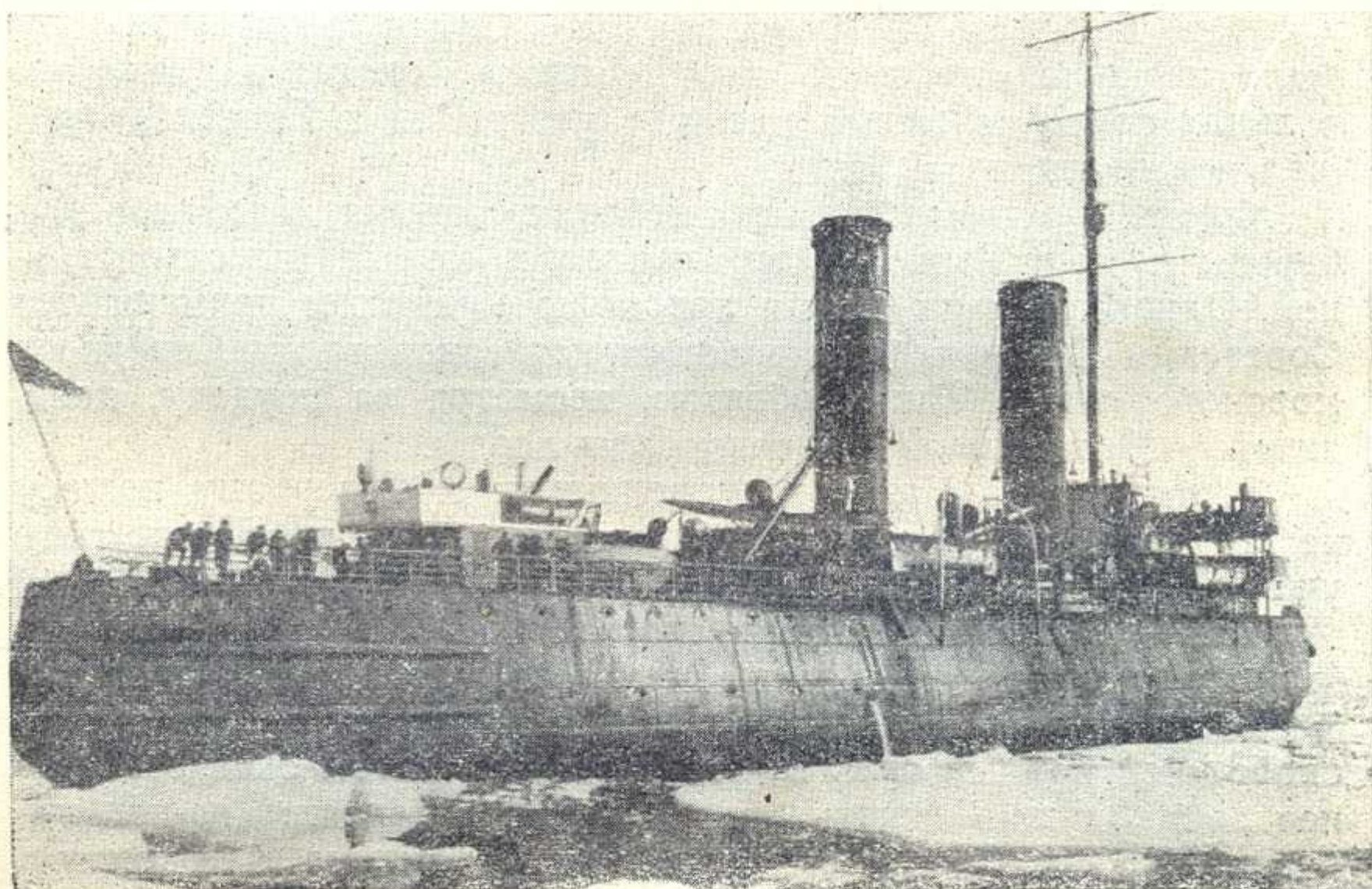
По предложению Ломоносова были снаряжены две полярные экспедиции под начальством адмирала В. Чичагова. Это было в 1765 и в 1766 гг. — уже после смерти Ломоносова. Обе эти экспедиции окончились неудачно, причем первая экспедиция достигла $80^{\circ}26'$, а вторая $80^{\circ}30'$ с. ш. в районе к северо-западу от Шпицбергена.

2. К полюсу напролом

Следующей по времени русской попыткой достижения Северного полюса является плавание адмирала С. О. Макарова. В 1864 г. русскому купцу Бритневу пришла простая мысль: не разбивать льды прямым ударом носа корабля,

а продавливать их тяжестью его корпуса. Бритнев срезал у принадлежавшего ему парохода «Пайлот» (совершавшего рейсы между Кронштадтом и Ораниенбаумом) носовую часть так, чтобы она могла всходить на лед.

Эта мысль Бритнева оказалась весьма удачной и была использована при сооружении русских и иностранных ледоколов.



Ледокол „Ермак“.

Адмирал Степан Осипович Макаров выдвинул лозунг: «К Северному полюсу напрямик» и предполагал, что если построить ледокол достаточной мощности, то на нем можно будет дойти до полюса.

В 1899 г. Макаров на построенном по его чертежам ледоколе «Ермак» (который и до сего времени является одним из самых мощных ледоколов в мире) вошел в полярные льды в районе к северу от Шпицбергена. В борьбе со льдами погнулись крепления корпуса ледокола и поломались лопасти винтов, и он смог дойти только до $81^{\circ}21'$ с. ш.¹

¹ Насколько хорошо и обдуманно был построен «Ермак», доказывает тот факт, что на нем 28 августа 1938 г. была достигнута рекордная широта свободного плавания кораблей в Северном Ледовитом океане, а именно $83^{\circ}06'$ с. ш. на $138^{\circ}24'$ в. д.

Полярные льды оказались не под силу даже такому мощному ледоколу, каким является «Ермак». После попытки 1899 г. Макаров стал отрицать возможность пройти через полюс в Берингов пролив. Он считал, что наилучшее применение ледокола заключается в плавании к устьям Оби и Енисея, чем он рассчитывал удлинить время навигации в этих реках.

С этой целью в 1901 г. Макаров отправился на «Ермаке» из Баренцова моря в Карское вокруг Новой Земли. Однако у северо-западной оконечности Новой Земли льды в том году были настолько тяжелы, что «Ермак» оказался зажатым в льдах почти на целый месяц, в устья Оби и Енисея не прошел и возвратился обратно.

Мысль о возможности применения сильных ледоколов для борьбы с полярными льдами оказалась как бы несостоятельной. Однако в наше время ледоколы с успехом применяются Советским Союзом для проводки караванов вдоль Северного морского пути. Таким образом, несмотря на неудачу, дело, начатое Макаровым, принесло свои плоды.

С попытками Макарова проникнуть к Северному полюсу на мощном ледоколе тесно связано имя великого русского ученого Д. И. Менделеева.

В своей записке, поданной 14 ноября 1901 г., т. е. после второго неудачного плавания Макарова, тогдашнему министру финансов С. Ю. Витте, Менделеев указывал, что наиболее свободный водный путь в Северном Ледовитом океане в летнее время нужно искать в двух направлениях: во-первых, около берегов Сибири и, во-вторых, в центре неизвестных частей Ледовитого океана, «если там мало островов».

Когда в 1897 г. Макаров выступил в печати со своим проектом мощного ледокола, он встретил со стороны Менделеева полную поддержку.

Однако в дальнейшем Менделеев и Макаров сильно разошлись во взглядах: то, что Макаров считал впоследствии главным назначением ледокола — обеспечение навигации к устьям сибирских рек, — Менделеев считал слишком мало значащим для России, потому что уже до этого торговые корабли несколько раз удачно плавали в устья этих рек без какой бы то ни было помощи ледоколов.¹ Менделеев настаивал на том,

¹ Действительно, известно, что первые грузы были вывезены из Енисея еще в 1877 г. на небольшом парусном судне «Утренняя Заря» (экипаж которого состоял всего из пяти человек), совершившем переход из Енисейска в Петербург в течение трех месяцев (с конца августа по 1 декабря).



С. О. Макаров (1848—1904).

чтобы ему разрешено было на том же «Ермаке» сделать попытку безостановочно пройти к полюсу и Берингову проливу. Это плавание он предполагал провести не напролом через льды, а, по возможности, по свободной воде, применяя в случае нужды для разрушения торосов и перемычек им же изобретенные взрывчатые вещества. В успехе своего предприятия он был настолько уверен, что писал:

«Завоевав себе научное имя, на старости я не страшусь его посрамить, пускаясь в страны Северного полюса. Ведь мною руководит лишь надежда на конце жизни еще послужить на славу науки и на пользу России, где приобретенный опыт в жизни и наука найдут полное применение». «В заключение, — писал Менделеев, — повторяю еще раз — без смелых попыток, без разумного пожертвования нельзя надеяться успешно воевать с природой, как нельзя этого сделать и с людьми».

Однако предложение Менделеева в правящих кругах царской России сочувствия не встретило.

3. Первая русская экспедиция к Северному полюсу

Первой русской экспедицией, которая ставила себе основной целью достижение Северного полюса, была экспедиция Г. Я. Седова (1912—1914 гг.). В это время Северный полюс был уже посещен Пири, но, как известно, это широко оспаривалось в мировой печати. Интерес к полярным странам, благодаря экспедициям Пири, в то же время необычайно возрос, особенно, когда стало известно, что Амундсен, после достижения Южного полюса, собирается к Северному.

Эти обстоятельства и дали повод Седову, уже известному своими работами на Крайнем Севере, выступить с предложением об организации экспедиции для достижения Северного полюса. Обращение Седова к русскому правительству за помощью было безрезультатно. Тогда Седов обратился к частной помощи и, между прочим, к печати. Был создан специальный «Комитет для снаряжения экспедиции к Северному полюсу и по исследованию русских полярных стран».

27 августа 1912 г. экспедиция Седова на судне «Св. Фока» вышла из Архангельска. В состав экспедиции, кроме Седова, входили географ В. Ю. Визе, геолог Павлов, художник Пинегин и другие.

По ледовым условиям 1912 год был очень тяжелым. Экспедиция не смогла пройти дальше северного побережья Новой Земли и 22 сентября в бухте, получившей название бухты Фоки (под 76° с. ш. и 60° в. д.), осталась на зимовку.

Зимовка благополучно прошла в различного рода географических и геофизических наблюдениях.

Только 3 сентября 1913 г. льды, окружавшие корабль, наконец разрежились, и судно двинулось в дальнейший путь к Земле Франца-Иосифа. За время первой зимовки экспедиция истратила большую часть своих запасов; топливо, например, было совершенно на исходе, были сожжены в топках взятые



„Св. Фока“ во льдах Баренцова моря.

с собой разборные жилые дома, бани, сараи и даже вторая палуба.

Местом для зимовки была избрана бухта Тихая на острове Гукера на Земле Франца-Иосифа, как раз там, где сейчас находится прекрасно оборудованная советская геофизическая обсерватория.

Во время зимовки Седов начал деятельно готовиться к путешествию на полюс. Положение экспедиции еще более ухудшилось вследствие появившейся цынги. В декабре 1913 г. заболел Седов, в марте 1914 г. умер механик Зандер. Тем не менее, несмотря на уговоры, Седов настаивал на экспедиции к Северному полюсу.

«Я верю в свою звезду — если я слаб, спутники мои

сильны. Наша цель — достижение полюса — будет осуществлена. Я не могу вернуться без победы».

15 февраля 1914 г. Седов вместе с двумя матросами, Линником и Пустошным, на трех санях, запряженных 20 собаками, отправился к Северному полюсу. Продвижение к северу было очень медленным, а здоровье Седова все ухудшалось, и в конце концов он не смог идти самостоятельно. Несмотря на то, что спутники уговаривали его вернуться, он настойчиво приказывал им двигаться дальше. Боясь, что матросы не исполнят его приказания и повернут обратно, он, лежа на санях, все время проверял по компасу, двигаются ли они на север.

Около острова Рудольфа Седов почувствовал себя плохо и 5 марта скончался. Матросы похоронили Седова на мысе Бророк и 19 марта вернулись на судно.

30 июля 1914 г. «Св. Фока», после того как лед взломало штормом, вышел из бухты Тихой и направился к мысу Флора, где в 1894—1897 гг. зимовала экспедиция Джексона. Предполагалось разобрать некоторые сохранившиеся деревянные постройки этой экспедиции на топливо для дальнейшего плавания.

И здесь, на мысе Флора, уже прославленном встречей Нансена с Джексонем, произошла еще одна не менее замечательная встреча, а именно встреча экспедиции Седова со штурманом Альбановым и матросом Конрадом, единственно уцелевшими участниками экспедиции Брусилова.

Судно экспедиции Брусилова «Св. Анна», имевшее целью пройти кругом мыса Челюскина, осенью 1912 г. было затерто льдами в Карском море у полуострова Ямал и отсюда вынесено в район к северу от Земли Франца-Иосифа. 23 апреля 1914 г., когда судно находилось на $83^{\circ}17'$ с. ш. и 60° в. д., 11 человек из его команды, во главе со штурманом В. И. Альбановым, покинули судно и пошли пешком по льду на юг к Земле Франца-Иосифа. 22 июля к мысу Флора (на острове Нордбрук) добрались только двое — Альбанов и Конрад, остальные погибли.

28 августа 1914 г., через два года после начала экспедиции, «Св. Фока» в жалком, полуразрушенном состоянии добрался до одной из бухт Мурманского побережья.

В 1929 г. советская экспедиция на л/п «Седов» сделала попытку отыскать на мысе Бророк могилу Седова. Поиски не увенчались успехом.

Из других русских полярных экспедиций, совершенных до мировой войны, хотя и не ставивших себе целью достижение



Г. Я. Седов (1877—1914).

Северного полюса, но сыгравших большую роль в изучении Арктики, надо отметить две.

В 1900 г. Академия наук организовала экспедицию на судне «Заря» под начальством геолога Толля. Главной задачей этой экспедиции были поиски в районе к северу от Новосибирских островов земли, будто бы виденной в 1811 г. промышленником Санниковым. Экспедиция Толля, продолжавшаяся три года и закончившаяся гибелью ее начальника, принесла очень ценные результаты по геологии, гидрологии и т. д.

После русско-японской войны царское правительство решило обследовать возможности прохода военных кораблей вдоль северных берегов Сибири. Для этой цели были специально построены два ледокольных парохода «Таймыр» и «Вайгач». Имея своей базой Владивосток, эти ледоколы в 1910 и 1911 гг. занимались гидрографическими работами в Чукотском море. В 1912 г. эти суда проникли в море Лаптевых, а в 1913 г. сделали одно из крупнейших географических открытий начала текущего столетия: открыли к северу от мыса Челюскина Северную Землю. Пролив Вилькицкого, отделяющий эту землю от азиатского материка, носит свое название в честь начальника этой экспедиции.

После открытия Северной Земли ледоколы вернулись во Владивосток, а в 1914—1915 гг. с зимовкой в Карском море прошли сквозным путем из Тихого океана в Атлантический. После экспедиции Норденшельда, прошедшей на «Вега» в 1878—1879 гг. (также с зимовкой) весь Северный морской путь с запада на восток, это было второе сквозное плавание по тому же пути, но в обратном направлении.

4. Советские полярники завоевывают Арктику

С самого начала советской власти было обращено серьезное внимание на изучение и освоение Арктики.

Вскоре эти исследования — систематические, всесторонние, плановые и настойчивые — приняли такой широкий размах, какого не знает история исследования полярных стран.

Уже в 1920 г. были возобновлены прерванные мировой и гражданской войной так называемые карские морские экспедиции из Баренцова моря в устья Оби и Енисея, дававшие выход сибирскому лесу, графиту и другим продуктам на мировой рынок. Одновременно на Баренцовом море начал создаваться мощный рыбопромысловый флот, которого фактически до мировой войны не существовало. Рудники в Айсфиорде на Шпицбергене, арендованные советским правительством

у Норвегии, стали снабжать топливом начавшую развиваться на Крайнем Севере промышленность. На Мурмане выросли новые города — Мурманск, Кировск, Мончегорск и др. — и новые отрасли промышленности, среди которых первое место заняли апатитовые разработки. Беломорский канал соединил Белое море с Балтийским. Постепенно выросли различные предприятия и на побережьях Арктики: Амдерма на юго-западном побережье Карского моря (разработки плавикового шпата), Норильские копи в бассейне Енисея, Нордвикстрой на Таймырском полуострове у реки Хатанги, город Игарка на Енисее, порт Тикси в устье Лены и др.

Крупными шагами пошло также экономическое и культурное освоение советских северо-восточных окраин, где, в частности, были возобновлены регулярные пароходные рейсы из Владивостока в Колыму.

В этом освоении Арктики были применены самые современные средства техники. Караваны судов стали проводиться ледокольными пароходами и ледоколами.

С 1924 г. начинаются полеты летчика Чухновского для обслуживания ледовой разведкой коммерческих судов на их пути из Европы через Карское море в устья Оби и Енисея. С 1926 г. летчики Томашевский и Михеев начинают свои полеты над льдами Белого моря для содействия тюленьему промыслу. С 1927 г. над льдами Белого моря начинает летать Бабушкин. Здесь он впервые производит успешные посадки самолета на ледяные поля.

Незаметно и постепенно самолет приобретает права гражданства на всем протяжении Советской Арктики. Ни одна научная или торговая экспедиция не обходится в той или иной степени без помощи самолетов. Одновременно советская авиапромышленность создает все более и более совершенные типы самолетов. На этих самолетах смелые и опытные летчики добиваются ряда выдающихся побед в Арктике.

1932 год явился переломным. В этом году экспедиция на ледокольном пароходе «Сибиряков» впервые в истории Арктики прошла в одну навигацию из Архангельска во Владивосток. Эта экспедиция придала освоению Арктики большую целеустремленность, положив начало планомерному освоению Великого Северного морского пути.

Неисчерпаемы богатства Сибири, этого «края будущего», по образному выражению Нансена; здесь мы находим всевозможные виды полезных ископаемых, начиная от золота и кончая углем. Громадные лесные массивы сосредоточены в северных ее частях и плодороднейшие равнины — в южных.

Для своего развития эта обширная страна нуждается прежде всего в путях сообщения. Большинство рек Сибири течет с юга на север, и большинство из них на громадном своем протяжении судоходно. Но в Сибири почти нет путей сообщения, направленных в широтном направлении, — по параллелям. Таким единственным путем до 1932 г. являлась построенная незадолго до русско-японской войны сибирская железнодорожная магистраль. А между тем, на севере Сибирь граничит с Северным Ледовитым океаном, в который впадают почти все ее многоводные реки. Организовать морской путь вдоль северных побережий Сибири — это означало создать новый путь в широтном направлении, — путь, жизненно необходимый для развития естественно-производительных сил Сибири.

Морские пути из Ленинграда во Владивосток через Суэцкий или Панамский каналы на много длиннее Северного морского пути и проходят через моря, контролируемые флотами других государств. Вот почему проблема Великого Северного морского пути является такой важной для Советского Союза.

В связи с этим, в 1933 г. было организовано Главное управление Северного морского пути, на которое возлагалась ответственная задача как по изучению и полному освоению побережья северных морей, трассы морского пути и прилегающих к ней рек, так и по обеспечению нормального сквозного плавания из Баренцова моря в Тихий океан и судоходства на северных реках.

В 1933—1934 гг. происходит всем памятная Челюскинская эпопея. Зажатый льдами в Чукотском море на своем пути из Мурманска во Владивосток, пароход «Челюскин» 13 февраля 1934 г. был раздавлен льдами и затонул на 68° с. ш. и 173° в. д., приблизительно в 100 км от берега. Экспедиция в полном составе (один человек случайно погиб при выгрузке материалов) высадились на лед. Немедленно были приняты все меры для спасения челюскинцев. Основная задача была возложена на полярную авиацию. Летчики Водопьянов, Молоков, Каманин, Слепнев, Доронин, Ляпидевский, Леваневский оправдали надежды страны и вывели на своих самолетах со льда на берег всех 104 участников эпопеи.

Гибель «Челюскина» не только не остановила дела освоения Арктики, но, наоборот, еще более усилила эти темпы.

Начиная с 1934 г. не было ни одного года, чтобы советские корабли не проходили из Атлантического океана в Тихий или обратно. В навигацию 1934 г. в Арктике (считая от

Новой Земли и до Берингова пролива) плавало 85 советских и иностранных кораблей, которые перевезли 85 тыс. тонн грузов. В 1935 г. здесь плавало более 100 судов, которые перевезли свыше 200 тыс. тонн. В 1936 г. в навигации участвовало 160 кораблей с количеством груза до 277 тыс. тонн.

Не менее быстрыми темпами развивалась и советская полярная авиация. В 1935 г. ею было перевезено 250 пассажиров и 175 тонн грузов. В 1936 г. число перевезенных пассажиров увеличилось до 6307 человек, а хозяйственных грузов — до 1063 тонн, причем было налетано 15 тысяч часов и около 2500 тысяч км.

1936 год ознаменовывается полетами Молокова вдоль всего побережья Советской Арктики. Еще более замечательным полетом в том же году явился смелый беспосадочный перелет Чкалова, Белякова и Байдукова. Самолет Чкалова 20 июля вылетел из Москвы прямо на север к острову Виктория, самому западному из островов Советской Арктики. Отсюда самолет повернул на восток, пролетел над Землей Франца-Иосифа, пересек Таймырский полуостров, Якутию и, долетев до Петропавловска на Камчатке, повернул на юго-запад и спустился на остров Удд у Николаевска на Амуре. За 56 часов 20 минут самолет покрыл расстояние в 9374 км, из них 8744 км по заданному маршруту и 600 км в обход циклонов в районе Северной Земли и Охотского моря.

Одновременно с экономическим освоением Советского Севера шло и культурное его освоение. Советский Север покрывается избами-читальнями, больницами, культурными и торговыми базами. Особое внимание обращается на ликвидацию неграмотности и повышение общей культуры быта и экономики многочисленных малых народностей Крайнего Севера. Наряду с этим шло и научное освоение Советской Арктики. Постепенно необъятные пространства Советского Союза от Мурмана до Берингова пролива стали покрываться густой сетью метео- и радиостанций. В 1923 г. организуется станция в Маточкином Шаре на восточном побережье Новой Земли, в 1929 г. — в бухте Тихой на Земле Франца-Иосифа, в 1931 г. — на мысе Желания, северной оконечности Новой Земли.

До Октябрьской революции на полярном побережье Советской Арктики — от Новой Земли до Берингова пролива — действовало только 5 метеорологических станций. К 21 мая 1937 г. количество полярных станций, расположенных на береговой черте Северного Ледовитого океана и на прилегающих островах, достигло 55. В результате в Советской Арктике

почти не осталось пунктов, где нужно было бы устроить научную станцию севернее уже существующих.

Многочисленные морские и сухопутные научные экспедиции начали систематические исследования окраинных морей, островов и побережья Советской Арктики.

Особенно широко развернулись научные исследования в 1932 г. В этом году начался так называемый Второй Международный полярный год, задачей которого было всестороннее систематическое исследование Арктики, организованное совместно многими государствами.

В этой работе Советский Союз сразу же занял ведущее место. Роль остальных государств в проведении этого года по сравнению с ролью СССР оказалась весьма скромной. Во время Второго полярного года было построено несколько прекрасных станций и обсерваторий на крайних точках побережья и на островах Советской Арктики. В числе этих станций были такие, как, например, на острове Рудольфа — крайнем северном острове архипелага Земли Франца-Иосифа — самая северная станция в мире, сыгравшая впоследствии такую крупную роль в деле организации станции «Северный полюс»; станция на мысе Челюскина — крайней северной точке Азиатского материка; станция на острове Котельном — северном из группы Новосибирских островов, и т. д.

Советские морские экспедиции охватили в том же году одновременными исследованиями все моря Советской Арктики: экспедиция на маленьком парусно-моторном боте «Книпович», впервые в истории полярных стран, обогнула с севера — иногда неприступную даже с юга — Землю Франца-Иосифа, достигнув при этом $82^{\circ}05'$ с. ш.; экспедиционное судно «Персей» вышло в Гренландское море, за изучение которого ни одно из государств во время Полярного года не бралось. В том же году состоялась знаменитая экспедиция на ледокольном пароходе «Сибиряков», как бы соединившая своими научными работами в одно целое все исследования, производившиеся одновременно в западном и восточном секторах Советской Арктики.

Иностранцы предполагали, что наблюдения, произведенные во время Второго Международного полярного года, будут только временными и что многие станции, открытые в этом году, будут по его окончании закрыты. На самом деле для советских полярников Второй Международный полярный год явился лишь подготовительным этапом для все более и более глубокого освоения Арктики.

Во время этих морских и воздушных экспедиций суще-

ствовавшие карты окраинных морей Советской Арктики быстро «старели» и изменялись почти до неузнаваемости. Было открыто и положено на карту много новых островов, среди которых надо отметить остров Визе (1930 г.), остров Шмидта (1930 г.), остров Ушакова (1935 г.). Среди многих сухопутных экспедиций выделяется экспедиция Ушакова, описавшая, во время зимовки с 1930 г. по 1932 г., архипелаг Северной Земли.

К 1937 г. во всех окраинных морях Советской Арктики, а также и в Гренландском море, почти не оказалось районов, где корабли могли бы проникнуть на север далее, чем это было сделано советскими кораблями.

К тому же 1937 году все побережье и все острова Советской Арктики были облетаны советскими самолетами.

Трудно перечислить все морские, воздушные и сухопутные научные экспедиции, проведенные Советским Союзом в Арктике. Отличительной чертой их является работа по единому, строго продуманному плану при применении всех наиболее современных технических средств. Самым замечательным в этом деле является то, что в результате систематического и всестороннего освоения Арктики были подготовлены и замечательные кадры советских полярников — летчиков, моряков и зимовщиков.

Однако мы не могли считать Северный морской путь полностью освоенным потому, что главным затруднением на этом пути являются не мели, не штормы, а льды.

Сейчас уже создана наука о льдах, об их образовании, режиме, движении, о законах, определяющих общее количество льдов и их распределение на отдельных участках трассы и т. д.

Как показывают наблюдения, количество льдов и их распределение не остаются из года в год неизменными. Бывают годы, когда отдельные участки Северного морского пути оказываются сплошь забитыми льдами и почти непроходимыми для самых сильных ледоколов, и, наоборот, бывают годы, когда через те же участки свободно, без встречи со льдами проходят самые слабые суда.

Понятно, насколько важно для планирования операций по Северному морскому пути заранее предвидеть, будет ли предстоящая навигация легкой или тяжелой в ледовом отношении, а во время самой навигации предвидеть, как будут распределены льды на отдельных участках трассы. Другими словами, понятно, насколько важны для освоения Северного морского пути так называемые долгосрочные и краткосрочные ледовые прогнозы.

Дело ледовых прогнозов за советское время неизмеримо развилось, но все же недостаточно для того, чтобы полностью и уверенно обслуживать запросы полярного мореплавания. Развитие этого дела сильно тормозится тем, что ученые почти не имели сведений о том, что делается в Центральной Арктике. Все, что мы знали, было основано исключительно на работах знаменитой экспедиции Нансена в 1893—1896 гг., дрейфовавшей во льдах на корабле «Фрам» от Новосибирских островов через Арктический бассейн к Гренландскому морю.

А между тем достаточно посмотреть на карту трассы Северного морского пути, чтобы увидеть, что все моря этой трассы — Карское, Лаптевых, Восточносибирское и Чукотское — являются не морями в полном смысле этого слова, а лишь заливами Северного Ледовитого океана. Все они широко открыты на север, и нет препятствий для того, чтобы местные льды, образовавшиеся в этих морях, выносило в Центральный Арктический бассейн и, наоборот, чтобы льды Центрального Арктического бассейна вносило в эти моря. Уже отсюда понятно, что режим льдов в окраинных морях Советской Арктики в сильнейшей степени зависит от режима льдов в Центральном Арктическом бассейне и что до тех пор, пока мы не изучим Центральный Арктический бассейн, мы не сможем полностью отвечать на запросы практики о ледовитости окраинных морей.

5. Станция „Северный полюс“

До 1937 г., как мы знаем, район полюса был достигнут всего четыре раза.

Первый раз — Пири (6—7 апреля 1909 г.), который пробыл у полюса около 30 часов; второй раз — самолетом Бэрда (9 мая 1926 г.); третий раз — на дирижабле «Норвегия» (пролетел над полюсом 12 мая того же года) и, наконец, четвертый раз — на дирижабле «Италия» (летавшем над полюсом около двух часов 24 мая 1928 г.). Кроме того, как мы видели, было много безуспешных попыток проникнуть в Центральный Арктический бассейн.

Все эти экспедиции не были, однако, связаны друг с другом преемственностью исследований и не отличались систематичностью наблюдений. Понятно поэтому, что они очень мало дали для научного познания Арктики. Только те экспедиции давали ощутимый результат, которые по той или иной причине проводили в Арктике более или менее длительное время. Экспедиция Нансена на «Фраме», давшая первые сведения

о Центральном Арктическом бассейне, оставалась единственной в этом отношении. Поэтому, несмотря на четырехкратное посещение Северного полюса, мысль о необходимости устройства постоянных станций на льдах центральной части Арктики — при этом по возможности у самого Северного полюса — давно уже существовала.

Так, «Международным обществом по изучению Арктики с помощью воздушных средств сообщения» был даже разработан проект устройства ряда таких станций при помощи дирижабля.

Первый президент этого общества, Нансен, горячо защищал этот проект, считая его реализацию главной задачей общества и видя в нем возможность разрешения многих вопросов, связанных с освоением Арктики.¹

Однако при этом упускалось из вида одно очень важное обстоятельство, а именно: наблюдения любой такой станции только тогда могли быть полноценными, когда они были бы органически связаны и опирались бы на наблюдения ширско развернутой сети приполярных геофизических станций и соответствующих морских и воздушных экспедиций. Значение сказанного лучше всего подтверждается следующим.

Во время экспедиции на «Фраме» производились весьма тщательные метеорологические наблюдения, но в те времена радио еще не было изобретено, и метеорологи об этих наблюдениях узнали только спустя несколько лет после того, как они были произведены, т. е. тогда, когда эти наблюдения в значительной мере уже потеряли свой интерес. Мало того, когда впоследствии попробовали сопоставить и сравнить наблюдения Нансена с наблюдениями существовавших в те времена метеорологических станций, то оказалось, что это почти невозможно. В те времена полярных и приполярных станций почти не существовало, и наблюдения Нансена оказались оторванными. Нельзя по наблюдениям в одной точке судить о процессах, развивающихся над большими пространствами земной поверхности.

По мере того как Советская Арктика все более и более научно осваивалась, само собой возникали все новые и новые проблемы. Мысль ученых все чаще и чаще обращалась к «белому пятну» в центре Арктики. Советские ученые давно

¹ Известным полярным исследователем Свердрупом были даже сделаны подсчеты, какие грузы должны быть перевезены на лед, чтобы сделать возможными зимовку и систематические наблюдения. Оказалось, что нужно перебросить около 29 тонн, что потребовало бы двух рейсов дирижабля.

уже мечтали об устройстве станции у Северного полюса. Горячим сторонником этой идеи был проф. Визе. Горячим проводником этой мысли был и Герой Советского Союза М. В. Водопьянов.

Советские летчики научились покорять полярные пространства и мечтали о достижении Северного полюса на самолетах.

В предыдущей главе было вкратце рассказано, насколько полно к 1937 г. были освоены побережье и моря Советской Арктики, как много советских полярных станций построено и как много морских и воздушных, научных и коммерческих экспедиций проведено, какие кадры советских полярников были за это время воспитаны.

Таким образом, к 1937 г. имелись все предпосылки для устройства метеорологической и океанографической станции на дрейфующих льдах в центральной части Арктики. Необходимость этого диктовалась не только задачами дальнейшего освоения Великого Северного морского пути, но и намеченным на 1937 г. началом освоения Великого Северного воздушного пути, соединяющего Москву через полюс с центрами Северной Америки — Сан-Франциско, Ванкувером и др.

Подготовка к устройству «полюсной станции» производилась в течение полутора лет с величайшей тщательностью и продуманностью, что и явилось залогом успеха этого необычайного дела.

22 марта 1937 г. советская воздушная экспедиция под общим начальством О. Ю. Шмидта, в составе четырех тяжелых самолетов и одного легкого, вылетела из Москвы и 18 апреля совершила посадку на острове Рудольфа.

Этот остров был избран базой не только потому, что он расположен ближе всех других островов Советской Арктики к Северному полюсу, но и потому, что поверхность ледника, его покрывающего, представляет хороший естественный аэродром.

21 мая 1937 г. самолет Водопьянова высадил на ледяное поле на $89^{\circ}26'$ с. ш. и $78^{\circ}00'$ з. д. полярную станцию Главного управления Северного морского пути № 56 — станция «Северный полюс» развернула свои научные работы.

6. На дрейфующем ледяном поле

До организации станции «Северный полюс» о движении льдов в приполюсном районе было известно очень мало. Предполагалось, что эта станция пробудет здесь около года, после чего будет снята теми же самолетами, с помощью которых она была организована.

Поэтому в сущности станция и была названа станцией «Северный полюс».

Действительность, однако, не оправдала этих ожиданий. Ледяное поле, на котором находилась станция, начало двигаться сначала медленно, а потом все быстрее и быстрее, — к проливу между Гренландией и Шпицбергенем (который не имеет названия, но который теперь справедливо назвать «проливом папанинцев») в Гренландское море.

В следующей таблице показаны широты и долготы станции на первое число каждого месяца.

Таблица 1

Дата	Широта северная	Долгота
1937 г.		
21 мая	89°26'	78°00' западная
1 июня	89 06	33 00 восточная
1 июля	88 32	13 00 "
1 августа	87 53	4 07 западная
1 сентября	86 55	2 00 "
1 октября	85 25	3 30 восточная
1 ноября	83 55	2 20 "
1 декабря	82 46	5 53 западная
1938 г.		
1 января	79 54	7 18 "
1 февраля	74 16	16 24 "
19 "	70 47	19 48 "

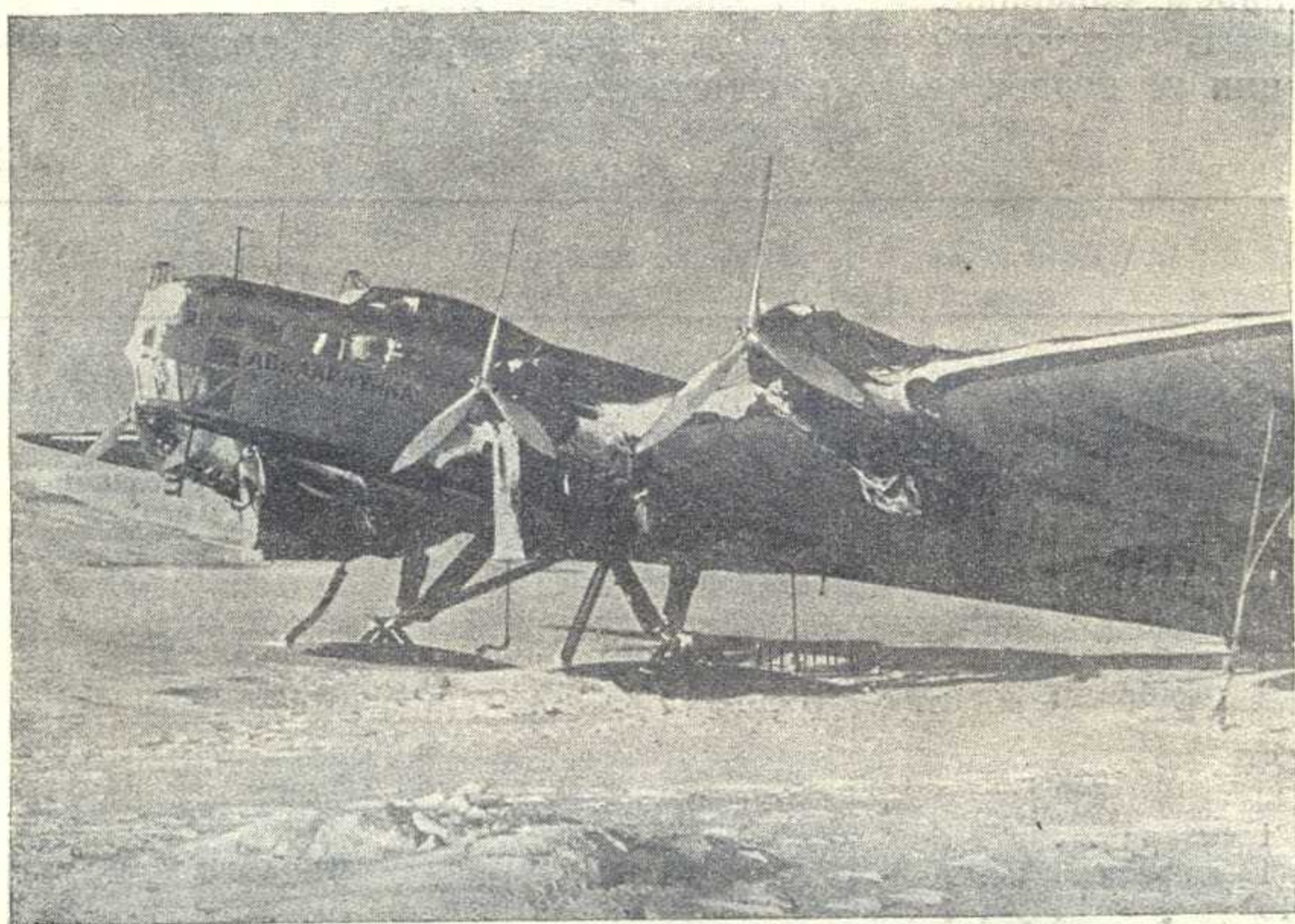
Всего за время своего дрейфа, продолжавшегося 274 дня, станция «Северный полюс» сделала по прямой линии свыше 2100 км, а если принять во внимание все зигзаги, которые описывало за это время ледяное поле, то свыше 2500 км.

Как ни заботливо была организована экспедиция, как ни тщательно были приготовлены одежда и продовольствие, все же во время этого дрейфа зимовщики перенесли немалые трудности. В течение летнего времени наибольшее беспокойство доставляли им талая вода на поверхности их ледяного поля и постоянная сырость.

Когда наступили морозы и, в особенности, полярная ночь, в сильнейшей степени досаждали снежные вьюги и бури. Большинство из научных приборов требовало работы без перчаток, а в сильные морозы металлические части этих при-

боров обжигали руки. Часто трудно было передвигаться по ледяному полю из-за сильного ветра, и зимовщики бывали вынуждены протягивать веревки между разбросанными на ледяном поле домиками, чтобы можно было в темноту и пургу найти обратную дорогу к основной палатке.

Из истории полярных путешествий известно, что экипаж экспедиционного судна «Ганза», после того как это судно



Самолет „Н-172“ на Северном полюсе.

было 22 октября 1869 года раздавлено льдами у берегов Гренландии, прожил на дрейфующих льдах двести суток. Известный полярный исследователь Стефанссон немало времени провел на льдах Северного Ледовитого океана у берегов Америки во время своих санных экспедиций 1914—1917 гг.

Рекорд в этом отношении до 1937 г. был поставлен Стуркерсоном, который провел на льдах Северного Ледовитого океана в районе к северу от Аляски 238 дней подряд.¹

¹ 15 марта 1918 г. партия Стуркерсона вышла с острова Кросс, расположенного у берегов Аляски, приблизительно на 150° з. д., с целью пробыть на льдах Арктики в течение года, добывая себе пищу охотой. Из-за болезни самого Стуркерсона партия 8 ноября 1918 г. вернулась на материк у устья реки Кольвилль.

Зимовщики станции «Северный полюс» не только больше всех прожили на ледяном поле, но и непрерывно работали по 10—14 часов в сутки, не нарушая своих регулярных наблюдений за все время пребывания на льдине.

Метеорологические наблюдения велись через каждые четыре часа и передавались по радио на Большую землю. Через каждые два часа отмечались всякие изменения погоды.



Дрейфующая станция „Северный полюс“.

Свои метеорологические наблюдения зимовщики начали 21 мая 1937 г. и закончили 19 февраля 1938 г. — в день снятия их с дрейфующего ледяного поля.

Хотя и предполагалось, что ледяное поле станции «Северный полюс» не будет оставаться на месте, однако считалось, что скорость дрейфа будет небольшой и что, следовательно, главное значение станции будет заключаться именно в метеорологических ее наблюдениях в приполюсном районе. Остальные наблюдения, которые для одной и той же точки пространства не имеет смысла производить часто, должны были занимать сравнительно небольшое место в работе станции. Эти предположения, как известно, сказались неверными, и скорость дрейфа станции «Северный полюс» оказалась

в среднем в два с половиной раза больше, чем это предполагалось.

Полярная станция «Северный полюс» очень скоро превратилась в полярную экспедицию: ледяное поле начало двигаться сначала медленно, а потом все быстрее и быстрее. Это взвалило на плечи зимовщиков добавочную нагрузку. Те наблюдения, которые считались дополнительными, потребовали огромной затраты труда. Так, например, для того чтобы определить рельеф океана на пути дрейфа достаточно полно, зимовщикам пришлось сделать 33 измерения глубины океана, из которых 14 на глубинах свыше 3 км.

Измерение глубины как будто бы, на первый взгляд, не представляет ничего трудного. Но если мы представим себе, что для этого надо было в некоторых случаях выпустить в море свыше 4 км троса с тяжелым грузом — так называемым лотом — на конце и затем этот трос выбрать и тщательно намотать на барабан, то это дело окажется далеко не простым. Каждое измерение глубины свыше 3000 м требовало напряженной физической работы всех четырех зимовщиков в продолжение 4—6 часов.

За время дрейфа было сделано 38 гидрологических станций, каждая из которых включает в себе определение температур и добывание образцов воды специальными приборами — так называемыми батометрами — с различных горизонтов моря вплоть до самых придонных. Каждая такая гидрологическая станция также требовала труда — и не меньше, а в несколько раз больше, чем при измерении глубины.

По всему пути дрейфа были сделаны также 22 гидробиологические станции для сбора морских организмов, населяющих различные глубины океана.

К указанным работам зимовщиков надо еще прибавить производство измерений скорости и направления как самого дрейфа ледяного поля, так и морских течений под полярными льдами, — измерений, производившихся специальными приборами, так называемыми вертушками. Всего было сделано 600 таких измерений; в июле — сентябре наблюдения производились ежедневно пять-шесть раз в сутки.

Так же регулярно и приблизительно равномерно по всему протяжении своего дрейфа зимовщики производили определения силы тяжести. Такие наблюдения произведены были в 22 пунктах, причем в каждом из этих пунктов наблюдения производились в течение двух-трех дней и состояли из нескольких восьмичасовых серий.

Не меньше внимания обратили зимовщики на магнитные

наблюдения. За время экспедиции было сделано 55 серий определения склонения и горизонтальной составляющей силы земного магнетизма.

Кроме того, было сделано 36 измерений магнитного накло-
нения. При всех этих измерениях определялось не только значение этих величин в какой-нибудь определенный момент, но и прослеживались их изменения в течение суток. К этому



Папанинцы на старте перед отлетом.

надо прибавить 14 суточных серий измерений колебаний маг-
нитного поля Земли.¹ В июле и августе было произведено
несколько серий измерений градиента потенциала напряжения
электричества в атмосфере.² С наступлением темноты про-
изводились ежечасные наблюдения над полярными сияниями.

Всякое геофизическое и океанографическое наблюдение
только тогда имеет ценность, когда точно известно, где

¹ См. ниже «Земля как магнит» (в главе III).

² Градиентом потенциала напряжения электричества в атмосфере называется изменение наэлектризованности атмосферы, приходящееся на единицу расстояния.

именно оно произведено. С этой целью зимовщики тщательно и возможно более часто производили астрономические определения географического положения дрейфующей льдины. Это было тем более необходимо, что дрейф льдины был весьма причудлив по своему направлению и велик по скорости.

Всего за время экспедиции было взято 534 высоты солнца и звезд и измерено 374 направлений (азимутов) для определения ориентировки ледяного поля относительно меридиана. Это дало возможность получить около 150 совершенно точных географических положений дрейфующего поля. Мало того, тщательные вертушечные измерения скорости и направления дрейфа ледяного поля позволили с предельной точностью вычислить дрейф льдины и в промежутках между точными астрономическими определениями.

Надо особо отметить, что все наблюдения зимовщиков были произведены инструментами, сделанными из советских материалов, советскими руками и в советских мастерских. Все это «вооружение» действовало все время безукоризненно, бесперебойно, безотказно — притом в очень тяжелых условиях.

Даже из этого сухого и далеко неполного перечня видно, какое громадное количество научного материала привезли с собой на Большую землю зимовщики. Этот материал тем более ценен, что во время своего пребывания на дрейфующей льдине зимовщики не только его собирали и записывали, но и частично предварительно обрабатывали.

По количеству собранного материала экспедиция зимовщиков превосходит все полярные экспедиции прежних времен и даже знаменитую экспедицию Нансена, хотя в экспедиции на «Фраме» участвовало 12 человек и продолжалась она 3 года, а станция «Северный полюс» состояла всего из 4 человек и просуществовала только 9 месяцев.

19 февраля 1938 г. станция «Северный полюс» прекратила свои замечательные исследования, и папанинцы вместе со всеми своими приборами и драгоценными записями своих наблюдений перешли на подошедшие к дрейфующему ледяному полю ледоколы «Таймыр» и «Мурман». Однако фактически этот день не является еще днем завершения этой небывалой экспедиции. Ее участникам предстоит еще огромный труд по окончательной обработке и опубликованию собранных ими материалов. А когда это будет сделано, перед советскими исследователями встанет еще одна большая задача: сопоставить наблюдения станции «Северный полюс» с наблюдениями многочисленных предшествовавших экспедиций и с наблюдениями полярных береговых станций.

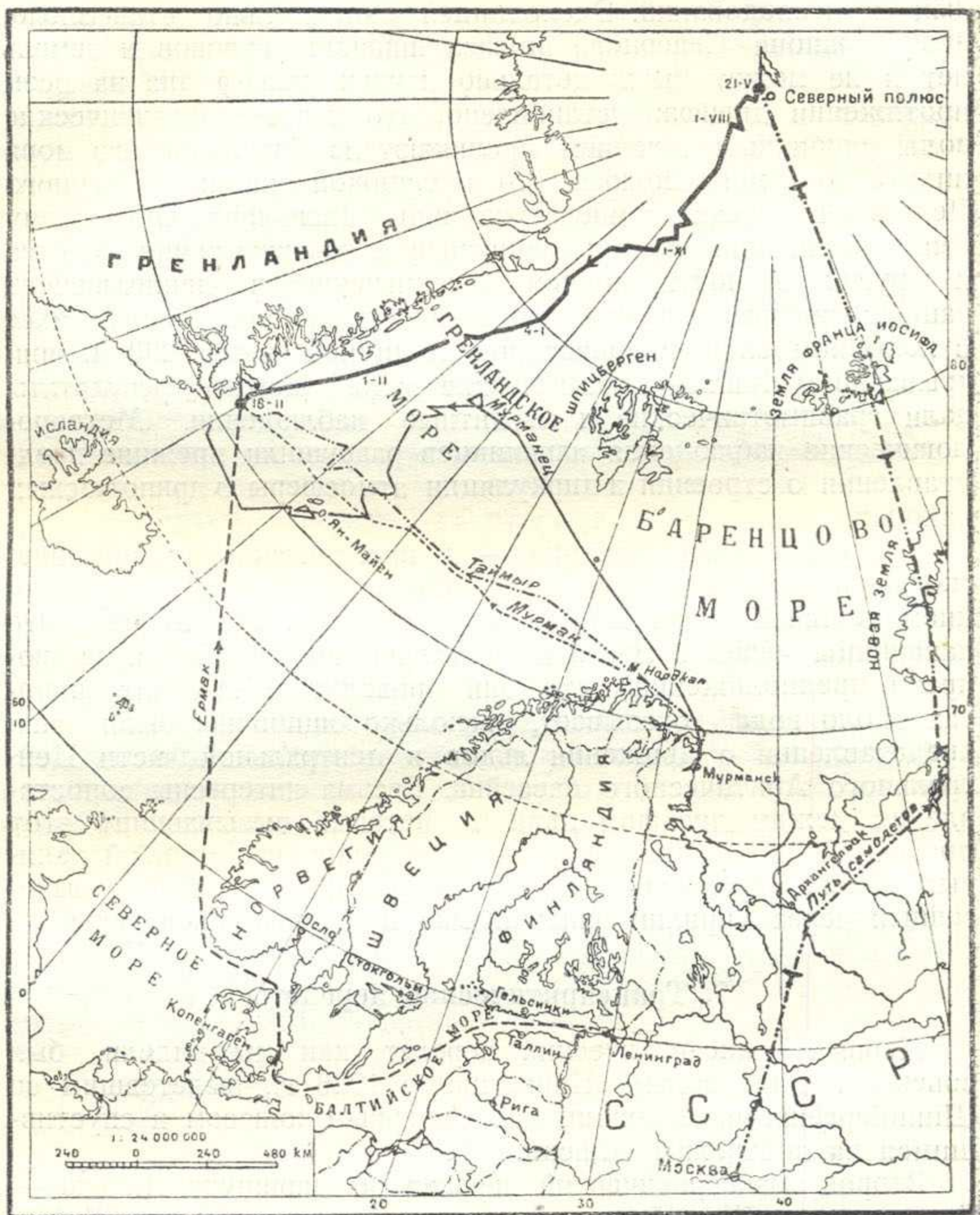


Рис. 5. Карта дрейфа станции „Северный полюс“.

Но даже предварительные результаты наблюдений экспедиции говорят уже об исключительной ценности произведенных ею исследований. Экспедицией окончательно установлено, что в районе Северного полюса никаких островов и земель нет и не может быть; детально изучен рельеф дна на всем протяжении дрейфа; установлено, что теплые атлантические воды глубинным течением проникают из Гренландского моря вплоть до самого полюса, что в глубокой впадине Северного Ледовитого океана температура воды благодаря внутреннему теплу земли повышается; опровергнуты высказывания Нансена и других о почти полной безжизненности приполюсного района; впервые изучено ветровое движение водных масс в холодном слое полярных вод толщиной около 200 м, прикрывающем теплые атлантические воды. Ценные результаты дали гравиметрические и магнитные наблюдения. Метеорологические наблюдения папанинцев разрушили прежние представления о строении и циркуляции атмосферы в приполюсных районах.

Но наибольшее значение — и практическое и теоретическое — имеют наблюдения папанинцев над дрейфом и поведением ледяных полей Центральной Арктики: самый факт, что папанинцы через 9 месяцев оказались южнее 71° с. ш. вопреки предположению, что они проведут в высоких широтах около года, доказывает, насколько ошибочны были наши представления о движении льдов в центральной части Центрального Арктического бассейна. Весьма интересны сопоставления между дрейфом льда и ветром, вызывавшим этот дрейф. Не менее интересны и наблюдения над судьбой ледяных полей, образовавшихся в Центральной Арктике и вынесенных через «пролив папанинцев», в Гренландское море.

7. Трансарктические перелеты

Первый трансарктический перелет, как мы видели, был совершен дирижаблем «Норвегия» в 1926 г., вылетевшим со Шпицбергена, пролетевшим над Северным полюсом и спустившимся на побережье Аляски.

Второй трансарктический перелет по маршруту Аляска — Гренландия — Шпицберген был совершен на самолете Губертом Уилкинсом в 1928 г.

Эти полеты для познания Арктики были почти бесполезны.

Полет дирижабля «Норвегия» ставил своей целью достижение Северного полюса и по существу лишь показал современное развитие воздушной техники. Полет Уилкинса

отличался в выгодную сторону тем, что он ставил своей задачей проверку существования мифической земли Гарриса.

Главным недостатком обоих этих перелетов было то, что они не были увязаны ни с предыдущими, ни с последующими исследованиями Арктики.

Как мы видели, в 1937 г. на побережье Советской Арктики почти не осталось пунктов, где было бы необходимо устроить станции севернее уже существующих: 21 мая 1937 г. у самого полюса была создана станция.

Всякий полет нуждается в метеорологическом обслуживании. Летчики вполне естественно требуют метеорологических прогнозов; вполне ясно также, что обстоятельства каждого полета являются лучшей проверкой полученных перед полетом прогнозов и служат для улучшения качества прогнозов в дальнейшем.

Несомненно, что существование станции «Северный полюс» облегчило организацию трансарктических перелетов: погода в районе полюса, о которой до открытия этой станции можно было судить лишь по косвенным признакам, становилась теперь точно известной. Первые магнитные измерения, произведенные папанинцами, также позволяли трансарктическим самолетам с большей уверенностью пользоваться магнитным компасом.

Организация станции «Северный полюс» с помощью тяжелых самолетов, представляя сама по себе огромное научное и практическое завоевание, дает вместе с тем возможность разрешить давнишний спор о выборе наиболее подходящего воздушного средства сообщения — самолета или дирижабля — при трансарктических перелетах.

Еще незадолго до организации этой станции продолжались споры о том, как это сделать. Эти споры вызывались тем, что имевшиеся фотографии и описания полярных льдов, сделанные людьми, побывавшими у полюса, противоречили друг другу.

Некоторые считали, что для устройства полюсной станции лучше всего использовать дирижабль. Действительно, дирижабль может долгое время висеть неподвижно над ледяными полями, и люди и снаряжение за это время могут быть безопасно спущены даже на сильно торосистые льды. Этим способом высадки людей на полюс предполагала, как известно, воспользоваться экспедиция Нобиле на дирижабле «Италия» в 1928 г. Однако, несмотря на то, что «Италия» достигла полюса, людей на лед не высадили, так как этому помешали сильные ветры.

Другие, наоборот, считали, что наилучший способ организации станции — это высадка с самолетов на лед людей и снаряжения с помощью парашютов.

Наконец, третьи, и в особенности М. В. Водопьянов, считали наиболее правильным организовать станцию с помощью тяжелых самолетов, которые должны опуститься на приполярные льды. Возможность такой посадки подсказывалась опытом неоднократных посадок советских летчиков на ледяные поля. Тринадцать безаварийных посадок и подъемов с ледяных полей как в районе самого полюса, так и между 84° и 85° северной широты, — посадок, произведенных самолетами полюсной экспедиции на различные ледяные поля, окончательно подтвердили, что предложение М. В. Водопьянова было наиболее правильным.

При полетах и посадках тяжелых самолетов в приполюсном районе впервые было получено верное представление о характере ледяных полей в центральной части Арктики. Это имеет крупное научное и практическое значение. Как показали наблюдения А. Д. Алексеева, от о. Рудольфа до $82^{\circ}30'$ с. ш. встречался сильно восторошенный (торосы до 3 м) молодой лед с разводьями и трещинами; попадались также обломки айсбергов, вынесенные в этот район с Земли Франца-Иосифа; ровные площадки размером в 100—200 кв. м встречались редко. От $82^{\circ}30'$ до $85^{\circ}30'$ с. ш. размеры полей увеличивались и достигали 20 км в поперечнике; здесь довольно часто бывали видны ровные площадки размерами 250—350 кв. м. Севернее $85^{\circ}30'$ начинались многолетние льды, причем до 86° с. ш. ледяные поля были небольшие и сильно восторошены; разводья между ледяными полями были забиты мелким льдом, шугой и молодым льдом.

Другими словами, по направлению от острова Рудольфа к полюсу между $85^{\circ}30'$ и 86° с. ш. лежит своеобразная «полоса торосения», делающая невозможной безаварийную посадку самолетов и, конечно, весьма затрудняющая санные экспедиции к полюсу.¹

Наибольших размеров посадочные площадки достигали между 87° и $88^{\circ}30'$ с. ш. Ближе к полюсу площадки были меньших размеров и хуже.

Площадь ледяного поля, на котором была организована станция «Северный полюс», составляла около 4 кв. км, тол-

¹ Нам теперь становится понятным, почему и Каньи и Нансен, доходя приблизительно до этого района, не выдерживали дальнейшей борьбы со льдами и возвращались обратно.



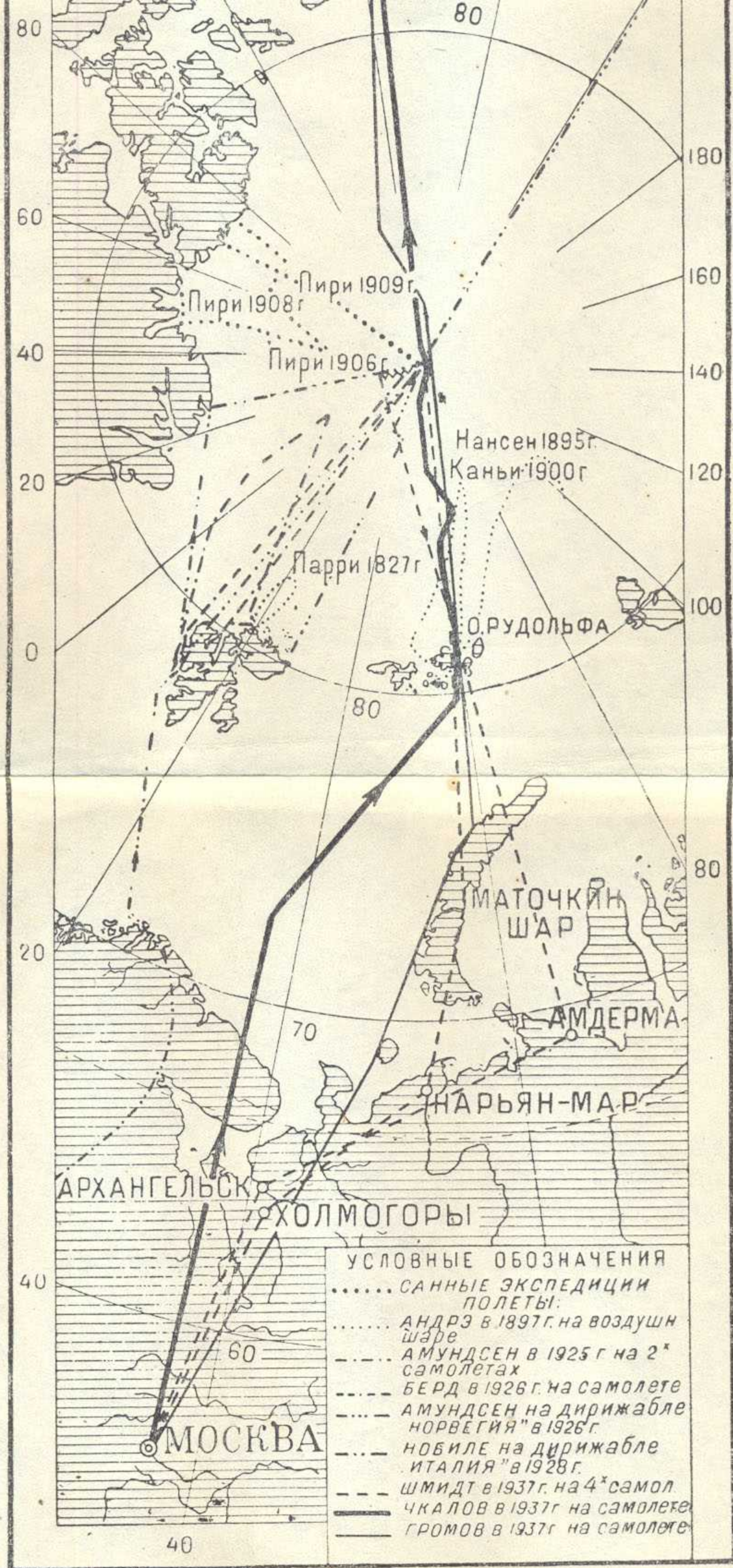


Рис. 6. Санные и воздушные экспедиции к Северному полюсу.

щина его — около 3 м. По краям поле было окаймлено торосами, образовавшимися от соприкосновения с другими ледяными полями. Кроме того, ледяное поле в нескольких местах было пересечено небольшими сглаженными торосами — следами спайки в одно целое более мелких ледяных полей. Эти торосы отделялись друг от друга ровными площадками, годными для посадки самолетов.

Такой же характер имели и другие ледяные поля, на которые приходилось садиться советским самолетам во время воздушной полярной экспедиции.

Таким образом, оказывается, что центральная часть Северного Ледовитого океана представляет собой ряд как бы самой природой подготовленных ледяных аэродромов, на которые могут в случае нужды опускаться самолеты, совершающие трансарктические перелеты.¹

6 июня 1939 г. четыре тяжелых советских самолета, оставив у полюса четырех зимовщиков станции «Северный полюс», улетели обратно на остров Рудольфа, а оттуда на Большую землю, а уже 18 июня на рассвете самолет В. Чкалова, на котором, кроме него, находились второй пилот Г. Байдуков и штурман-радист А. Беляков, стартовал из Москвы по маршруту Москва—Северный полюс—Северная Америка.

19 июня, почти через сутки, самолет был над Северным полюсом, еще через сутки — 20 июня — он пролетел над Ванкувером, миновал Сиэтл и, наконец, совершил посадку на аэродроме Баракс, близ города Портланда.

Самолет пробыл в воздухе 63 часа 25 минут, пролетев при этом 10 000 км по прямой и 12 000 км по воздуху, из них 5900 км над водой и льдами. Местами самолету приходилось лететь на высоте 6000 м и на пути три раза претерпевать оледенение.

Зимовщики станции «Северный полюс» слышали шум моторов пролетавшего над ними самолета Чкалова, но самого самолета из-за облачности не видели.

Еще через месяц, на рассвете 12 июля 1937 г., из Москвы в Америку приблизительно по тому же маршруту, что и при полете Чкалова, вылетел второй самолет. На нем летели пилотами М. Громов и С. Данилин и штурманом Б. Юмашев.

13 июля самолет прошел над Северным полюсом, а через 62 часа 17 минут после начала полета приземлился в 5 км

¹ Наблюдениями над характером ледяных полей в центре Арктики отчасти подтверждается факт достижения полюса Пири. Принимая во внимание характер ледяных полей у полюса и исключительную выносливость и опыт Пири, быстрые переходы Пири не представляются удивительными.

от селения Сан-Джасинто. В этом полете было пройдено по прямой 10 200 км и по ломаной 11 500 км.

Этими полетами установлены два мировых рекорда: дальности полета по прямой и дальности полета по ломаной.¹

Вечером 12 августа из Москвы вылетел тяжелый (35 т) 4-моторный самолет Леваневского, на котором, кроме С. А. Леваневского, были второй пилот Н. К. Кастанаев, штурман Левченко, бортмеханики Г. Т. Побежимов и Н. Н. Годовиков и радист Н. А. Галковский. В 13 час. 40 мин. 13 августа самолет Леваневского пролетел над Северным полюсом. В 14 час. 32 мин. с самолета была принята радиограмма, в которой сообщалось о том, что на высоте полета 4600 м при сплошной облачности крайний правый мотор выбыл из строя из-за порчи маслопровода.

Затем регулярная связь с самолетом нарушилась. Некоторые станции продолжали еще будто бы улавливать обрывки радиограмм на волне самолета Леваневского, но проверить это не удалось, так как все попытки наладить радиосвязь не привели к удаче.

Во время поисков самолета Леваневского, предпринятых по распоряжению правительства, были совершены изумительные по отваге полеты. 7 октября 1937 г. в район полюса на том же самолете, на котором были привезены папанинцы, летал М. В. Водопьянов. Весь полет продолжался около 10 часов и был первым в истории воздухоплавания полетом в условиях наступающей полярной ночи.

Одновременно в восточном секторе Арктики летали, базируясь на мыс Барроу и на посланный к берегам Америки ледокол «Красин», советские летчики Грацианский (22 и 23 сентября и 5 октября) и Задков (2, 3 и 5 сентября), который при последнем полете долетел до 75°30' с. ш.

Кроме советских летчиков, в поисках Леваневского принимали участие и американские летчики Маттерн, Рендель, Крюссон, Армстед и другие. Уилкинс на приобретенном советским правительством в Америке гидроплане, пилотируемом летчиком Кенионом, совершил полеты 22, 23, 28 августа, 7 и 18 сентября. Во время этих полетов Уилкинс долетал до 86°10' с. ш. и в общей сложности прошел над льдами 12 000 миль.

В 1938 г. поиски самолета Леваневского были возобновлены.

¹ Полеты Чкалова и Громова были совершены на самолетах, не приспособленных для перевозок грузов и пассажиров.

16 января Уилкинс летал с аэродрома Аклавики и долетел по меридиану $137^{\circ}30'$ в. д. до $77^{\circ}40'$ с. ш. 4 апреля с острова Рудольфа для поисков Леваневского летал летчик Мошковский. Он пробыл в полете около 11 часов и долетел до самого полюса. Это был седьмой по счету полет советских летчиков к Северному полюсу.

Продолжать дальше поиски Леваневского было бесполезно. Надо было примириться с мыслью, что этот отважный летчик и его сотоварищи погибли, прокладывая новые воздушные пути на благо науки и человечества.

8. Дрейф ледокольного парохода „Седов“¹

В противоположность дрейфам «Фрама» и станции «Северный полюс» дрейф «Седова» не был задуман и организован заранее.

Вместе с ледоколами «Садко» и «Малыгин» ледокольный пароход «Седов» был зажат 23 октября 1937 г. льдами в море Лаптевых на $75^{\circ}19'$ с. ш. и $132^{\circ}25'$ в. д., и затем его понесло на север.

В апреле 1938 г., когда дрейфующие ледокольные пароходы находились приблизительно между 79 и 80° с. ш., к ним летали три самолета под управлением Героев Советского Союза Алексеева и Головина и летчика Орлова и вывезли на материк 184 человека из команды этих судов. Этими полетами еще раз было доказано высокое качество наших самолетов и мастерство наших летчиков, доказано, что успехи советской полярной авиации не являются делом случайным, а делом, на которое вполне можно положиться.

28 августа 1938 г. караван дрейфующих судов находился на $83^{\circ}06'$ с. ш. и $138^{\circ}24'$ в. д. В этот день ледокол «Ермак» вывел «Садко» и «Малыгина» из льдов в открытое море. «Седов» же получил во время зимовки сильное повреждение рулевого устройства, и его вывести из ледового плена не удалось. Тогда на «Седове» остались 15 добровольцев зимовщиков во главе с капитаном Бадигиным. И с тех пор корабль, ставший теперь историческим, продолжал свой изумительный дрейф в наиболее трудно доступной части Северного Ледовитого океана.

¹ Ледокольный пароход «Георгий Седов», названный в честь первого русского путешественника к Северному полюсу, построен в Англии в 1909 г. для Канады и приобретен впоследствии русским правительством.

Длина корабля 77 м, ширина 11 м, осадка 5—6 м. Машина — 2860 лошадиных сил, скорость хода — около 12 морских миль в час, грузоподъемность — 1600 тонн.

Некоторые обстоятельства придают этому дрейфу исключительный теоретический и практический интерес. Во-первых, он начался тогда, когда дрейф станции «Северный полюс» еще продолжался. Следовательно, благодаря дрейфу «Седова» осуществлена непрерывность наблюдений над движением льдов в Центральной Арктике в течение почти трех лет. Во-вторых, вскоре после начала дрейфа «Седова» в том же море Лаптевых, но в юго-западной его части, начался дрейф ледокола



«Седов» во льдах.

«Ленин», закончившийся 7 августа 1938 г. Таким образом, в течение 9 месяцев два судна одновременно дрейфовали со льдами на некотором расстоянии друг от друга: один в юго-западной части моря Лаптевых, другой в северо-восточной части этого моря и в районе к северу от Новосибирских островов. Сопоставление этих двух дрейфов дало удивительные результаты. Отличаясь друг от друга лишь в деталях, эти дрейфы обнаруживают в то же время поразительное сходство, что доказывает, что они совершались под влиянием факторов не случайных, а общих для этого района. Этими факторами были господствовавшие ветры и постоянные течения.



К. С. Бадигин, капитан л/п „Седов“.

В-третьих, вскоре после начала своего дрейфа «Седов» оказался в области, где начался дрейф «Фрама», и в дальнейшем прошел, хотя и значительно севернее, но в общем приблизительно параллельно дрейфу «Фрама».

Сравнение дрейфа «Седова» и «Ленина», с одной стороны, дрейфа «Седова» к станции «Северный полюс», с другой, и, наконец, сравнение дрейфов «Седова» и «Фрама» представляют исключительную теоретическую и практическую ценность. Сравнение дрейфов «Фрама» и «Седова» представляет к тому же особый интерес потому, что, как известно, дрейф «Фрама» протекал при климатических условиях, значительно отличающихся от тех, которые мы имеем сейчас в Арктике. Как это доказывается многими фактами, атмосфера и гидросфера в Арктике сейчас стали значительно теплее, чем во времена Нансена.

Дрейф «Седова» сначала направился прямо на север, приблизительно по 133° в. д. Через месяц, когда «Седов» был около 78° параллели, дрейф повернул на восток. 2 марта 1938 г. «Седов» оказался на $78^{\circ}25'$ с. ш. и $153^{\circ}26'$ в. д. Эта точка явилась самым восточным пунктом, достигнутым «Седовым». С тех пор «Седов» стал медленно продвигаться на запад, направляясь в то же время к северу.

18 февраля 1939 г. «Седов» оказался на $85^{\circ}56',7$ с. ш. и $119^{\circ}59'$ в. д. В этот день был побит рекорд достижения высокой широты (установленный «Фрамом») для судов, дрейфующих вместе со льдами. (За 44 года до этого — 15 ноября 1895 г. «Фрам» достиг $85^{\circ}55',5$ с. ш. и $66^{\circ}31'$ в. д.)

После этого «Седов» продолжал дрейфовать, в общем, в северо-западном направлении и 22 марта 1939 г. достиг $86^{\circ}34',7$ с. ш. и $108^{\circ}50'$ в. д. В дальнейшем дрейф «Седова» начал постепенно склоняться к юго-западу. С 17 мая по 27 июля 1939 г. пути «Седова» и «Фрама» как бы переплетаются, но затем «Седов» начинает опять быстро подниматься на север и 29 августа достигает самой северной точки своего дрейфа — $86^{\circ}39',5$ с. ш. и $47^{\circ}55'$ в. д.

В дальнейшем дрейф «Седова» опять пересек дрейф «Фрама» и затем, описав ряд зигзагов, направился между дрейфами станции «Северный полюс» и «Фрама» — к широкому проливу, отделяющему Гренландию от Шницбергена.

С 4 сентября по 20 октября 1939 г. «Седов», продвинувшийся на юго-запад, находился приблизительно в тех же широтах, где двумя годами раньше в те же дни находилась станция «Северный полюс». С 20 октября «Седов» начинает отставать по широте от последней. 1 декабря он оказывается



В. Х. Буйницкий во время научных наблюдений.

на $83^{\circ}46'$ с. ш. и $7^{\circ}19'$ в. д. (станция «Северный полюс» 1 декабря 1937 г. находилась на $82^{\circ}46'$ с. ш. и $5^{\circ}55'$ з. д.). За 40 дней «Седов» отстал по широте от станции «Северный полюс» на 60 морских миль, или на 111 километров.

1 января 1940 г. «Седов» оказался на $81^{\circ}15',4$ с. ш. и $4^{\circ}16'$ в. д., а 13 января к «Седову», когда последний находился на $80^{\circ}46'$ с. ш. и $2^{\circ}30'$ в. д., подошел флагман советского ледокольного флота «Иосиф Сталин», который помог ему выйти из льдов. Так закончился героический дрейф, обогативший науку новыми сведениями о Центральном Арктическом бассейне.

В следующей таблице показаны широты и долготы «Седова» на 1 число каждого месяца.

Таблица 2

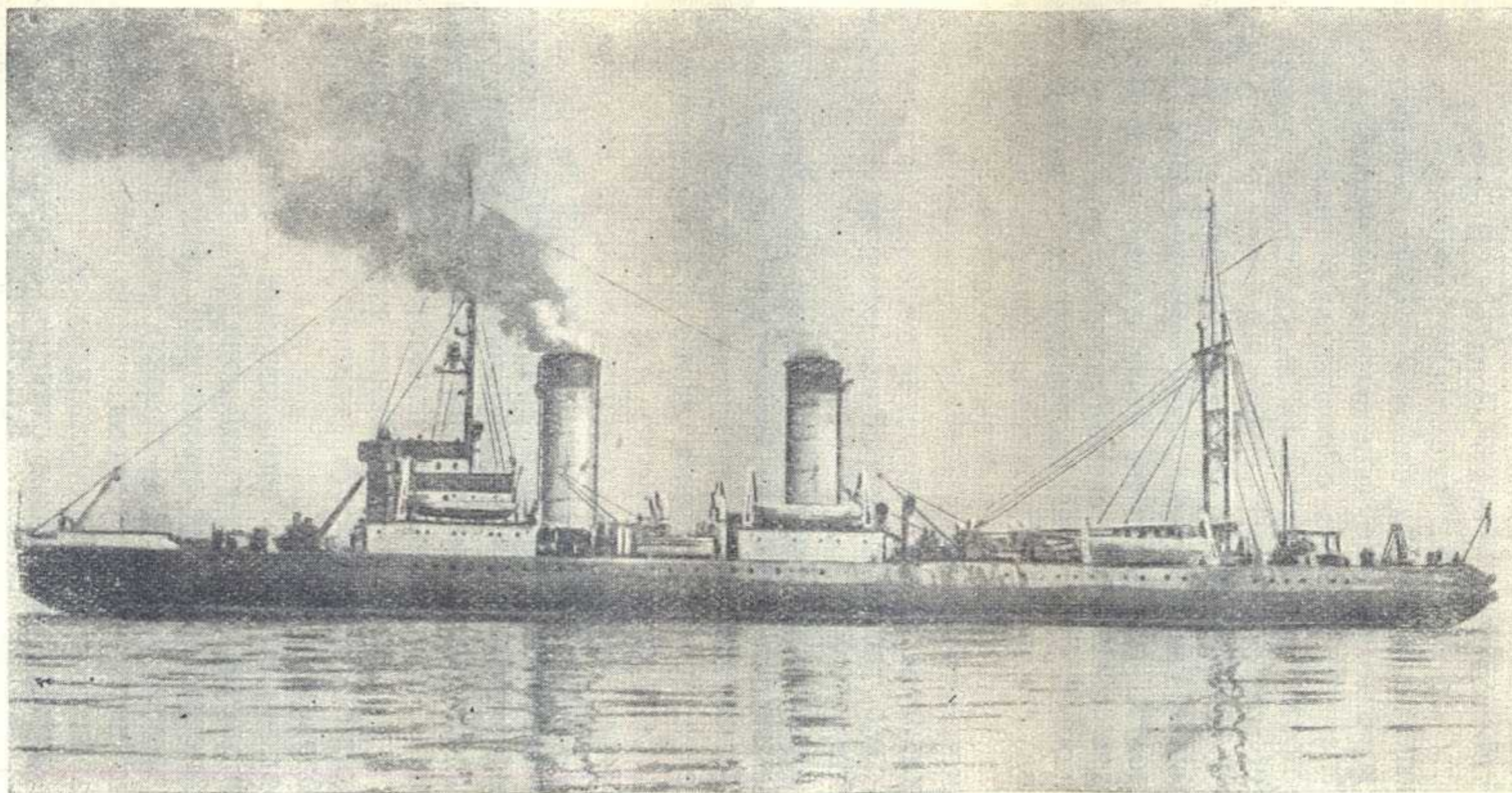
Дрейф л/п «Седов»

Дата	Широта	Долгота	Дата	Широта	Долгота
1937 г.			1939 г.		
23 октября	$75^{\circ}21'$	$132^{\circ}15'$	1 января	$84^{\circ}44'$	$129^{\circ}10'$
1 ноября	76 19	131 18	1 февраля	85 33	123 14
1 декабря	77 39	135 51	1 марта	86 20	117 03
			1 апреля	86 16	107 25
1938 г.			1 мая	86 22	81 40
1 января	$78^{\circ}24',3$	$141^{\circ}44'$	1 июня	85 25	78 30
1 февраля	77 57,5	151 14,5	1 июля	85 25	63 05
1 марта	78 31,5	153 05,5 ¹	1 августа	85 55,5	57 05
1 апреля	79 07,2	151 35,3	1 сентября	86 37	45 05
1 мая	80 03	147 12	1 октября	85 17,5	30 30
1 июня	80 56	143 09,3	1 ноября	84 38,5	19 15
1 июля	81 17	137 57	1 декабря	83 46	7 19
1 августа	81 51	135 53,5			
1 сентября	83 11	137 35	1940 г.		
1 октября	84 19	137 15	1 января	$81^{\circ}15',4$	$4^{\circ}16'$
1 ноября	84 35	131 01	13 января	80 46	$2^{\circ}30'$
1 декабря	85 29	123 48			

Две основных задачи стояли перед седовцами — сохранить свой корабль для советского ледокольного флота и максимально использовать все обстоятельства дрейфа для проведения возможно более полных и точных научных наблюдений.

Первая задача была нелегкой. «Фрам» был специально построен для дрейфа во льдах Северного Ледовитого океана.

¹ Координаты самой восточной точки дрейфа 2 марта 1938 г. — $78^{\circ}23',7$ с. ш. и $153^{\circ}26'$ в. д.



Флагман арктического ледокольного флота ледокол „И. Сталин“.

«Седов» был построен для плавания у берегов Ньюфаундленда и в заливе Св. Лаврентия, где не бывает ни могучих ледяных полей, ни губительных сжатий.

Учтя опыт первой зимовки, седовцы обратили особое внимание на сохранение своего корабля. Во-первых, поскольку это было в их силах и насколько позволяли имевшиеся на корабле материалы, они добавочно укрепили корпус судна. Во-вторых, что еще важнее, они выработали особую тактику для борьбы с напором льдов с помощью взрывчатых веществ. В зимнее время, когда сжатия льдов представляют наибольшую опасность, они всегда имели наготове на борту заряды аммонала, а вокруг корабля — заранее приготовленные лунки. Эти заряды предназначались для разрушения острых углов ледяных полей, давящих на борт судна, и для образования вокруг судна своеобразной подушки из обломков льда, перераспределяющей давление наступающих ледяных валов.

153 раза седовцы переживали сжатие льдов. Некоторые из них были настолько серьезны, что седовцы уже готовились покинуть корабль. Однажды корабль накренился на 30 градусов, вода хлынула через отверстия холодильника внутрь судна, и только самоотверженная работа механиков корабля спасла его от гибели.

Еще одна трудность стояла перед седовцами. Ведь «Седов» после зимы 1937/38 г. не только потерял способность следовать самостоятельно, но даже и способность следовать на буксире у другого судна. Надо было исправить это повреждение. Седовцы справились и с этой задачей. После того как 13 января 1940 года к нему подошел ледокол «Иосиф Сталин», «Седов» сначала следовал за ним на буксире, а потом самостоятельно подошел к пристани Баренцбурга, где и стал под погрузку угля. Дальнейший путь от Баренцбурга до Мурманска «Седов» следовал на буксире, а в Мурманске подошел к пристани опять-таки самостоятельно. Одно это показывает, что с задачей сохранения корабля, и притом сохранения в полной исправности, экипаж справился самым наилучшим образом.

У седовцев было еще одно задание — использовать дрейф для производства научных наблюдений. В этом отношении они имели перед собой великолепный пример работы в тяжелых арктических условиях — пример папанинцев.

Подобно папанинцам, седовцы вели исключительно напряженную научную работу приблизительно по той же программе и теми же приборами, что и станция «Северный полюс».

Всего за время своего самостоятельного дрейфа, т. е.

с 1 сентября 1938 г. и по 13 января 1940 г., они сделали 415 астрономических определений местоположения своего судна; измерили 37 океанических глубин, одновременно добывая образцы грунта; сделали 43 гидрологические станции, сопровождая некоторые из них непосредственными измерениями элементов морских течений; произвели 11 сборов планктона. Кроме того, через каждые 10 дней седовцы измеряли толщину льдов разного возраста. В 78 пунктах седовцы произвели измерения элементов земного магнетизма, а в 11 пунктах провели серийные наблюдения, дающие представления об изменении этих элементов в течение суток. В 66 пунктах они провели измерения силы тяжести. Наибольшее внимание седовцы уделяли производству метеорологических наблюдений, которые они вели регулярно через каждые два часа и четыре раза в сутки передавали на Большую землю по радио.

Ценность наблюдений седовцев неизмеримо выигрывает от того, что они, впервые после Нансена, провели в Центральной Арктике с лишком два года в районах, где до «Седова» не дрейфовал ни один корабль и не летал ни один самолет. В следующей таблице приводится число дней, проведенных в дрейфе «Фрамом», станцией «Северный полюс» и «Седовым» в высоких широтах.

Таблица 3

**Число суток, проведенных в дрейфе к северу
от показанной параллели**

Экспедиция Число дней	«Фрам»	«Северный полюс»	«Седов»
Общее число дней дрейфа . .	1055	274	812
Из них к се- веру от 89° . .	—	14	—
88 . .	—	77	—
87 . .	—	102	—
86 . .	—	123	131
85 . .	121	146	289
84 . .	428	166	398
83 . .	539	192	422

Из этой таблицы ясно, насколько интересны наблюдения седовцев, которые пробыли за 85° с. ш. в два раза дольше, чем станция «Северный полюс», и в два с половиной раза — чем «Фрам».

Нелегко дались некоторые из научных наблюдений седовцам. Так как «Седов» не был подготовлен для работы на

больших океанических глубинах, то у него не было специальной лебедки и специального троса для измерения больших глубин. Поэтому уже во время самого дрейфа седовцы своими силами сконструировали электрическую выюшку и, кроме того, расплетая имевшиеся на корабле толстые стальные тросы на отдельные проволоки, изготовили свыше 14 километров лот-линия. Последняя работа на тридцатиградусном морозе является проявлением подлинного героизма.

Только три полярных экспедиции («Фрама», станции «Северный полюс» и «Седова») раскрывают нам гидрометеорологический режим Центральной Арктики. Но было бы неправильным противопоставлять их друг другу. Все три экспедиции своеобразны, наблюдения каждой из них драгоценны, и они прекрасно дополняют друг друга.

Экспедиция на «Фраме» и станция «Северный полюс» были специальными научными экспедициями, специально организованными для изучения Центральной Арктики. Экспедиция на «Седове» сделалась научной экспедицией случайно.

В ее составе не было ученых-профессионалов. Кроме В. Х. Буйницкого, студента Гидрографического института, все остальные седовцы — простые советские моряки. Но все они прекрасно понимали, что наилучшим маяком при плавании по Северному морскому пути является Знание, и сделали все, что было в их силах, чтобы этот маяк светил советским полярникам как можно ярче.

Кропотливо и тщательно, не щадя своих сил, в течение свыше двух лет эти моряки «писали, что наблюдали, а чего не наблюдали, того не писали». Их труды, опирающиеся на работы всего замечательного коллектива полярников, выращенного великим Сталиным, уже принесли пользу. Несомненно, что результаты умножатся, когда все, что сделано седовцами, будет обработано.

Среди русских моряков есть имена моряков-исследователей, которыми мы в праве гордиться. К таким принадлежат имена: лейтенантов Харитона и Дмитрия Лаптевых, Малыгина, Прончищева, штурманов Минина и Стерлегова, прапорщика Пахтусова, лейтенанта Литке, адмирала Макарова, старшего лейтенанта Седова и многих других. Но эти смелые и отважные исследователи в прошлом работали в одиночку и часто без всякой поддержки. Все знают о трагической судьбе моряка-исследователя Георгия Седова, чьим именем назван ныне закончивший свой дрейф ледокольный пароход.

Совсем в иных условиях протекала работа папанинцев и седовцев. Партия и правительство неустанными заботами окру-

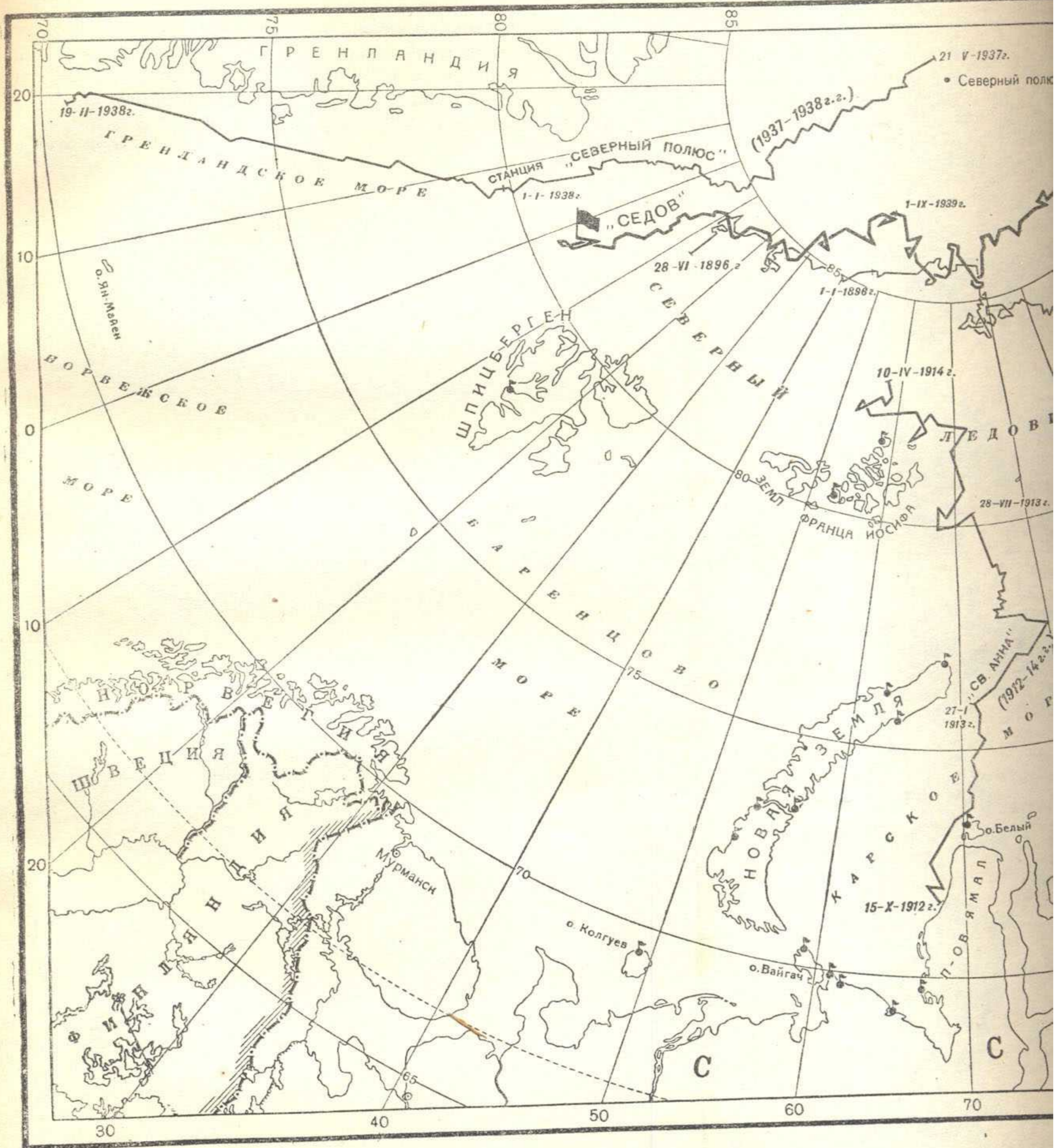


Рис. 7. Схема дрейфа судов в Северном Ледо

жали участников этих героических дрейфов на каждом их этапе. Вся страна с величайшим вниманием следила за этими дрейфами, потому что папанинцы и седовцы еще раз показали всему миру, на что способны даже маленькие коллективы советских людей, когда они опираются на всемогущий многомиллионный коллектив, имя которому — Союз Советских Социалистических Республик.



III. НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АРКТИКИ

1. Сила тяжести

Смелая мысль о том, что Земля похожа на шар, была высказана за несколько сот лет до начала нашей эры греческими учеными на основании чисто философских соображений.

Пифагор был первым, высказавшим эту мысль в 530 г. до нашей эры. Аристотель (384—322 гг. до нашей эры) привел первые доказательства шарообразности Земли, а Эратосфен (200 лет до нашей эры) сделал первую попытку определить ее размеры.

В настоящее время мы имеем ряд доказательств шарообразности Земли и знаем, что действительная форма ее только в самом грубом приближении может быть принята за шар.

Уже давно установлено теоретическими соображениями и проверено непосредственными измерениями, что Земля должна быть несколько приплюснута у полюсов. Действительно, если бы Земля состояла из однородной жидкости и не вращалась, то ее поверхность под влиянием взаимного притяжения частиц была бы шаровой. При вращении однородной жидкости ее поверхность, благодаря действию центробежной силы, будет поверхностью эллипсоида вращения, образовавшегося вращением эллипса вокруг его малой оси.

В дальнейшем оказалось возможным определить размеры Земли. Эта задача выполняется так называемыми градусными измерениями, заключающимися в том, что астрономически определяются широты пунктов, расположенных на одном и том же меридиане, а затем особыми приемами измеряется расстояние на Земле между этими пунктами. В результате наиболее современных измерений было принято, что длина

большой экваториальной полуоси Земли равняется 6 378 388 м, а длина малой — 6 356 911 м. Таким образом, разница между радиусом Земли у экватора и радиусом Земли у полюса равна 21 477 м — или, иначе, человек, находящийся на уровне океана у полюсов, находится ближе к центру Земли, чем человек, находящийся у экватора, почти на 21,5 км.

Во время производства градусных измерений определялись астрономически не только широты конечных пунктов дуг меридиана, но и многих других промежуточных точек, причем получались несогласия в длинах дуги меридиана, которые значительно превышали возможные ошибки измерения. Эти несогласия прямо указывали, что истинная форма Земли отклоняется от правильной эллипсоидальной формы.

Поэтому было введено понятие геоид, под которым понимается поверхность, совпадающая с поверхностью океана, а на материках совпадающая с уровнем воды в бесконечно узких каналах, прорезывающих все континенты и соединяющих между собой отдельные океаны. Понятно, что фигура геоида определяется неравномерным распределением на Земле масс различной плотности. Расхождение между эллипсоидом вращения и геоидом в общем не превышает 100 м.

С фигурой Земли тесно связана величина силы тяжести, теоретически являющейся равнодействующей силы притяжения и центробежной силы, возникающей в результате вращения Земли. Практически величина силы тяжести, непосредственно измеренная в какой-либо точке земной поверхности, складывается: из силы притяжения земли и центробежной силы, из притяжения, обусловленного рельефом данной местности, и из притяжения, обусловленного неравномерным распределением масс в верхних слоях земной коры. Определяется сила тяжести с помощью специальных приборов, в которых главную роль играют маятники.

Определяя в разных пунктах земной поверхности периоды качания этих маятников, зависящие от величины силы тяжести, получаем возможность определять и сравнивать силу тяжести. В результате тщательных наблюдений над силой тяжести, произведенных за последние годы как на материках, так и на океанах, выяснилось несколько замечательных подробностей, а именно:

1) экватор представляет собой не окружность, а эллипс, вытянутый приблизительно в направлении гриничского меридиана;

2) величина силы тяжести на одной и той же широте на океанах и на континентах приблизительно одинакова;

3) на отдельных островах, расположенных посреди океана, сила тяжести больше, чем на континентах, если острова вулканического или кораллового происхождения, и меньше, если острова континентального происхождения;

4) на отдельных участках земной поверхности обнаружены отклонения силы тяжести от ее нормальных величин как по направлению, так и по величине, которые могут быть отнесены только за счет неправильного распределения масс и плотностей в земном шаре.

Эти отклонения получили название аномалий силы тяжести и считаются положительными, если наблюдаемая сила тяжести больше нормальной, и отрицательными, если меньше.

Самый факт, что обычно над океаном и над континентами в одной и той же широте величина силы тяжести приблизительно одинакова, является аномалией, доказывающей, что дно океана состоит из более тяжелых пород, чем породы, составляющие материки, так как иначе влияние менее плотного океана не было бы уравновешено.

Замечательно далее, что обычно наибольшие положительные аномалии силы тяжести наблюдаются на береговой черте, а наибольшие отрицательные — на границе между мелким и глубоким морем.

На прилагаемом рисунке (стр. 93) показано среднее распределение аномалий силы тяжести, наблюдаемых на границе между океаном и континентами. Из рисунка видно, что наибольшая положительная аномалия силы тяжести обычно наблюдается на границе между материком и океаном и наибольшая отрицательная — в океане, приблизительно в 200 км от береговой черты.

Большие аномалии силы тяжести приурочены к областям землетрясений. Геологи надеются, что изучение этих аномалий послужит к пониманию процессов, обуславливающих их возникновение.

В геологии для объяснения многих явлений широко используется понятие об изостазии, также связанное с аномалиями силы тяжести.

Согласно современным теориям строения земли, верхние части земной коры, состоящие из более легких сиалических пород (граниты, гнейсы), как бы плавают на подстилающих их более тяжелых симатических¹ пластичных породах

¹ Слова «сиал» и «сима» составлены из начальных слогов элементов, являющихся главными частями этих пород, а именно: силиций (или кремний) и алюминий составляют сиал; силиций плюс магний составляют симу.

(базальты) — плавают так, как лед плавает на поверхности воды или как корка затвердевшего чугуна плавает на жидкообразной массе расплавленного чугуна.

В ледниковый период вся северная Европа была покрыта сплошным ледниковым покровом, толщиной 2—3 км, как сейчас покрыты Гренландия и Антарктида. Под тяжестью ледников суша (сиал) вдавилась в магму (симму), а после того как этот ледниковый покров сравнительно быстро (за 5—10 тысяч лет) растаял, давление на магму уменьшилось, и суша начала медленно подыматься над уровнем моря.

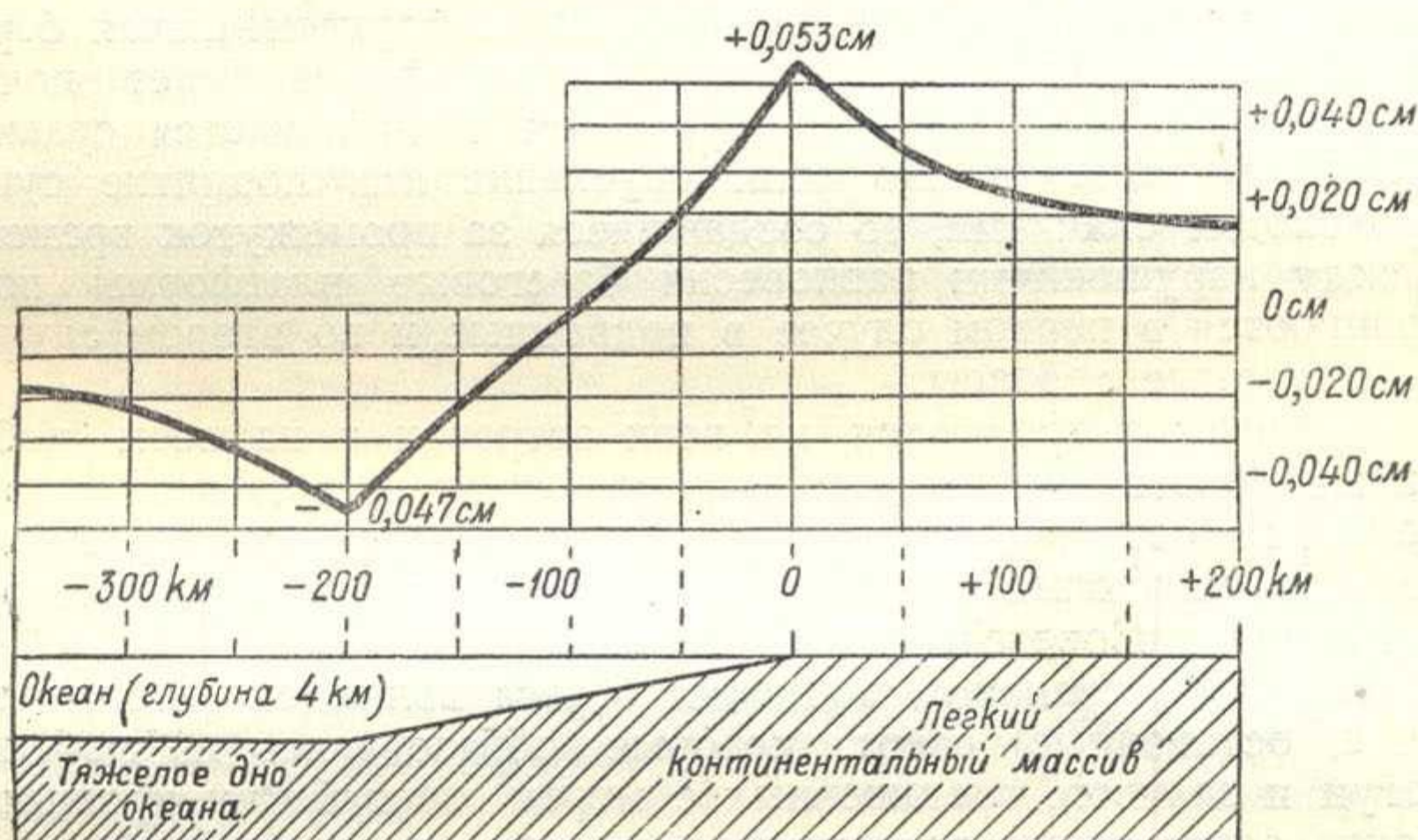


Рис. 8. Графическое изображение аномалий силы тяжести, возникающих на грани между океаническими впадинами и континентальными массивами.

Точными наблюдениями установлено, что Скандинавия подымается из океана со скоростью около 1 м в столетие. Многие старинные сооружения в Швеции и Норвегии, построенные некогда на берегу моря, сейчас расположены довольно далеко от береговой черты.

Нагрузка на отдельные части суши под влиянием различных факторов непрерывно меняется. В связи с этим некоторые части суши то подымаются, то опускаются — это характерно для всех частей земной поверхности. Иногда эти поднятия и опускания совершаются более или менее равномерно, в большинстве же случаев скачкообразно. Когда добавочная нагрузка достигает значительной величины и превосходит предел упругости земных пород, данный участок

суши сравнительно быстро или подымается или опускается так, чтобы вновь создалось так называемое изостатическое равновесие.

О том, поднимается ли в данном районе суша из моря или, наоборот, она опускается вглубь океана, можно судить не только по остаткам человеческих сооружений.

Морская волна, прибой и приливо-отливные колебания уровня моря всегда механически разрушают и химически растворяют породы у береговой черты. В результате этого разрушающего действия моря у береговой черты всегда создается более или менее широкая, почти горизонтальная береговая платформа. Понятно, что эта платформа будет почти отсутствовать, если берег опускается и подымается сравнительно равномерно. Но если опускание или поднятие суши происходят скачками, то создавшиеся за промежуток времени между нарушениями равновесия береговые платформы превращаются в первом случае в подводные и во втором случае в надводные террасы.

Террасы встречаются на всех островах и на всем побережье Советской Арктики: на Земле Франца-Иосифа, на Новой Земле, на острове Каменном и у р. Пясины, на Северной Земле, на Новосибирских островах и т. д. Все это свидетельствует о поднятии Советской Арктики.

Другим признаком поднятия берега являются реликтовые (т. е. остаточные) озера, которые образовались из морских лагун и заливов, соединенных с морем неглубоким проливом. Такие озера также встречаются на всем пространстве Арктики от Мурманска до острова Врангеля. Особенно замечательно реликтовое озеро на острове Кильдине, расположенном у входа в Кольский залив. В этом озере верхний слой воды совершенно распреснен, а нижний очень солен и, повидимому, до сих пор отчасти обновляется морской водой.

Следующим признаком поднятия Арктики является нахождение плавника, т. е. стволов деревьев, выносимых в море реками и прибиваемых к берегам морскими течениями.

Плавник на Шпицбергене, Новой Земле, Северной Земле и Новосибирских островах находят на высотах до 15 м; раковины и остатки морских животных встречаются на высотах не более 50 м, причем они располагаются на террасах, число которых достигает иногда на одном и том же участке берега 5—6. В селе Полярном на Мурмане морские раковины встречаются на высоте 40 м.

Скелеты китов находили на Шпицбергене на высоте 5 м, на Северной Земле (8—12 м) и на Земле Франца-Иосифа (7—15 м).

Еще выше на побережье и островах Советской Арктики расположены так называемые «мертвые террасы», т. е. такие, на которых никаких органических остатков не найдено. Высота таких террас доходит в Гренландии до 260 м, на Шпицбергене до 300 м, на Земле Франца-Иосифа до 120 м, на Новой Земле до 400 м. Число таких террас доходит иногда до 12, но расположены они по высоте значительно реже, чем террасы с органическими остатками.

Подробные и тщательные измерения глубин показывают, что в отдаленные времена в Арктике поднятия суши чередовались с опусканиями. На дне Баренцова моря, например, мы ясно можем различить подводные террасы, погруженные речные долины и фиорды.

Все это доказывает, что Арктика не находилась и не находится в состоянии изостатического равновесия. Доказывается это также и вулканическими и сейсмическими явлениями, наблюдаемыми в Арктике.

Многие районы Арктики сложены из изверженных пород, свидетельствующих о том, что Арктика была некогда ареной сильной вулканической деятельности. Базальты на Земле Франца-Иосифа, Шпицбергене и Новой Земле, граниты Мурмана и т. д. достаточно свидетельствуют об этом. Не прекращается вулканическая деятельность здесь и в настоящее время. У Атлантического входа в Арктику расположена Исландия с ее действующими гейзерами. Остров Ян-Майен (у которого оказалась в конце своего дрейфа станция папанинцев) представляет собою огромный потухший вулкан, поднимающийся почти на 3000 м над океаном среди больших глубин Гренландского моря. Считается, что в третичном периоде в Гренландии между 70 и 72° с. ш. были мощные вулканические извержения. В Скоресби-зунде на 70° с. ш. сейчас действуют горячие сернистые источники с температурой воды до 45—60°. Горячие источники, по некоторым сведениям, имеются и в бухте Вууд на Шпицбергене (около 79° с. ш.).

У Тихоокеанского входа в Арктику — на Камчатке — расположены действующие вулканы — сопки, из которых наиболее известна Ключевская сопка, поднимающаяся на высоту 5300 м над уровнем моря. Другим проявлением вулканической деятельности на Камчатке являются горячие источники, встречающиеся здесь повсеместно.

Известны горячие источники и на побережье Чукотского моря. В 60 км к западу от мыса Сердце-Камень расположен Нешкентский горячий источник с температурой около 55°.

Не менее характерна Арктика своими землетрясениями, которые иногда достигают значительной силы. На прилагаемой карте показано положение 88 эпицентров¹ землетрясений, вычисленных, по наблюдениям сейсмических станций, с 1910 по 1934 г. На этой карте хорошо выделяется полоса эпицентров, проходящая через устье Лены, к северу от Северной Земли, Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена и далее проходящая через остров Ян-Майен и Исландию. На той же карте показаны линии выхода геоида из-под сфероида.

В связи с вулканизмом и сейсмичностью Арктики изучение аномалий силы тяжести в Арктике представляет очень большой интерес.

Первые наблюдения над силой тяжести в арктических районах были сделаны (правда, сейчас уже устаревшими методами и приборами) во время экспедиции Нансена. Всего таких определений за три года экспедицией было сделано 11.

В дальнейшем несколько измерений силы тяжести было сделано экспедицией на «Наутилусе» в 1931 г. После этого обширные серии наблюдений над силой тяжести были начаты высокоширотной экспедицией на «Садко» в 1935 г., когда в Гренландском, Баренцовом и Карском морях определения силы тяжести были сделаны в 51 пункте.

Во время дрейфа станции «Северный полюс» Е. К. Федоров с помощью специально сконструированного прибора сделал определения силы тяжести в 22 пунктах, то есть в два раза больше, чем это было сделано Нансеном за три года экспедиции. Ценность наблюдений станции «Северный полюс» заключается в том, что, начатые у самого Северного полюса в глубоком океане, они были продолжены до острова Ян-Майен. Эти наблюдения, вообще требующие для получения окончательных результатов по крайней мере года вычислительной работы, частично уже обработаны.

Оказалось, что у 89° с. ш. аномалии силы тяжести нет. Между 88° и 84° положительная аномалия силы тяжести достигает значительной величины. Между 83° и 84° положительная аномалия силы тяжести значительно уменьшается, а у 83° с. ш. становится отрицательной.

Определения силы тяжести производились современными усовершенствованными приборами и дрейфующим пароходом «Седов». Эти наблюдения еще не обработаны. Но несомненно, что после окончательной обработки наблюдений экспедиции

¹ Эпицентр — точка на земной поверхности, находящаяся над центром землетрясения.

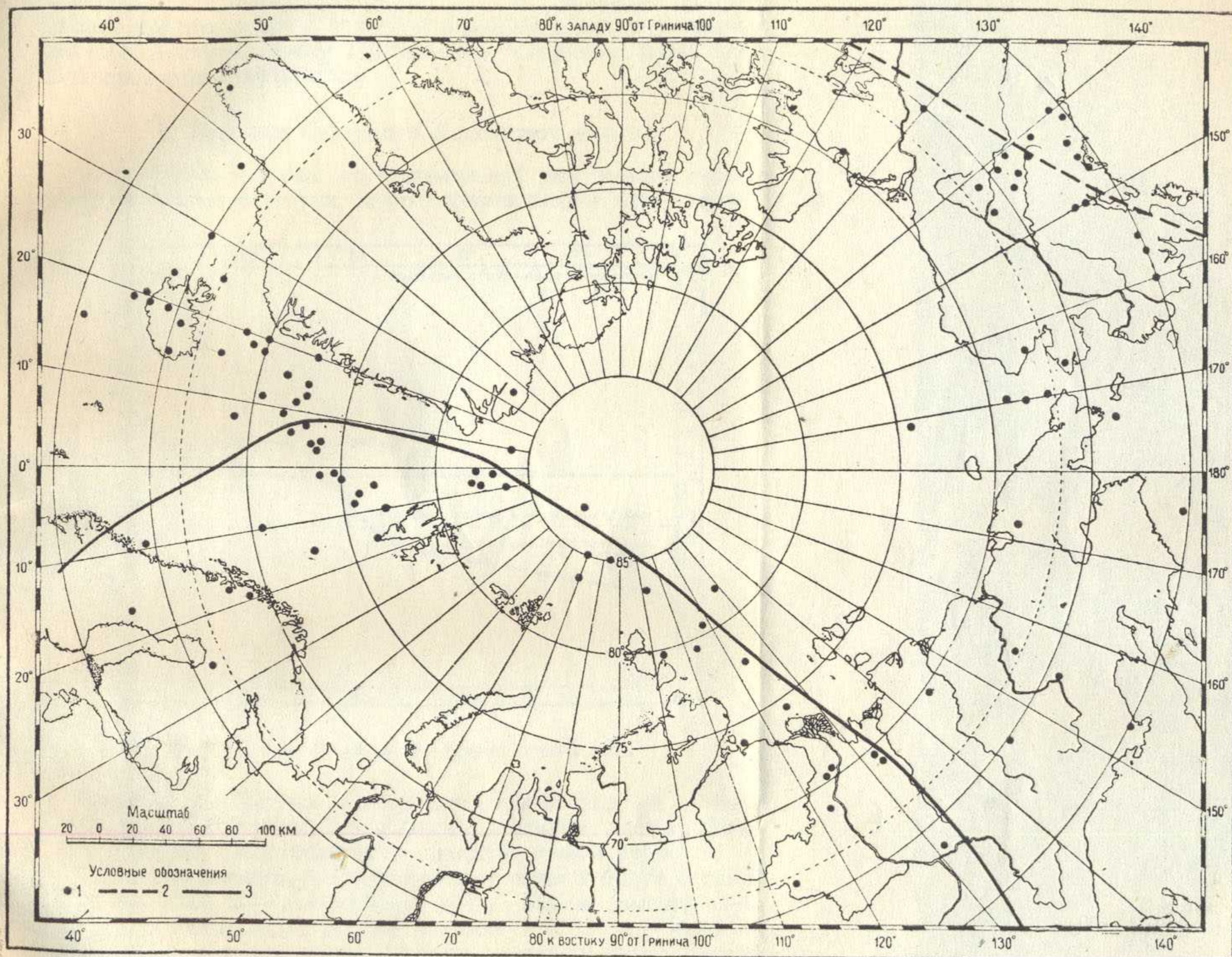


Рис. 9. Схема расположения эпицентров в Арктике.
1—эпицентры землетрясений; 2—линия входа геоида под сфероид; 3—линия выхода из-под сфероида.

«Садко» 1935, станции «Северный Полюс» 1937—1938 и наблюдений «Седова» 1937—1940 гг. мы впервые получим полное представление о фигуре и строении земли в громадном секторе Арктики между Гренландией, Северным полюсом и Новосибирскими островами.

2. Глубины Северного Ледовитого океана

Отложив на чертеже по вертикальной оси высоты суши и глубины океана в метрах, а по горизонтальной оси площади

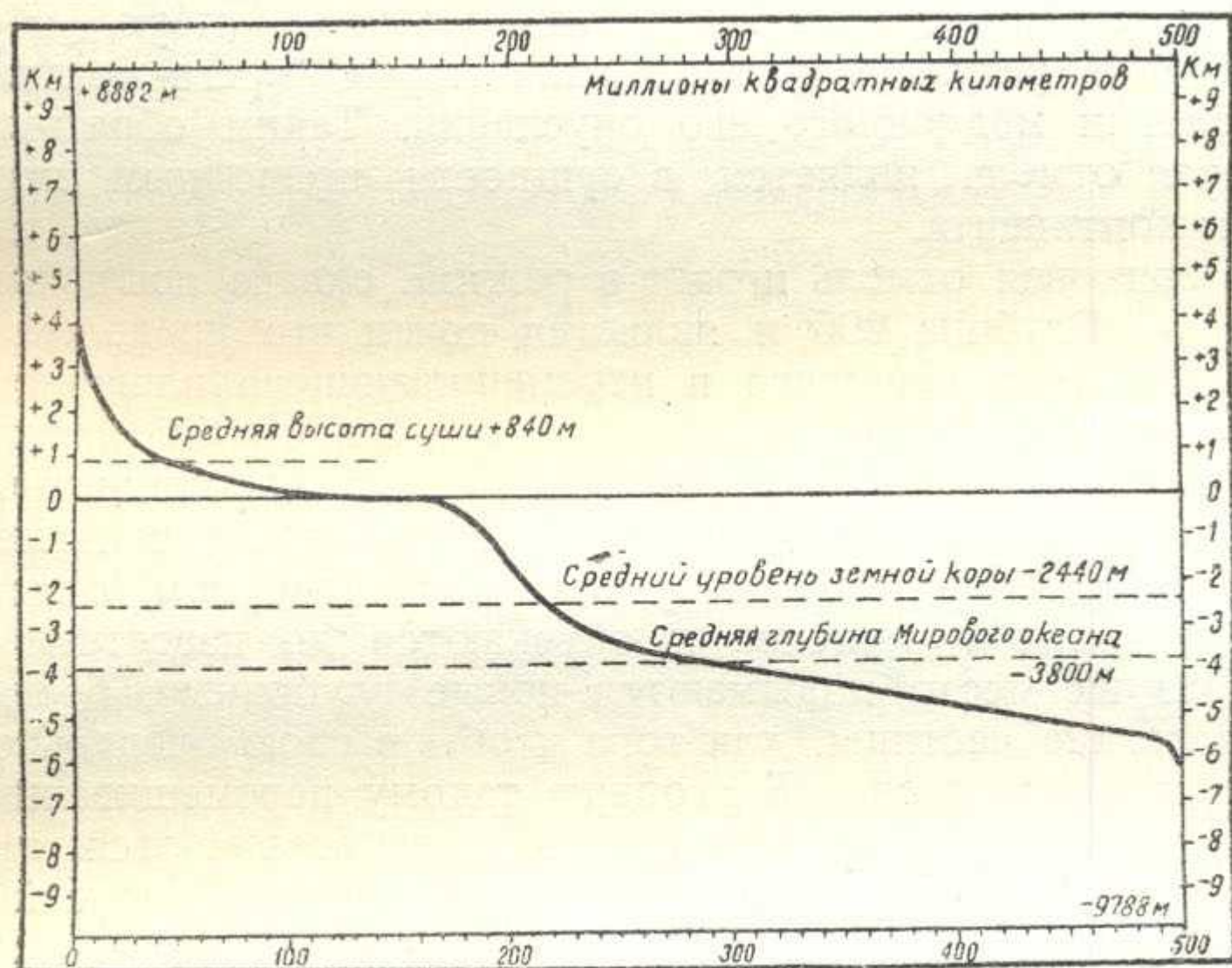


Рис. 10. Гипсографическая кривая земной коры.

в тысячах квадратных километров, занимаемые на земном шаре этими высотами и глубинами, получим гипсографическую кривую, представляющую профиль земной коры.

Крайними точками гипсографической кривой будут, с одной стороны, 8884 м — высочайшая точка земли (высота горы Эверест в Гималаях), с другой стороны — 10 830 м — наибольшая до сих пор измеренная глубина океана (у Филиппинских островов). На кривой показаны: средняя высота суши — 840 м, средняя глубина мирового океана — 3800 м.

Гипсографическая кривая представляет ряд особенностей. Ниже уровня моря она плавно опускается до глубины 200 м,

затем круто спускается до глубины 2440 м, опять опускается плавно до глубины 6000 м и, наконец, круто спускается до наибольшей глубины.

Часть этой кривой от поверхности моря до глубины 200 м называется материковой отмелью. Материковая отмель в некоторых районах (например, у западного побережья Чили и Перу) почти отсутствует, зато в других местах тянется от берега на несколько сотен километров, как, например, у северного побережья Европы и Азии. Материковая отмель занимает около 8% поверхности всего мирового океана.

С геологической точки зрения материковая отмель представляет собой дно мелкого материкового моря, образовавшегося в результате размывания морем берега континента при условии медленного его опускания. Таким образом, материковая отмель является в сущности подводным продолжением континента.

Материковая отмель играет в режиме океана исключительную роль. Глубина 200 м является почти что пределом проникновения размывающего и перемешивающего влияния морских волн и ветровых морских течений. Эта глубина является почти что пределом распространения на глубину зимнего перемешивания океана, вызываемого тем, что поверхностные частицы воды, соприкасаясь с холодным воздухом, охлаждаются, становятся тяжелее и опускаются до известной глубины. На их место поднимаются новые глубинные, более теплые и легкие частицы, для того чтобы в свою очередь охладиться и опуститься. Благодаря такому перемешиванию на мелководьях придонные слои непрерывно освежаются кислородом, поступающим из верхних слоев океана. С другой стороны, в поверхностные слои непрерывно выносятся питательные соли, потребляемые в этих слоях океана морскими организмами при их росте и выделяемые обратно в воду при распаде упавших на дно моря мертвых организмов. Таким образом, благодаря перемешиванию, придонные слои мелководных морей все время вентилируются, а вся толща воды удобряется питательными солями. Так как глубина 200 м в то же время является почти что пределом проникновения солнечных лучей, необходимых для развития растительных организмов, являющихся первоисточником пищи для всех морских организмов, то естественно, что на материковой отмели создаются весьма благоприятные условия для органической жизни в море. Так, в океане, где материковая отмель широка и занимает большие пространства, находятся основные районы рыболовства.

Часть гипсографической кривой, от глубины 200 м до глубины 2440 м, называется материковым склоном. Материковый склон занимает площадь около 11% от поверхности мирового океана. Он отличается от материковой отмели большими уклонами морского дна, достигающими в некоторых районах до 41° (Бискайский залив).

Кривая от глубины 2440 м до глубины 6000 м называется ложем мирового океана и занимает 78% его площади.

Ниже 6000 м расположены океанические впадины, занимающие всего 3% поверхности океана. Они расположены вблизи гористых берегов материков, и в непосредственной близости к ним находятся главнейшие очаги вулканической деятельности и землетрясений на земле.

Давно было известно, что окраинные моря Европы и Азии — Баренцово, Карское, Лаптевых, Восточносибирское и Чукотское — являются мелкими морями, расположенными на материковой отмели. На севере этой отмели были известны такие архипелаги, как Шпицберген (открыт Баренцом в 1596 г.), Земля Франца-Иосифа (открыта Вайпрехтом и Пайером в 1873 г.), Северная Земля (открыта Вилькицким в 1913 г.), Ляховские острова (открыты Пермьяковым и Вагиным в 1711—1712 гг.), о. Врангеля (открыт Лонгом в 1867 г.) и т. д., но что представляла собой центральная часть Северного Ледовитого океана, — до экспедиции Нансена было совершенно неизвестно. А это было чрезвычайно важно: если в центре Арктики расположено мелкое море, значит здесь всегда возможно наличие архипелагов и отдельных островов континентального происхождения; если же в центре Арктики находится глубокое море, то здесь можно встретить только или продолжение уже известных материков, или же острова вулканического происхождения.

Одним из важнейших результатов экспедиции Нансена¹ как раз и было то, что она установила, что центральная часть Северного Ледовитого океана является глубоким морем с глубинами более 3000 м (наибольшая глубина, измеренная Нансеном, 3850 м, находится приблизительно на $80^\circ 50'$ с. ш. и на меридиане устья реки Лены). Попутно в двух местах — к северо-западу от Новосибирских островов и к северо-за-

¹ Как известно, сам Нансен не предполагал, что во время своего дрейфа он встретит глубины свыше 500 метров, и поэтому не взял с собой проволоки достаточной длины. Уже во время самого дрейфа ему пришлось изготовлять такую проволоку, разматывая обычные судовые стальные тросы.

паду от Шпицбергена — Нансену удалось определить внешний край европейско-азиатской материковой отмели.

С тех пор перед исследователями полярных стран встали две основные задачи: измерение достаточного числа глубин в центральной части Арктики и определение внешнего края материковой отмели как у американского, так и у европейско-азиатского (Евразийского) континентов.

На прилагаемой карте показан рельеф Северного Ледовитого океана и нанесены основные глубоководные его промеры.

Кроме измерений Нансена, довольно много измерений глубин было сделано Стефанссоном в море Бофора, расположенном к северу от Аляски. Наибольшая глубина (4684 м) оказалась здесь приблизительно на 72° с. ш. и 147° з. д. Благодаря работам экспедиции Стефанссона (1914—1917) внешний край материковой отмели был прослежен от мыса Барроу до острова Патрика.

Пири во время своих экспедиций к Северному полюсу также сделал несколько измерений глубин. Но его попытки измерить глубину приблизительно у 87° с. ш. и у самого Северного полюса не удались.

Для центральной части Арктики были известны еще две глубины. Первая — 3750 м, найденная Амундсеном во время его вынужденной посадки на лед в 1925 г. на $87^{\circ}43'$ с. ш. и $10^{\circ}21'$ з. д., и вторая 5440 м, приблизительно на $77^{\circ}46'$ с. ш. и 175° з. д., измеренная Уилкинсом с помощью эхо-лота.¹ Последняя глубина является наибольшей из всех глубин, до сих пор измеренных в Северном Ледовитом океане.

Что касается определения границы евразийской материковой отмели, то здесь, кроме уже упоминавшихся промеров Нансена, надо отметить глубины, измеренные экспедицией Брусилова во время дрейфа вдоль восточных побережий Земли Франца-Иосифа в 1912—1914 гг. Экспедиция на л/п «Садко» в 1935 г. подробно обследовала северную часть Карского моря и на $82^{\circ}42'$ с. ш. и $87^{\circ}04'$ в. д. измерила глубину в 2365 м.

Вот и все, что было известно до работ станции «Северный полюс» о рельефе центральной части Арктики.

Как уже указывалось, зимовщиками за время дрейфа было сделано 33 промера, из них 14 на глубинах более 3000 м, т. е. больше, чем сделано за три года экспедицией Нансена.

¹ Эхо-лот — прибор, служащий для измерения глубин по промежутку времени между подачей сигнала и его приемом, после того как сигнал, отразившись от дна, как эхо, дойдет до приемника.

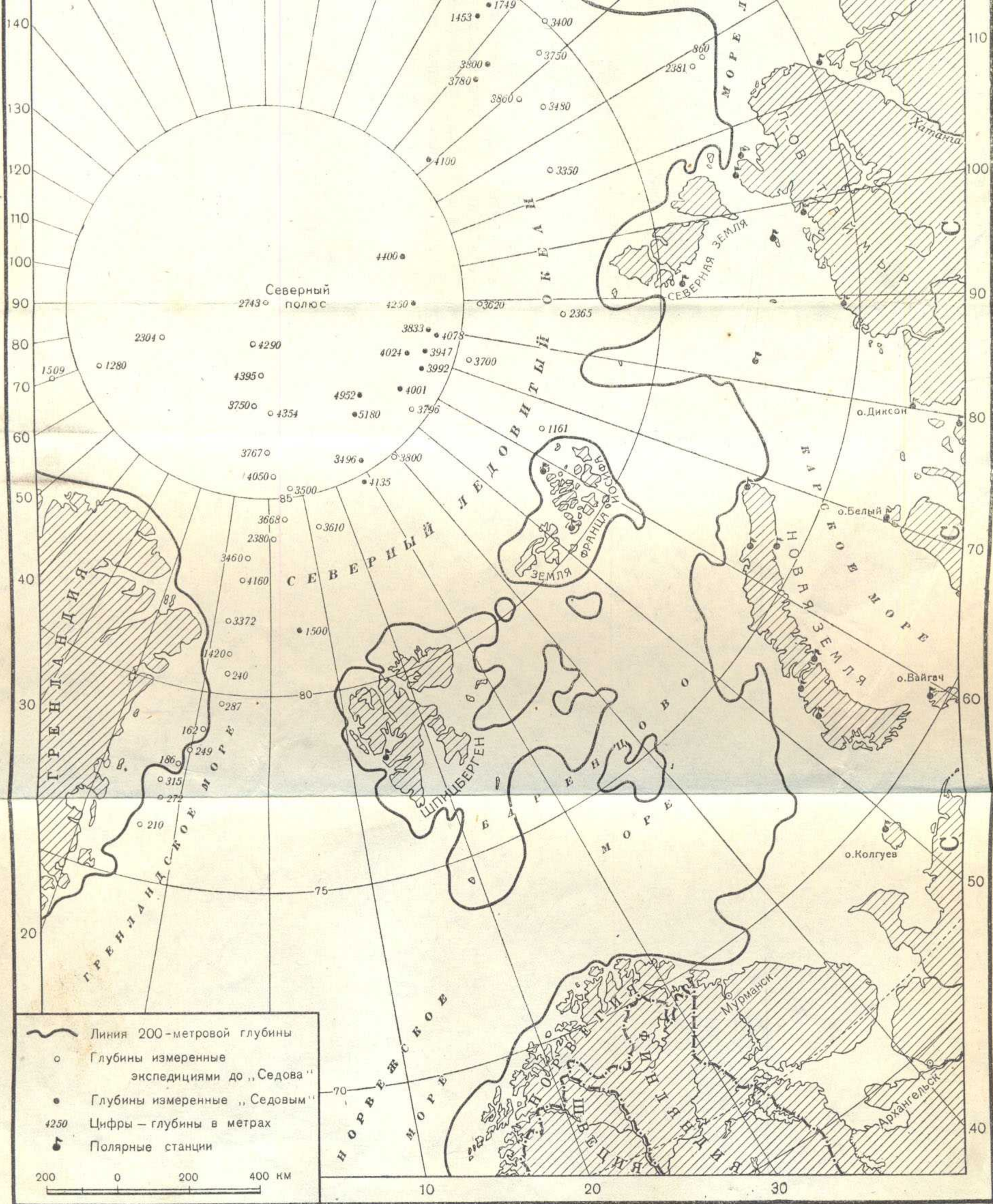
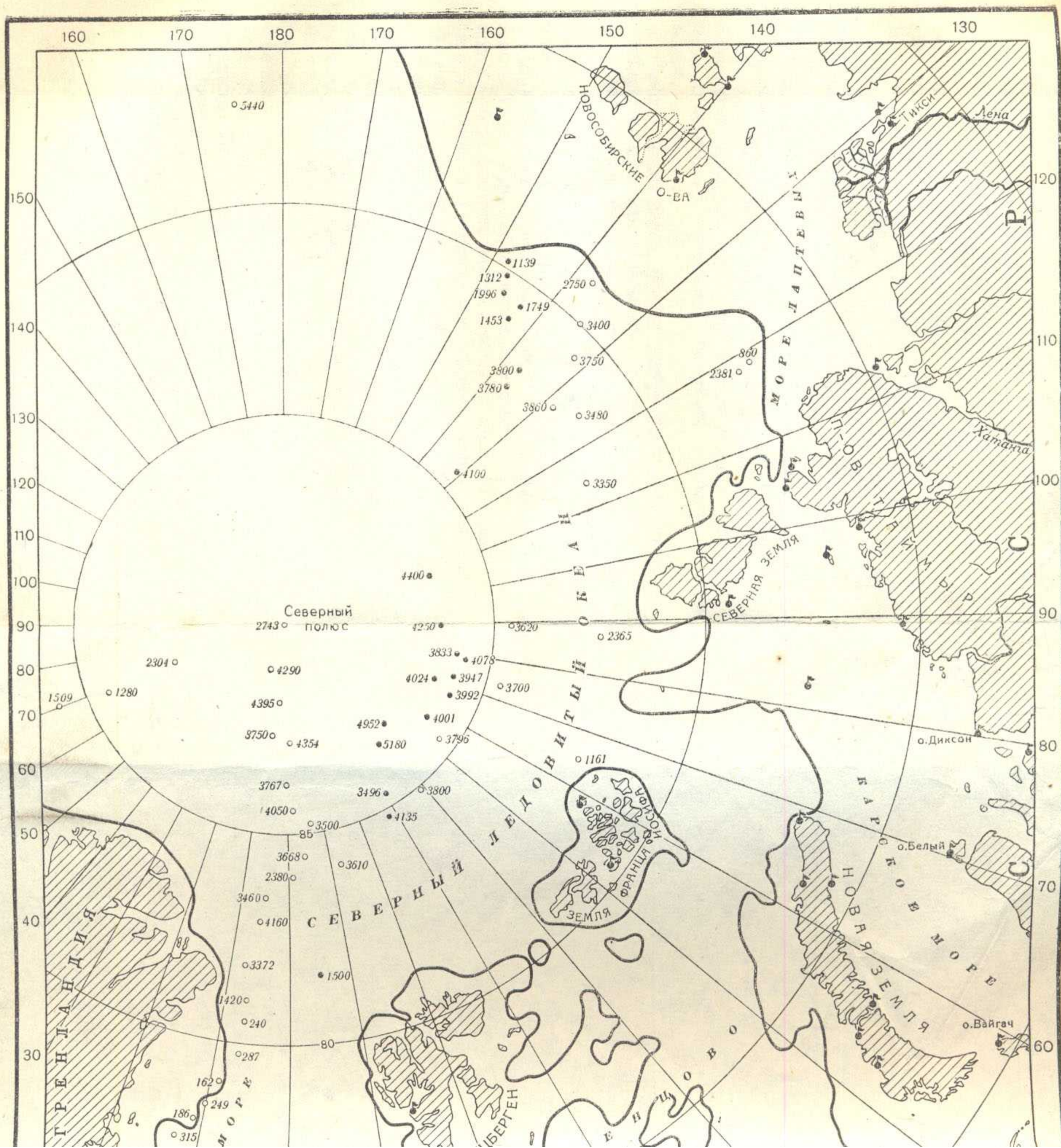


Рис. 11. Глубины Северного Ледовитого океана.



На $88^{\circ}54'$ с. ш. и 21° з. д. станцией «Северный полюс» была получена глубина в 4290 м. В дальнейшем глубины более 4000 м продолжались вплоть до $85^{\circ}33'$ с. ш. и 1° в. д. После этого глубины начали уменьшаться. На $83^{\circ}56'$ с. ш. и $0^{\circ}47'$ в. д. глубина уменьшилась до 2380 м. Но неожиданно глубины опять начали увеличиваться до глубин свыше 4000 м. Так, на $81^{\circ}53'$ с. ш. и 6° з. д. был вытравлен весь измерительный тросик, а именно 4160 м, и все-таки дна достать не удалось. Такая глубина в точке, расположенной всего в 70 км от Северо-восточного мыса Гренландии, явилась весьма неожиданной. Предполагалось, что здесь расположена материковая отмель.

После того как, дрейфуя к югу, станция «Северный полюс» пересекла 81 параллель, она оказалась на гренландской материковой отмели. Здесь измерения глубин также представили большой интерес, так как никто в этом районе Гренландского моря севернее 78 параллели измерений глубины не производил.

Нансен предполагал, что от северо-восточной оконечности Гренландии к северо-западному побережью Шпицбергена тянется подводная возвышенность (порог Нансена), с глубинами только в средней, узкой части более 1000 м. В результате работ станции «Северный полюс» установлено, что пролив между Гренландией и Шпицбергом глубже и что его глубокая часть значительно шире, чем это предполагалось Нансеном. Таким образом, в результате работ станции «Северный полюс» надо считать, что центральная часть Северного Ледовитого океана и Гренландское море в значительно большей степени связаны друг с другом, чем это считалось раньше.

Еще до экспедиции папанинцев высказывались соображения о том, что южной границей Северного Ледовитого океана надо считать подводную возвышенность с расположенными на ней Исландией, Фарерскими и Шетландскими островами, тянущуюся от Гренландии к Европе. Эта точка зрения подтверждается теперь измерениями глубин, сделанными папанинцами. Как увидим ниже, и другие их наблюдения также говорят в пользу этого предположения.

В 1937 г. наши сведения о рельефе дна центральной части Северного Ледовитого океана пополнились измерениями глубин, произведенными в море Лаптевых л/п «Садко».

На пути от $77^{\circ}23'$ с. ш. и $118^{\circ}41'$ в. д. до $77^{\circ}34'$ с. ш. и $118^{\circ}28'$ в. д. были получены следующие характерные глубины: 860 м, 1414 м, 1542 м и 2381 м.

Эти измерения показали, что в море Лаптевых с севера

входит язык больших глубин, определяющих режим восточной части этого моря.

Еще больший интерес представляют измерения глубин, произведенные во время дрейфа «Седова».

До тех пор, пока «Седов» дрейфовал к югу от $79^{\circ}49'$ параллели приблизительно у 150° в. д., измеренные глубины не превышали 200 м, и, следовательно, до этого времени «Седов» находился на материковой отмели. Севернее широты $79^{\circ}50'$ глубины колебались в пределах 1000—2000 м вплоть до широты $81^{\circ}47'$ и $135^{\circ}34'$ в. д., где глубина сразу увеличилась до 3800 м.

В дальнейшем к северу от Земли Франца-Иосифа седовцы неожиданно обнаружили большие глубины. Так, на $86^{\circ}26',6$ с. ш. и $39^{\circ}25'$ в. д. они не достали до дна, несмотря на то, что выпустили больше 5180 м лотлиния.

Следует напомнить, что наибольшая глубина, измеренная Нансеном, была равна 3850 м, а наибольшая глубина, измеренная станцией «Северный полюс», — 4395 м. Во всем Северном Ледовитом океане сейчас известна только одна точка, где глубина превышает найденную седовцами. Это глубина в 5440 м, обнаруженная Губертом Уилкинсом.

Весьма интересны глубины, обнаруженные «Седовым» на последнем этапе его дрейфа — перед самым входом в Гренландское море — на подводном пороге Нансена. Его восточная часть была обследована в 1935 г. экспедицией на «Садко», а западная — станцией «Северный полюс». «Седов» пересек подводный порог Нансена в его средней части и на $81^{\circ}34'$ с. ш. и $4^{\circ}40'$ в. д. отметил глубину в 1500 м. Этим окончательно устанавливается наличие порога.

Попутно с измерениями глубин во время дрейфа «Седова» были разрешены две географические задачи: окончательно уничтожена легенда о «Земле Санникова» и установлена северо-восточная граница моря Лаптевых.

В 1811 году Яков Санников, уполномоченный купца Ляхова, с северного берега острова Котельного «увидел» высокую «Землю», старался к ней подойти по льду, но путь преградила большая полынья. По словам Санникова, ему оставалось всего около 25 километров до «этой Земли»... С тех пор таинственная «Земля Санникова» тревожила воображение многих полярных путешественников и исследователей.

Известный русский полярный путешественник Толль в 1885 году будто бы видел эту «Землю» с Новосибирских островов.

«При рассказе о виденной мною в 1886 году «Санниковой

земле» на север от острова Котельный, — рассказывал Толль, — мой проводник Джергели, семь раз проводивший лето на островах и видевший несколько лет под ряд загадочную землю, на вопрос мой: «Хочешь ли достигнуть этой дальней цели?» — дал мне следующий ответ: «Раз наступить и умереть».

При своем вторичном посещении Новосибирских островов в 1894 г. Толль опять «заметил» на севере какую-то «Землю», даже различил на ней четыре высоких горы, зарисовал их контуры и определил, что «Земля» находится на северо-восток в $14-18^\circ$ от северной оконечности острова Котельного.

Первым судном, побывавшим в районе к северу от Новосибирских островов, был «Фрам». Почти всю зиму 1893/94 г. «Фрам» провел между 130° и 140° в. д. и 79° и 81° с. ш., но никакой «Земли» не обнаружил. Однако «Фрам» не заносило восточнее меридиана острова Котельного, и потому после дрейфа экспедиции Нансена вопрос о «Земле Санникова» остался открытым.

Одной из задач русской полярной экспедиции на судне «Заря» под начальством того же Толля (1900—1903 гг.) было отыскание «Земли Санникова». Не обнаружив ее на своем пути к острову Беннета, Толль решил возвратиться к точке, в которой, по его предшествовавшим наблюдениям, должна была находиться эта «Земля». Он хотел еще раз разглядеть ее.

14 сентября «Заря» в густом тумане дошла до $77^\circ 32'$ с. ш. и $142^\circ 17'$ в. д., но «Земли Санникова» не обнаружила. Надвигавшиеся льды заставили «Зарю» прекратить поиски и повернуть на юг. В следующем году, после неудачных попыток пробраться к северу от Новосибирских островов, «Заря» вернулась в бухту Тикси.

В 1913—1914 гг. попытки отыскания «Земли Санникова» были предприняты ледокольными пароходами «Таймыр» и «Вайгач». Район предполагаемой «Земли» в 1913 г. был пересечен дважды. В конце августа 1914 г. «Вайгач» и «Таймыр» поднялись к острову Вилькицкого, который был открыт ими за год до этого. К северу от него «Вайгач» открыл еще один остров, названный островом Жохова. Затем оба корабля прошли к северу от Новосибирских островов, безуспешно стараясь все же увидеть «Землю Санникова». Напрасно — «Земли» не было.

Спустя десять лет к северу от Новосибирских островов дрейфовало судно «Мод» норвежской полярной экспедиции.

Во время всех этих плаваний и дрейфов «Земля Санникова» также обнаружена не была. Не удалось, однако, дока-

зять и обратного — что «Земля» не существует. Действительно, ни одному из этих судов (кроме «Фрама») не пришлось в районе к северу от Новосибирских островов выйти на большие глубины Северного Ледовитого океана. Материковая отмель попрежнему оставалась недостаточно подробно обследованной. Можно было ожидать открытия здесь островов континентального происхождения.

Вот почему экспедиции на ледокольном пароходе «Садко» в 1937 г. наряду с другими заданиями было поручено отыскание «Земли Санникова». «Садко» поднялся на север по меридиану острова Котельного. У 78 параллели тяжелые льды заставили судно повернуть на восток. Следуя этим курсом, «Садко» дошел примерно до меридиана острова Беннета. После этого им была установлена на острове Генриетты метеорологическая станция.

«Садко» прошел севернее других судов; однако выйти за пределы материковой отмели не удалось и ему.

Дрейфом «Седова» район предполагаемой «Земли» был пересечен дважды: один раз с запада на восток, приблизительно по 78 параллели, и другой раз — с юго-востока на северо-запад. Следует заметить, что пути и дрейфы судов, в этом числе и «Седова», пересекали район приблизительно в широтном направлении. Зато полеты воздушной экспедиции Героя Советского Союза А. Д. Алексеева, снявшей большинство людей с ледокольных пароходов «Садко», «Малыгин» и «Седов», пересекли этот район примерно по меридиональному направлению. Полеты производились от северной оконечности острова Котельного до дрейфующего каравана при хорошей видимости.

По этому же району прошли рейсы ледоколов «Ермак» и «Иосиф Сталин», когда они направлялись к дрейфующим судам. Оба эти корабля также никакой «Земли Санникова» не обнаружили.

Всеми этими плаваниями, дрейфами и полетами легенда о «Земле Санникова», существовавшая свыше 125 лет и служившая богатой темой для научной и художественной литературы, окончательно развеяна.

Море Лаптевых, как уже указывалось, с физико-географической точки зрения является лишь заливом Северного Ледовитого океана. Поэтому его северная граница весьма условна. За такую границу, согласно постановлению правительства, принята дуга большого круга, соединяющая мыс Молотова (северный мыс Северной Земли) с точкой пересечения мери-

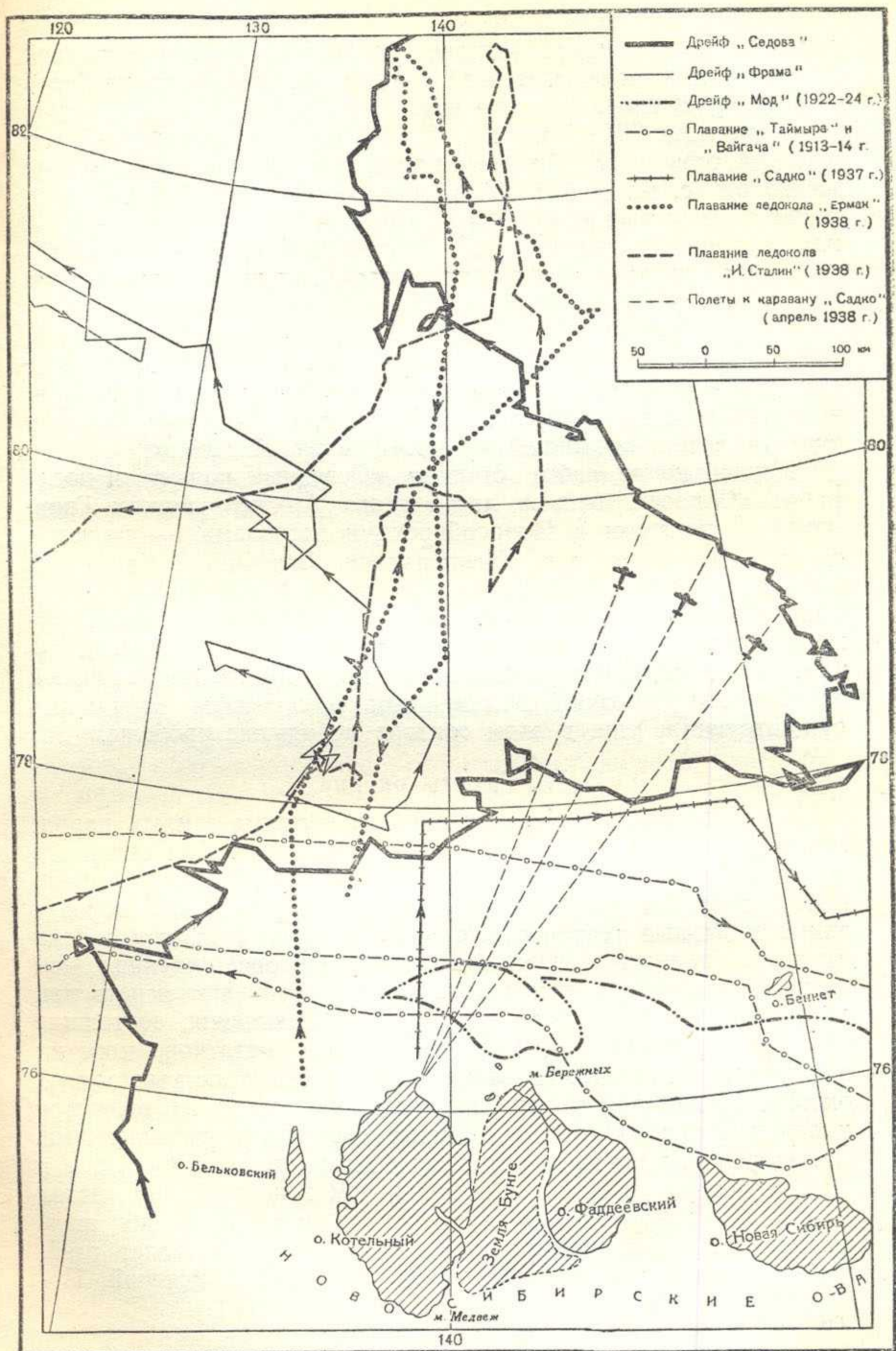


Рис. 12. Дрейф судов, плавания ледоколов и полеты к каравану „Садко“.

диана северного мыса острова Котельного (139° восточной долготы) и края материковой отмели (200-метровая изобата).

Дрейф «Седова» от его начала и до точки, определяемой координатами $79^{\circ}37'$ с. ш. и $149^{\circ}58'$ в. д., проходил по материковой отмели. Глубина не превышала 200 м. Однако уже на $79^{\circ}52'$ с. ш. и $148^{\circ}02'$ в. д. «Седов» оказался над глубинами, превышавшими 1000 м, а с $81^{\circ}47'$ с. ш. и $136^{\circ}34'$ в. д. над глубинами значительно больше 3000 м. Такие глубины являются характерными для глубокого ложа центральной части Арктического бассейна.

Область, лежащая к северу от Новосибирских островов, теперь испещрена промерами. Представляется наиболее вероятным, что материковая отмель на меридиане острова Котельного (139° в. д.) кончается на $78^{\circ}30'$ с. ш. Эту точку и надо считать северо-восточной границей моря Лаптевых.

Теперь, после работ станции «Северный полюс» и после работ «Седова», рельеф дна сектора Арктики между Гренландией, полюсом и Новосибирскими островами, — включая сюда такие моря, как Гренландское, Баренцово, Карское и Лаптевых, — надо считать достаточно изученным. Остается только точно определить северную границу материковой отмели между Шпицбергом и Землей Франца-Иосифа, к северу от Земли Франца-Иосифа и мыса Молотова (северной оконечности Северной Земли), для того чтобы восполнить существующие еще в этом секторе небольшие пробелы.

3. Грунты океана

Реки непрерывно выносят в океан частицы земных пород, размытых и раздробленных ими на своем пути. Сам океан все время разрушает свои берега. Продукты разрушения суши реками и морем отлагаются в океане вблизи берегов, образуя так называемые терригенные донные отложения, или, иными словами, донные отложения земного происхождения. Чем дальше от берегов, тем большую роль начинают играть так называемые пелагические или морские отложения, состоящие из плохо растворимых в морской воде остатков морских организмов, живших и умерших в поверхностных слоях океана. Понятно, что терригенные отложения не являются чисто неорганическими, а пелагические чисто органическими. В прибрежных водах органическая жизнь развита и в воде и на дне в гораздо большей степени, чем в центральных частях океана. В открытые части океана ветрами заносится пыль пустынь и вулканических извержений. Это составляет главный источник минеральных частей морских отложений. По-

этому разделение донных отложений на терригенные и пелагические является более или менее условным, как условным является и деление отложений на мелководные, преобладающие на глубинах менее 200 м, и на глубоководные, находящиеся на глубинах более 200 м. Глубину 200 м иногда называют линией илов, так как ниже этой линии пески и более крупные составные части, как правило, отсутствуют.¹

В основу классификации мелководных отложений обычно кладется деление грунтов по крупности составляющих частей, по их виду и окраске (механический анализ); в основу классификации глубоководных отложений кладутся химикомикроскопический анализ и окраска. Таблица 4 дает понятие о классификации морских донных отложений (см. стр. 108).

Кроме этих основных донных отложений, в океане встречаются грунты и донные покровы органического и иного происхождения, например: ракушка, конкреции, губки, кораллы, трава, тина, водоросли, литотамнии и т. д.

В Северном Ледовитом океане встречаются илы: синий (или серый), красный, глобигериновый и диатомовый.

Синий или серый ил встречается в открытом океане вдоль континентов и повсюду во внутренних морях на глубинах до 5000 м, а в среднем до 3000 м. Свое название этот ил получил по своей окраске синего или аспидного цвета, объясняемого присутствием сернистого железа. Сверху этот ил обычно прикрыт тонким слоем красного или коричневого оттенка, вызываемого присутствием окиси железа.

Красный ил — разновидность синего, назван так по своему краснокирпичному цвету, обязанному своим происхождением присутствию в иле окиси железа.

Зеленый цвет ила объясняется присутствием в иле минерала глауконит. Встречается зеленый ил у берегов Японии, Америки, особенно на стыке теплых и холодных морских течений.

Глобигериновый ил желто-бурой или сероватой окраски получил свое название от преобладания в нем глобигерин — крошечных известковых организмов — корненожек. Глобигериновый ил встречается в теплых морях, а в умеренных и высоких широтах — под теплыми течениями. Так, например, путь Гольфстрима и его продолжений в Северной Атлантике отмечается глобигериновыми илами.

Диатомовый ил — соломенножелтого цвета — создается

¹ 7 октября 1936 г. пароход «Минск» у берегов Сицилии был засыпан песком, занесенным сюда с африканского побережья. Подсчитано, что на Новую Зеландию ежегодно приносится ветрами до 50 000 тонн австралийского песка.

Таблица 4

Классификация донных отложений

Отложения	Названия	Диаметр (в мм)	Площадь океана (в %), занимаемая отложе- ниями	Примечание
Прибрежные: между уровнями высокой и низкой воды	Валуны . .	100—1000	24,5	Терригеновые отложения, образующиеся в мелких и глубоких водах вблизи берегов
	Галька . .	30—100		
	Гравий . .	1—10		
	Песок . .	0,3—1,0		
Мелководные: между уровнем низкой воды и кромкой матери- ковой отмели (200 м)	Гравий . .	1—10	24,5	
	Песок . .	0,3—1,0		
	Ил	0,001—0,3		
Глубоководные (от 200 до 5000 м)	Глины и илы: синий, красный, зеленый	0,001—0,3 0,001	29,2 0,4 6,4 3,4 36,1	Пелагические отложения, образующиеся вдали от бере- гов
	Илы: глобигери- новый . .			
	птероподо- вый			
	диатомо- вый			
	радиоля- риевый . .			
	Красная глина . .			
Глубинные: глубже 5000 м				

кремневыми оболочками микроскопических водорослей диатомей, встречается в дождливых районах Тихого и Индийского океанов, в арктических и в особенности в антарктических водах, где он сплошным кольцом охватывает Антарктический континент.

Донные отложения океана (за исключением красной глины) встречаются на земле в виде осадочных пород. Это доказывает, что части суши были в прошлое время покрыты

морем, но никогда и нигде наиболее глубокие части океанов не подымались над его уровнем.

Наиболее интересными в донных отложениях океана являются железо-марганцовые конкреции и явление радиоактивности морских отложений.

Железо-марганцовые конкреции встречаются как на очень больших глубинах, так и на очень малых¹ и имеют грибовидную форму.

Происхождение конкреций объясняется деятельностью бактерий, окисляющих двууглекислое железо морской воды в водную окись железа. Таким образом, в результате деятельности бактерий на дне океана идет непрерывное разрушение горных пород, напоминающее разрушение пород на суше ветром (выветривание).

Замечательным свойством донных отложений океана является их высокая радиоактивность. Она в 5—10 раз больше, чем в изверженных породах, и в 10—20 раз больше, чем в осадочных породах, образовавшихся некогда на дне океана. Большая концентрация радия наблюдается и в железо-марганцовых конкрециях.² Чем объясняется высокая радиоактивность морских донных отложений, пока еще не вполне ясно.³

Радий обладает способностью постепенно превращаться в другие радиоактивные элементы, атомный вес которых последовательно становится все меньше и меньше.⁴

Постепенные превращения радия и, как следствие, уменьшение его содержания позволили проф. Курбатову сделать попытку определить «возраст» конкреций, найденных в Карском море: оказалось, что возраст конкреции радиусом примерно 32 мм — около 5500 лет.

Первые исследования глубоководных донных отложений центральной части Северного Ледовитого океана принадлежат

¹ Например, в Копорской и Лужской губах Финского залива, где глубины порядка 10—25 м и где конкреции носят названия изгари.

² Подсчитано, что в мировом океане содержится около 20 000 тонн радия (а других радиоактивных элементов еще больше). Благодаря поразительному свойству радия выделять энергию (1 г радия дает в час около 130 миллионов калорий), в самом океане и в особенности на дне его сосредоточены огромные запасы энергии. На основании этого высказываются предположения, что наблюдающееся повсеместно в глубоких впадинах океана повышение температуры воды по направлению к дну отчасти объясняется высоким содержанием радия в донных отложениях.

³ Возможно, что в этом, также как и в образовании железо-марганцовых конкреций, играют роль бактериальные процессы.

⁴ Конечным продуктом распада радия является свинец.

экспедиции на подводной лодке «Наутилус», собравшей несколько образцов грунта на больших глубинах у северо-западного побережья Шпицбергена. Такие же исследования были произведены экспедицией на «Садко» в 1935 г. в районе к северу от Карского моря.

Значительные сборы были сделаны экспедицией папанинцев. Пробы грунта, взятые на наиболее северных станциях на глубинах не менее 3767 м, представлены илами: коричневым, серым и песчанистым — коричневым или розовым.

Механический анализ этих илов показал следующее содержание частиц в процентах:

Механический состав илов

Таблица 5

Цвет ила	Размеры частиц в мм			
	1,0—0,1 ¹	0,1—0,05	0,05—0,01	< 0,01
Коричневый	1,1—1,7	21,3—28,1	22,6—33,1	40,9—50,9
Серый	Следы	6,8—9,7	41,5—52,8	40,9—48,8
Песчанистый	1,3—12,0	29,0—34,3	31,6—42,2	22,1—21,9

В распределении ила были подмечены следующие особенности. Пологое дно глубокой котловины между 89° и 86° с. ш. покрыто двумя слоями ила: верхним коричневым и нижним серым. Дно океана, неровно подымающееся к югу от 86° с. ш., покрыто песчанистым илом, количество которого увеличивается по мере приближения к «проливу папанинцев». Таким образом, здесь отчетливо заметно увеличение числа корненожек, что Ширшов связывает с увеличением мощности Атлантического океана в более южных районах.

«Седов» во время своего дрейфа почти при каждом измерении глубины также доставал образцы грунта. Несомненно, что результаты окончательной обработки образцов, собранных экспедициями папанинцев и седовцев, представляют большой интерес.

4. Земля как магнит

По многим признакам земной шар представляет собой огромный магнит, создающий вокруг Земли естественное магнитное поле. Это магнитное поле проявляется главным

¹ Частицы размерами 1,0—0,1 мм представляют собой почти исключительно известковые корненожки.

образом и наиболее заметно своим влиянием на магнитную стрелку. Это явление имеет громадное значение для мореплавания, и, повидимому, китайцы были первыми, которые использовали это свойство магнитной стрелки для нужд кораблевождения.

Но магнитное поле Земли, кроме того, намагничивает железо, сталь и некоторые горные породы. Намагничивание стали и железа несколько осложняет плавание по морю, так как намагниченные земным магнетизмом железные части кораблей искажают показания магнитного компаса; намагничивание горных пород, наоборот, полезно, так как это позволяет использовать показания магнитной стрелки для геологических разведок на известные породы.

Магнитное поле Земли характеризуется в каждой ее точке, во-первых, величиной напряжения, которое разлагается на горизонтальную и вертикальную составляющие силы земного магнетизма, во-вторых — магнитным склонением, под которым подразумевается угол между направлением географического меридиана и направлением магнитной стрелки, и, в-третьих, наклонением, под которым подразумевается угол между направлением магнитной стрелки и горизонтальной плоскостью.

Распределение элементов земного магнетизма по земной поверхности представляет очень большой практический интерес. Поэтому для изучения земного магнетизма устраиваются специальные обсерватории, где ведется постоянное наблюдение за изменениями этих элементов во времени и, кроме того, производятся так называемые магнитные съемки, задачей которых является определение элементов земного магнетизма в достаточно близко расположенных друг от друга точках земной поверхности.

Наша страна до революции в этом отношении была одной из наиболее отсталых стран. Только на 1912 г. было намечено производство генеральной магнитной съемки всей страны. Однако это мероприятие было осуществлено только при советской власти. Сейчас имеются точные магнитные карты всей территории Советского Союза.

На магнитных картах нанесены линии равного магнитного склонения — изогоны, линии равного магнитного наклонения — изоклины, и, наконец, линии равного напряжения земного магнетизма — изодинамы. Наибольшее практическое значение имеют карты магнитного склонения, так как они позволяют уверенно пользоваться магнитным компасом. На этих картах замечательна так называемая агоническая линия, проходящая по районам, где магнитное склонение равно

нулю, т. е. где магнитная стрелка показывает по географическому меридиану.

Из этих карт видно, что Атлантический и Индийский океаны, Африка и Западная Европа находятся в области земного шара, где склонение компаса западное. Во всей остальной части земного шара склонение восточное.

Все изогоны сходятся в двух точках земной поверхности, называемых магнитными полюсами. Магнитные меридианы, т. е. линии, по которым наблюдатель будет идти, если он будет двигаться точно по тому направлению, которое указывает магнитная стрелка, также сходятся в магнитных полюсах.

Различают также магнитный экватор, на котором магнитное наклонение равно нулю. На магнитных полюсах наклонение равно 90° и магнитная стрелка становится вертикально.

Законы изменения магнитного напряжения, в частности горизонтальной силы земного магнетизма, которая является направляющей силой для магнитной стрелки, значительно сложнее. Максимум горизонтальной составляющей силы земного магнетизма расположен у Сингапура. В общем она уменьшается по направлению к магнитным полюсам, где равна нулю.

Ближайшее рассмотрение магнитных карт показывает, что на некоторых участках земной поверхности наблюдаются искривления линий магнитного склонения, наклонения и напряжения земного магнетизма. Такие искривления называются аномалиями и иногда распространяются на большие поверхности земного шара. Причины этих аномалий пока еще недостаточно выяснены. В некоторых местах магнитные аномалии резко выражены и в большинстве случаев легко объясняются наличием в данной местности соответствующих горных пород.¹

Первое теоретическое обоснование того, что земной шар является сильным магнитом, было сделано знаменитым математиком Гауссом, который даже вычислил, где должны находиться тогда еще не открытые магнитные полюса Земли. Он считал, что южный магнитный полюс должен находиться на $73^\circ 35'$ с. ш. и $95^\circ 39'$ з. д. и северный магнитный полюс на $72^\circ 35'$ ю. ш. и $152^\circ 30'$ в. д.

Последующее точное определение положения южного и северного магнитных полюсов показало, что Гаусс не так уже

¹ В СССР наиболее известны магнитные аномалии в Кривом Роге, объясняемые залежами красного железняка, и Курская магнитная аномалия, объясняемая залежами железного кварцита.

сильно ошибался. Действительно, Амундсен во время своей знаменитой экспедиции на «Йоа» в 1903 г. определил, что южный магнитный полюс находится на $70^{\circ}30'$ с. ш. и $95^{\circ}30'$ з. д., а английская полярная экспедиция 1903 года определила, что северный магнитный полюс находится на

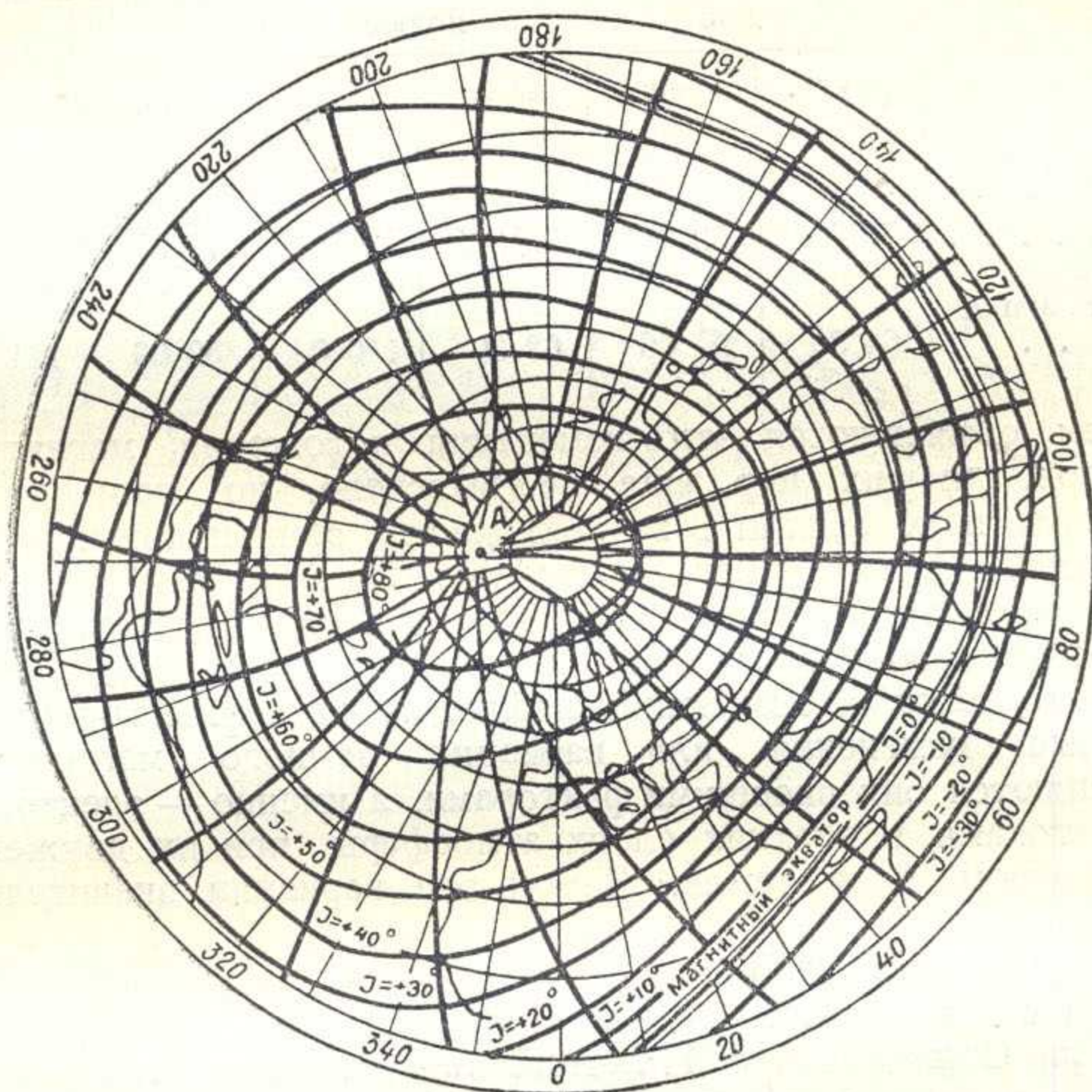


Рис. 13. Карта магнитных меридианов для эпохи 1830 г.

$72^{\circ}41'$ ю. ш. и $156^{\circ}25'$ в. д. Таким образом, магнитная ось земного шара не проходит через центр Земли.

В последующем известный магнитолог Шмидт допустил, что магнитное поле Земли создается не только массами самой Земли (или, другими словами, внутренними силами), но и некоторыми внешними силами. Отсюда создалось понятие о внутренних и внешних магнитных полюсах Земли.

В дальнейшем оказалось, что положения внутренних и внешних полюсов Земли не остаются постоянными, а изме-

няются из года в год по очень сложным законам, что видно из следующей таблицы.

Т а б л и ц а 6

Положение внутреннего и внешнего южного магнитного полюса

Координаты	1842 г.		1885 г.		1922 г.	
	полюс		полюс		полюс	
	внутр.	внешн.	внутр.	внешн.	внутр.	внешн.
Широта северная	78°40'	53°09'	78°32'	37°06'	78°31'	75°48'
Долгота западная	64 39	92 06	68 30	180 03	89 08	121 24

Чем объясняются эти изменения положения магнитных полюсов, до сих пор еще не выяснено, но, повидимому, какими-то изменениями в верхних частях земной коры.

В связи с перемещениями положения магнитных полюсов Земли происходят так называемые вековые изменения элементов земного магнетизма.

Кроме вековых изменений, наблюдаются также годовые и суточные изменения или вариации земного магнетизма. Объясняются они внешними факторами, а именно — электрическими токами в верхних слоях атмосферы при их движении в магнитном поле Земли. Зимой эти вариации значительно меньше.

Примечательно, что вариации земного магнетизма тесно связаны с деятельностью Солнца. Как известно, интенсивность пятен на Солнце имеет 11-летний период. Такой же период имеют и магнитные вариации.

Время от времени спокойные, плавные годовые и суточные колебания элементов земного магнетизма неожиданно резко нарушаются. Эти нарушения продолжаются обычно несколько часов, иногда и несколько дней и проявляются одновременно на значительном участке земной поверхности. Иногда они охватывают и весь земной шар, проявляясь в различных его частях с различной силой. Такие нарушения называются магнитными бурями. Так, например, в январе 1938 г., т. е. как раз во время дрейфа станции «Северный полюс», по всей Земле наблюдались сильные магнитные возмущения.

Наиболее часто и с наибольшей силой магнитные бури проявляются в полярных странах. В высоких широтах силь-

ные полярные сияния обычно происходят одновременно с сильными магнитными бурями.

Источником как тех, так и других является Солнце. Поверхность Солнца, особенно его пятна непрерывно посылают на Землю потоки электрических частиц. Эти частицы под влиянием магнитного поля Земли искривляют свой путь и проникают в земную атмосферу в области магнитных полюсов. Здесь они вызывают свечение разреженных газов.¹

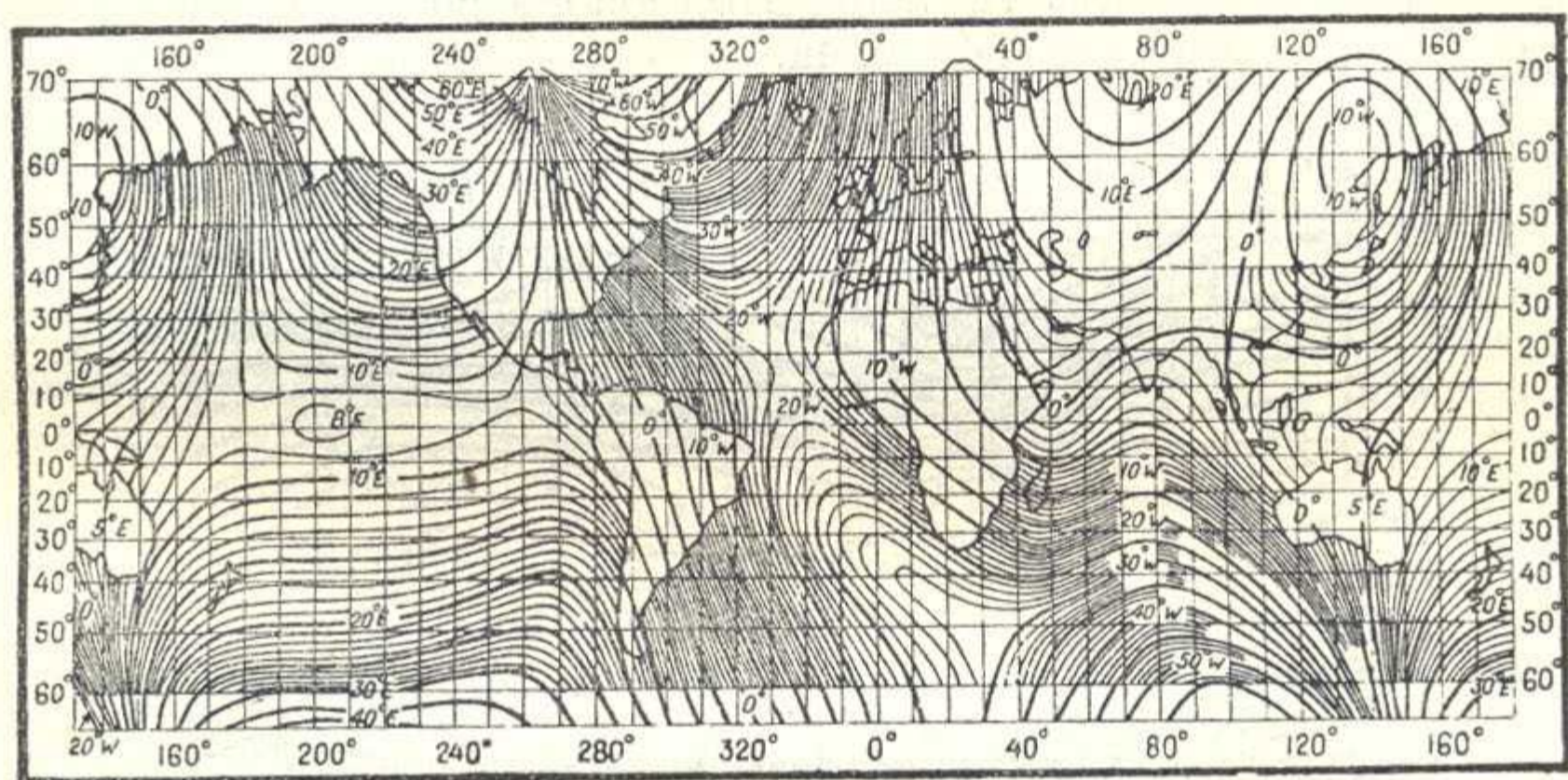


Рис. 14. Карта изогон для эпохи 1922 г.

Этот же поток электрических частиц создает дополнительное магнитное поле, которое и проявляется магнитными бурями.

Уже упоминалось, что за годы революции была сделана магнитная съемка всего СССР. Советские морские экспедиции продолжили эту магнитную съемку и на окраинных советских арктических морях. Особенно большие работы в этом отношении были проведены экспедицией на «Садко» 1935 г. Оставался незаснятым только приполюсный район Советской Арктики.

Во время дрейфа станции «Северный полюс» проводились регулярные определения элементов земного магнетизма: склонения, наклонения и горизонтальной силы. Всего было сделано 55 серий определений склонения и горизонтальной силы и 36 измерений наклонения, что после соответствующей груп-

¹ Совершенно подобное тому свечению, которое мы наблюдаем в рекламных неоновых и аргоновых трубках, украшающих витрины магазинов.

пировки наблюдений дало 27 равномерно распределенных по всему пути дрейфа магнитных пунктов.

Так как направление и величина магнитной силы в любой точке земного шара не являются постоянными и подвержены периодическим суточным колебаниям и внезапным магнитным бурям, то, чтобы не получить случайных искажений магнитных элементов, экспедиция взяла с собой особые приборы (магнитные вариометры), которые позволяют следить за колебаниями магнитного поля. Подобного рода измерения велись папанинцами до 84° с. ш.

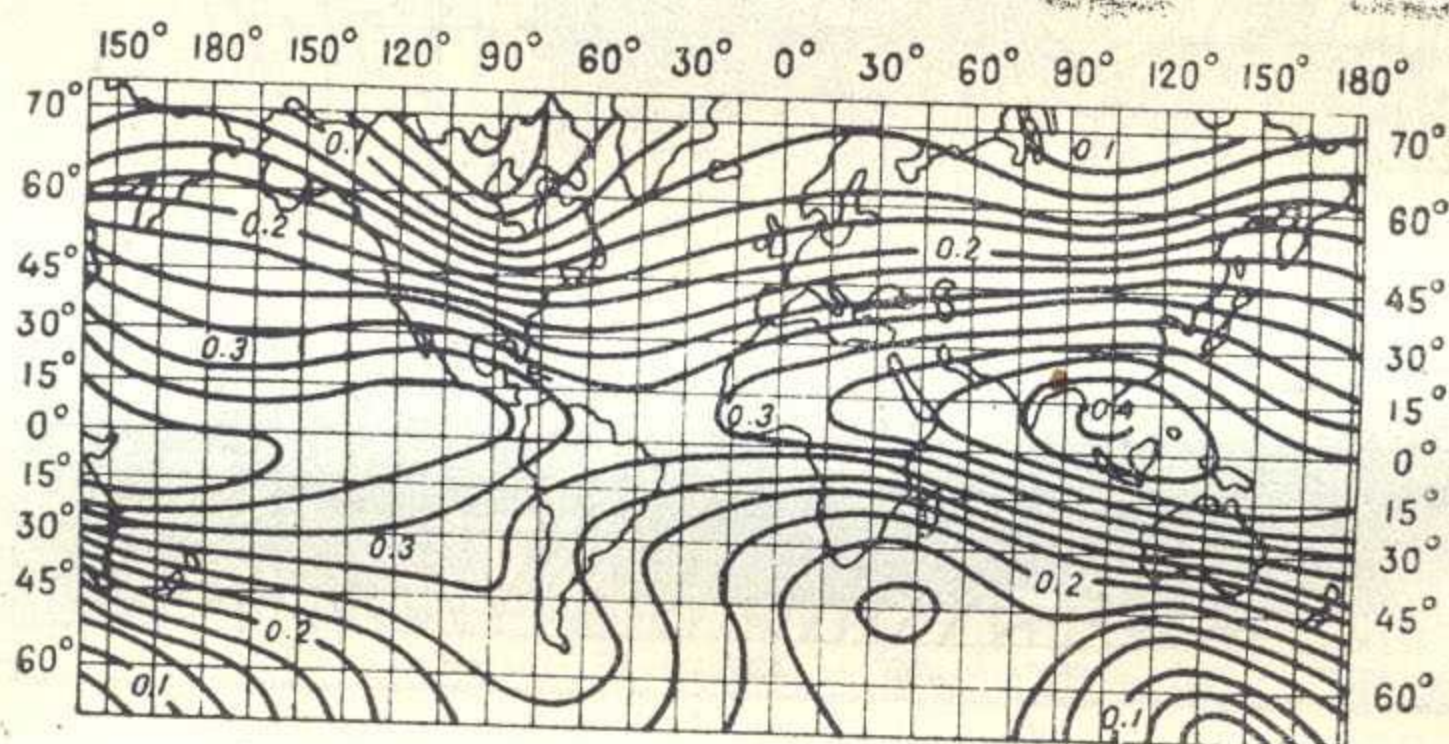


Рис. 15. Изодинамы H для эпохи 1922 г.

Эти наблюдения показали, что на всем протяжении дрейфа сколько-нибудь значительных магнитных аномалий нет. Что касается магнитного склонения, то оно только у самого полюса разошлось от предполагавшегося теоретически на 12° ; южнее оно приближалось к теоретическому. Горизонтальная составляющая силы земного магнетизма и магнитное наклонение были близки к теоретическим на всем пути дрейфа.

Суточные серии наблюдений по вариометру показали, что в спокойные в магнитном отношении дни склонение за сутки менялось в пределах до 2° , в беспокойные дни доходило до 10° .

Тщательные магнитные наблюдения теми же приборами и по той же методике производились и на дрейфующем «Седове». Всего таких наблюдений было сделано 78 и, кроме того, было проведено 11 серийных наблюдений. Наиболее замечательна магнитная буря, отмеченная 17 апреля 1939 г. на $86^{\circ}16'$ с. ш. и $87^{\circ}50'$ в. д., когда амплитуда колебаний магнитной стрелки за сутки менялась до $52^{\circ}16'$, в то время как

на мысе Челюскина то же явление доходило до 13—14°. Не приходится, конечно, указывать на исключительную ценность наблюдений седовцев, тем более что после сравнения этих наблюдений с магнитными наблюдениями, произведенными во время экспедиции Нансена, мы впервые получим возможность говорить о вековом ходе магнитных элементов в Центральной Арктике.

Помимо чисто теоретического интереса, эти наблюдения имеют очень большое практическое значение.

В результате этих работ мы впервые получаем возможность построить магнитные карты, основанные на непосредственных наблюдениях, для громадного сектора Арктики между Гренландией, Северным полюсом и Новосибирскими островами.

Самолеты, пересекающие Арктику, после работ станции «Северный полюс» и «Седова» будут с гораздо большей уверенностью пользоваться магнитным компасом, чем они могли делать это до сих пор.

5. Полярные сияния

Полярные сияния принадлежат к числу таких явлений природы, которыми человек никогда не устает любоваться. Необычайная причудливость форм и оттенков, постоянная изменчивость и неожиданность появления полярного сияния в различных частях небосвода невольно привлекают внимание.

Весьма красочное описание полярных сияний дает Вай-прехт:

«Там, на юге, около самого горизонта, видна бледная световая дуга. Кажется, что она представляет верхнюю границу темного сегмента. Но звезды, выглядывающие оттуда с одинаковой яркостью, убеждают нас, что темнота этого сегмента только кажущаяся и вызвана она световым контрастом. Медленно возрастает яркость дуги, и медленно поднимается она к зениту. Дуга совершенно равномерна, оба конца ее почти касаются горизонта и все больше отходят к востоку и к западу, чем выше дуга поднимается. Лучей в ней не видно. Она состоит целиком из довольно однообразной световой материи восхитительной нежной окраски. Цвет этот — белый и прозрачный с легким зеленоватым оттенком. Он напоминает беловато-зеленую окраску молодого растеньица, произросшего в темноте, без солнечных лучей. Свет луны кажется желтым рядом с этим нежным, приятным для глаза оттенком, который нельзя описать словами.

Дуга стала широкой. Она, пожалуй, втрое шире радуги, а ее гораздо резче очерченные края ярко выделяются на темном фоне арктического ночного неба. Все выше поднимается она, и во всем явлении чувствуется какое-то классическое спокойствие. Лишь изредка поднимается волна света и медленно прокатывается от одного края к другому. Становится светлее, и среди льдов показываются отдельные группы ледяных скал.

Дуга далеко еще не достигла зенита, как начинается отщепление от нее ряда меньших дуг, уходящих внутрь темного сегмента на юге. Все дуги растут и поднимаются все выше. Первая уже перешла через зенит и начинает медленно склоняться к северу, теряя при этом яркость. Весь небосвод оказывается пересеченным световыми дугами. Их семь, но яркость их при этом не велика. Чем ниже склоняются дуги к северу, тем бледнее они становятся и в конце концов совсем исчезают. Но часто они возвращаются через зенит и гаснут там, откуда они пришли.

Такое спокойное и равномерное развитие северного сияния случается, однако, не часто.

В большинстве случаев полукруглый темный сегмент вообще не существует. С какой-нибудь из сторон горизонта появляется легкое облачко. Верхние края его освещены, и отсюда выходит светлая лента, которая распространяется все дальше, становится ярче и поднимается к зениту. Цвет ленты тот же, что и дуги, но интенсивность света больше. Лента медленно, но непрерывно меняет место и форму. Она широка, и ее бледно-зеленый цвет изумительно красиво выделяется на темном фоне. Лента образует многочисленные изгибы и завитки, но они не скрывают друг друга, потому что даже самый задний изгиб ясно виден сквозь завесу передних. Колеблющимися движениями постоянно пробегают волны света через всю ленту то справа налево, то слева направо. Кажется, что они скрещиваются, так как пробегают одновременно одни по задней, другие по передней стороне одной и той же складки. Снова растягивается лента во всю свою длину, и снова складывается она в изящные изгибы. Кажется, что будто ветер высоко в атмосфере ведет свою таинственную игру с этим широким, пламенным вымпелом, конец которого теряется где-то далеко, у горизонта.

Свет становится все интенсивнее, волны его пробегают все чаще. Оба края ленты окрашиваются цветами радуги: блестящая белизна середины ленты окаймляется снизу зеленым, а сверху красным цветом. Тем временем сама лента

успела раздвоиться, и верхняя часть все больше приближается к зениту. Здесь вспыхивают лучи и направляются к точке, указываемой южным полюсом свободной магнитной стрелки. Лента уже почти достигла этой точки, и здесь возникает изумительная по красоте игра лучей, центр которой — магнитный полюс. В этом явлении — доказательство тесной связи между северным сиянием и таинственными магнитными силами земли.

Вокруг полюса мерцают и искрятся короткие лучи, по всем краям заиграли яркие краски спектра; короткие лучи сменяются длинными, волны света торопливо сбегают в центр всего явления. То, что мы видим, носит название короны. Она возникает почти всегда, когда лента проходит через магнитный полюс.

Корона быстро исчезает, лента успела уже перейти на северную сторону небосвода. Постепенно она опускается все ниже, бледнея при этом. Но иногда лента возвращается обратно, и световая игра повторяется. Так проходят часы. Бесперывно меняет сияние свое место, форму и интенсивность. Часто оно исчезает на короткий срок и вдруг снова возвращается, так что наблюдающий оказывается не в состоянии уловить, куда оно ушло и откуда вернулось обратно.

Нередко лента показывается в совсем ином виде. Очень часто она состоит не из сплошной светящейся массы, а из отдельных лучей, тесно прижатых друг к другу и направленных к магнитному полюсу. Световые волны, следующие друг за другом с большой скоростью, заставляют каждый луч ярко вспыхивать, благодаря чему кажется, будто они находятся в постоянном движении. Оба цветных края, зеленый и красный, все время волнообразно извиваются, как бы танцуют. Часто лучи удлиняются по всей ленте и почти что достигают магнитного полюса. Здесь они почти неподвижны, не так тесно прилегают друг к другу, но вместе с тем резко выделяются на фоне неба, несмотря на относительно слабый свет. Цвет этих лучей желтоватый, благодаря чему может показаться, что небо затянато тысячью нежных золотых нитей. Звездное небо покрывается бесконечно нежною вуалью. Резко выделяются световые нити, соединенные книзу в белом бордюре в виде широкой ленты, непрерывно, но медленно колыхающейся. В отдельных частях неба расстилается фиолетовый туман.

Бывает так, что почти все небо оказывается покрытым такой лучистой сетью, иногда оканчивающейся внизу лентой, иногда без нее. Нередко видны только отдельные пучки лу-

чей, часами сохраняющие свое положение и вид; часто они занимают целый квадрат неба, но никогда не достигают до самого магнитного полюса.

Шторм над льдами стихает, ветер почти прекратился. Но выше, на уровне туч, он продолжает еще хозяйничать, это видно по их быстрому полету. Какой-то свет прорывается между облаками. Это — северное сияние. Кое-где поблескивает сквозь разрывы между тучами звезда, местами виднеется темный небосвод, местами же прорываются лучи северного сияния, как будто в погоне за зенитом. Все теньше становится слой туч, и вскоре на небе остаются только туманные облака, гонимые ветром. Со всех сторон видны фрагменты сияния. Впечатление такое, будто буря разорвала ленту в куски и треплет их по небесам. С невероятной быстротой перебегают они с места на место, меняя при этом форму. Волны света пронизывают их насквозь. Но свет сияния горит на этот раз не прежним беловатозеленым цветом, а грязножелтым, так что часто бывает трудно различить, где сияние и где туман.

И снова сияние появилось в новой форме. В течение всего дня загорались и исчезали ленты всевозможнейшего строения и яркости. Сейчас 8 часов вечера — время наиболее интенсивной игры северных сияний. Пока что на небе видны только отдельные пучки лучей; лишь на юге около самого горизонта вьется бледная лента.

Неожиданно лента взвивается вверх и расстилается по небосводу, соединяя восток с западом. Проскакивают световые волны, отдельные лучи направляются к зениту. На некоторое время сияние застывает, потом вдруг оживляется. Быстро пробегают волны одна за другой, края ленты загораются ярким зеленым и красным светом и начинают плясать. Все стремительнее выскакивают вверх лучи, становясь при этом короче. Все приходит в движение, устремляясь к магнитному полюсу. Волны перескакивают друг через друга, скрещиваются и взаимно перекрываются. Лучи как будто соревнуются, кто из них первым достигнет полюса. Теперь это уже не единичные лучи, а целые пучки их. Они загорелись одновременно по всему южному небосводу и в дикой гонке устремились к своей цели. Вот они достигли ее, и все кругом полюса заиграло, с юга, с севера, востока, запада и обратно по всем направлениям устремляются тысячи лучей. Невозможно узнать, откуда бегут они, сверху ли, снизу ли, — этого не отгадает никто. Вокруг центра пылает огненное море. Красное, белое и зеленое слилось в цветной хаос. Лучи опускаются почти до самого горизонта. Все небо горит. Лента превратилась в дугу, проходящую через

полюс и опирающуюся обоими концами на горизонт. Она стала огненной рекой, вдоль которой туда и сюда пробегают с дикой быстротой широкие световые волны. Природа зажгла перед нашими глазами фейерверк, прекраснее которого никакая фантазия не может себе представить. Мы поневоле прислушиваемся, нам не верится, чтобы такое явление могло быть бес-

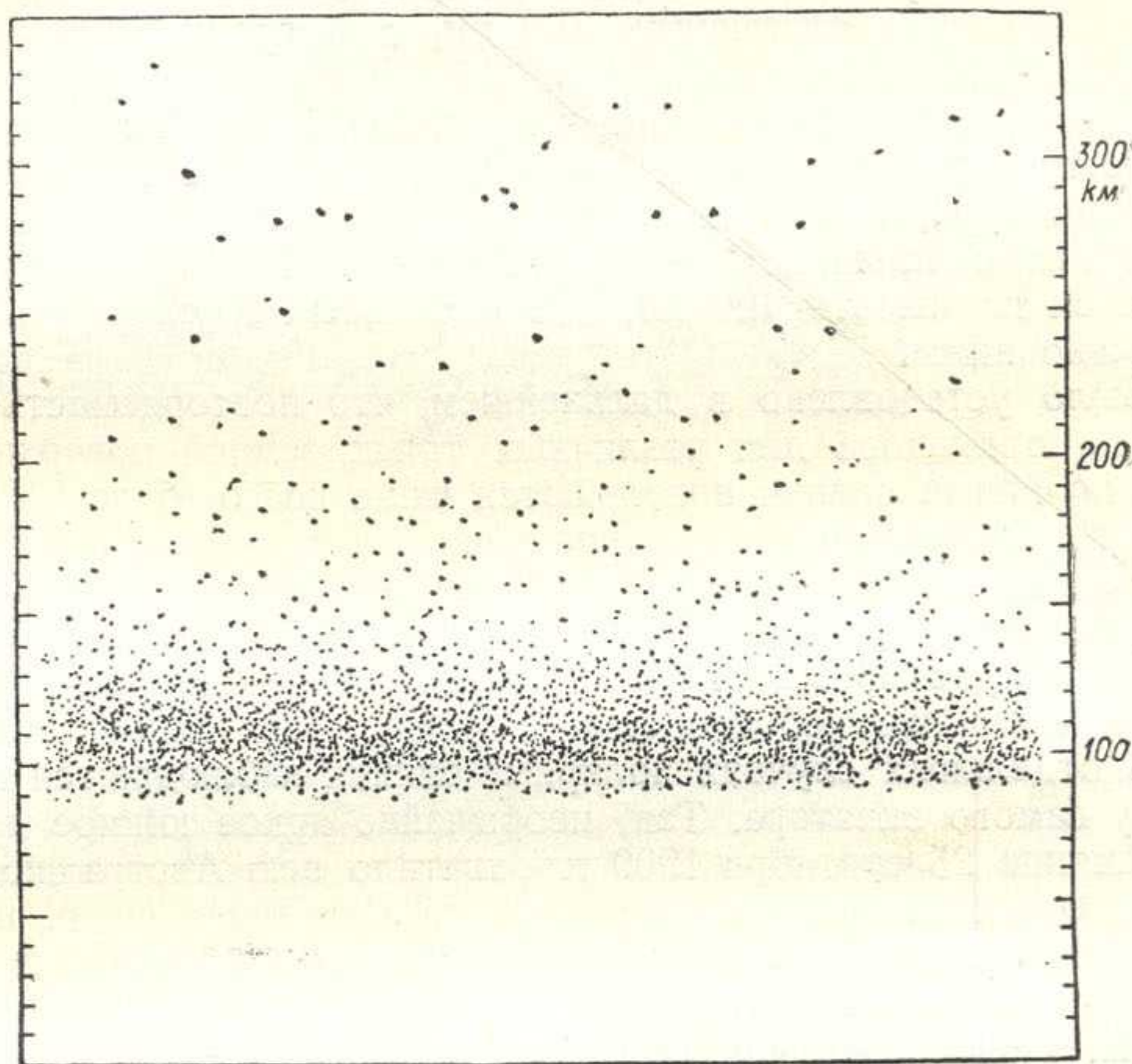


Рис. 16. Высоты северных сияний с февраля по апрель 1913 г.

шумным. Мертвая тишина царит кругом, не слышно ни звука.

Но вот все поблекло. Явление исчезло с той же невероятной быстротой, с какой оно появилось. Только кое-где на севере сохранилась еще одна лента. Медленно проскакивают вдоль нее волны, а над льдом расстилается темное покрывало ночи.

Это было сияние, предвещающее непогоду. Оно развернулось во всей своей красе; изобразить его нельзя ни кистью, ни словами».

Несмотря на чрезвычайное разнообразие формы и красочности, полярные сияния разделяются на два класса:

сияния обычные, напоминающие свет Млечного пути и представляющие однородные дуги или пятна свечения;

сияния лучистые, появляющиеся то в форме отдельных цветистых лучей, исходящих из полярной дуги, то в форме колеблющейся занавеси и т. д.

Сияния обычные проходят большей частью спокойно, не сопровождаются магнитными бурями и наблюдаются на больших высотах, достигающих 700 км, а в среднем на высоте 400—500 км.

Сияния лучистые отмечаются сильной изменчивостью по яркости, цвету и форме, обычно всегда сопровождаются магнитными бурями и наблюдаются на значительно меньшей высоте. Так, нижняя граница лучистых сияний в среднем располагается на высоте 100 км, а в отдельных случаях еще значительно ниже.

Было установлено в дальнейшем, что повторяемость сияний не одинакова для различных точек земной поверхности. Так, полярные сияния повторяются чаще всего (более 100 раз в году) в зоне, расположенной на расстоянии от 2200 до 2800 км от магнитного полюса. К югу и к северу от этой зоны частота и яркость сияний понижаются. Кроме того, к югу от этой зоны полярные сияния наблюдаются чаще всего на северной половине небосвода, а к северу — на южной.

В отдельных случаях полярные сияния наблюдаются почти что у самого экватора. Так, необычайно яркое южное полярное сияние 25 сентября 1909 г. охватило всю Австралию, ряд тропических островов и доходило до Сингапура (1° с. ш.).

Весьма тщательно изучались спектры полярных сияний, так как это позволяет установить состав верхних слоев атмосферы. При этом были обнаружены линии кислорода, азота, водорода, гелия. Но наиболее характерной для полярных сияний является линия, соответствующая длине волны, равной 0,5577 микронов,¹ о природе которой известно очень мало.

Уже упоминалось, что для объяснения полярных сияний выдвинута теория о том, что они вызываются проникновением в верхние слои атмосферы электрически заряженных частичек, исходящих от солнца, отклоняющихся от своего пути под влиянием магнитного поля земли и вызывающих свечение разреженных газов.

Эта теория была подтверждена замечательным опытом Биркеланда. Он брал шар, представляющий собою электромагнит, заключенный в оболочку, фосфоресцирующую (светящуюся)

¹ Микрон = 0,001 миллиметра.

под действием катодных лучей. Этот электромагнит, представляющий модель Земли, был помещен в большую катодную трубку. Можно было наблюдать, как катодные лучи отклонялись к магнитным полюсам шара, вызывая около них свечение.

Замечательно, что современные взгляды на происхождение и природу полярных сияний как бы предвосхищены М. В. Ломоносовым. С 1743 г. Ломоносов, занявшись иссле-

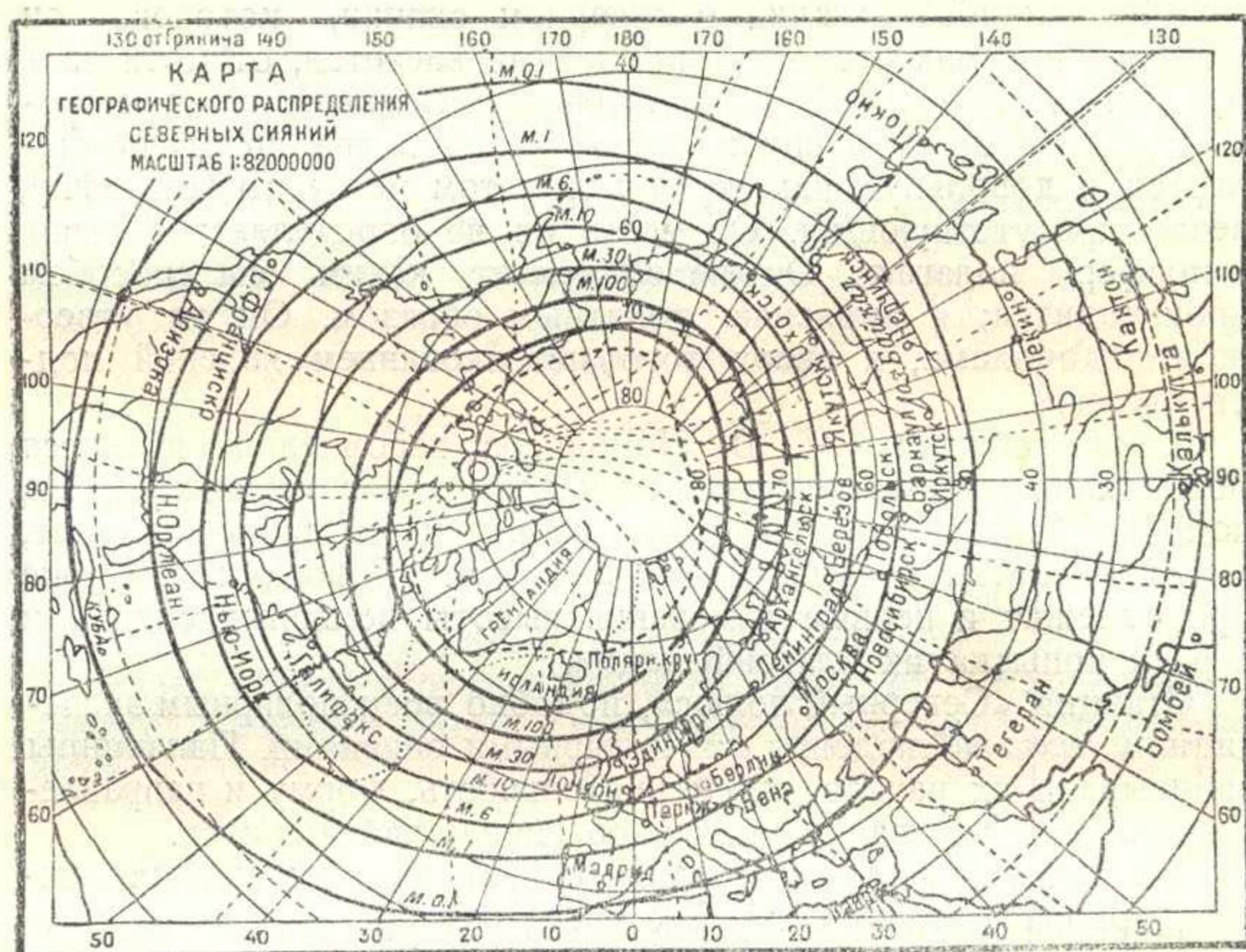


Рис. 17. Карта повторяемости северных сияний (Фритца).

дованием электрических явлений, начал внимательно наблюдать полярные сияния, зарисовывать их, описывать и определять их высоту. В результате своих опытов и наблюдений он приходит к выводу, что некоторые электрические явления создают «подобие северного сияния» и что «северные сияния рождаются от происшедшей на воздухе электрической силы».

16 октября 1753 г. Ломоносов измеряет высоту полярного сияния и находит для «вышины верхнего края дуги около 420 верст».

До Ломоносова происхождение полярных сияний было совершенно неясно. Декарт объяснял полярные сияния «отра-

женным блёском полярных ледяных масс», Галлей — «магнитным истечением у Северного полюса».

Современник Ломоносова знаменитый Франклин (1706—1790) в своих «Письмах об электричестве» (1750) первым из иностранцев пришел к мысли об электрической природе полярных сияний. Ломоносов пришел к этой мысли раньше, и его взгляд значительно обоснованнее и полнее.

Вот что писал Ломоносов:

«Франклинова загадка о северном сиянии, которого он в тех же письмах несколькими словами касается, от моей теории весьма разнится. Ибо он материю электрическую для произведения северного сияния от жаркого пояса привлечь старается, я довольно нахожу в самом том месте, то есть эфир, везде присутствующий. Он места ея не определяет; я выше атмосферы полагаю. Он не объявляет, каким она способом производится; я изъясняю понятным образом. Он не утверждает доводами, я сверх того истолкованием явлений подтверждаю».

Таким образом, М. В. Ломоносов несомненно является основоположником современной теории полярных сияний. Он, подобно Биркеланду, на опыте проверил их происхождение, хотя и работал весьма несовершенными приборами. Ему же принадлежат и первые измерения высоты полярных сияний и первая попытка их классификации.

Станция «Северный полюс», подобно всем полярным экспедициям, вела наблюдения над полярными сияниями. Папанинцы записывали их начало, продолжительность, форму и направление, на котором данное полярное сияние наблюдалось.

Начали они свои наблюдения с наступлением темных ночей, приблизительно с первых чисел октября. Наиболее сильные сияния наблюдались в декабре и особенно в январе, когда по всей земле были отмечены сильные магнитные возмущения.

Наблюдения папанинцев ценны тем, что они производились с почти одновременными измерениями земного электричества и земного магнетизма, но все же они производились в довольно южных широтах, когда станция «Северный полюс» уже находилась к югу от 85 параллели.

Седовцы также вели такие же наблюдения. Их преимущество заключается в том, что их наблюдениями охвачена в высоких широтах Арктики вся полярная ночь. Только наблюдения «Фрама» могут идти в сравнение с наблюдениями седовцев.



IV. ВОДЫ И ЛЬДЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО О БАССЕЙНА

1. Воды океана

Поверхность мирового океана занимает свыше 300 млн. кв. км, или, другими словами, 71% всей земной поверхности. Объем мирового океана около 1370 млн. куб. км, при средней глубине океана около 3800 м. Ежегодно с поверхности земного шара испаряется и уходит в атмосферу около 480 тыс. куб. км воды. Часть этих вод, а именно около 110 тыс. куб. км, выпадает в виде дождя и снега на сушу. 30 тыс. куб. км выносятся реками в океан. Остальные 80 тыс. куб. км испаряются с суши. Таким образом совершается основной круговорот влаги на земле.

Вода обладает исключительной динамической подвижностью. Незначительные внешние силы — ветер, приливообразующие силы, изменение атмосферного давления и т. д. — легко выводят воду из состояния покоя, и океан находится в вечном движении.

Вода встречается на земле в твердом, жидком и газообразном состоянии и при обычных температурах легко переходит из одного состояния в другое — иначе говоря, отличается большой термической подвижностью.

Никакая жизнь на земле без воды невозможна. Тела живых организмов состоят по крайней мере на 60% из воды.¹ Значение воды для организма настолько велико, что дало повод некоторым ученым назвать жизнь одушевленной водой.

Вода, являясь наиболее часто встречаемой жидкостью на земле и играя в ее жизни такую громадную роль, обнаружи-

¹ У некоторых морских организмов этот процент повышается до 90.

вает при сравнении ее с другими жидкостями исключительные особенности.

Прежде всего, основные тепловые свойства воды (теплоемкость, теплота плавления и теплота испарения) — резко отличаются воду от всех других жидкостей на земле.

Теплоемкость, т. е. количество тепла, которое необходимо затратить, чтобы повысить температуру 1 г вещества на 1° , — у воды выше, чем у всех жидких веществ на земле, за исключением водорода и аммиака.

Теплота плавления воды, т. е. количество тепла, необходимое для того, чтобы перевести 1 г льда в 1 г воды или обратно (при условии постоянства температуры при этом процессе) равна 80 грамм-калориям и, за исключением аммиака, больше, чем у всех других веществ на земле.

Теплота испарения, т. е. количество тепла, которое нужно для того, чтобы перевести 1 г воды в пар или обратно (опять-таки при сохранении одной и той же температуры), около 600 грамм-калорий и выше, чем у какого-либо другого вещества на земле. Таким образом, хотя вода легко переходит при обычных температурах из одного состояния в другое, но при этом поглощается или выделяется громадное количество тепла. Достаточно указать, что 1 грамм-калория нагревает на 1° свыше 3000 куб. см воздуха.

Замечательны и особенности изменения плотности воды при низких температурах и при переходе воды из твердой фазы в жидкую и обратно.

Согласно теории теплового движения, молекулы или непрерывно и хаотически равномерно перемещаются с места на место (молекулы газов) или находятся в постоянном колебательном движении (молекулы твердых тел). Жидкости при низких температурах больше приближаются по своим свойствам к твердым телам, при высоких — к газам. При повышении температуры расстояние между молекулами увеличивается. Отсюда вытекает, что плотность тел при повышении их температуры должна уменьшаться. Вода, однако, представляет в этом отношении одно из немногих исключений. Так, температура наибольшей плотности дистиллированной воды около 4° . При замерзании плотность воды сразу уменьшается почти на 9%.¹

То, что у пресной воды температура наибольшей плотности

¹ Кроме воды, уменьшаются в объеме при плавлении только чугун, азотно-калиевая соль, висмут и определенные его соединения с сурьмой и натром.

значительно выше температуры ее замерзания, вызывает любопытнейшее явление, а именно «уплотнение при смешивании».

Смешаем две равные части пресной воды: одну с температурой $8^{\circ},2$ и другую с температурой 0° . Плотность как той, так и другой равна 0,99987. После смешения температура смеси будет около $4^{\circ},1$, а плотность около 1,0000, т. е. больше, чем плотность каждой из смешиваемых частей в отдельности.

Для объяснения исключительных тепловых свойств воды и аномалий ее плотности выдвинуто несколько теорий. Все они сходятся на том, что молекулы пара, молекулы воды и молекулы льда по своему строению отличаются друг от друга и что в обычной воде присутствуют все три рода молекул в определенной для каждой температуры пропорции.

Если рассматривать воду как совокупность молекул разного строения и свойств, — то получаем, что при охлаждении воды происходят параллельно два процесса: нормальное уменьшение объема при охлаждении и увеличение объема, благодаря образованию больших, менее плотных ледяных молекул. При охлаждении пресной воды до 4° более интенсивно протекает первый из этих процессов, при дальнейшем охлаждении — второй. При 4° оба процесса сравниваются и вода достигает своей наибольшей плотности. При образовании льда происходит резкое увеличение количества ледяных молекул, что вызывает резкое уменьшение плотности. Процесс перехода одних молекул в другие требует большого поглощения или выделения тепла. Этим и объясняются высокие теплоемкость, теплота плавления и теплота испарения воды.

Существует мнение, что молекулы пара, воды и льда отличаются друг от друга не только по своим физическим свойствам, но и по своей химической активности.¹

Вопрос о физическом строении воды оказался еще более сложным после открытия в последнее время сложного химического ее состава. Начиная с 1929 г. последовательно откры-

¹ Так, считают, что ледяные молекулы весьма активны, а водяные, наоборот, химически инертны и что вода, полученная при таянии льда, весьма благоприятна для развития органической жизни. Это предположение было подтверждено некоторыми опытами. Повидимому, живительным действием ледяных молекул надо отчасти объяснять бурное развитие планктонной и бактериальной жизни, постоянно наблюдаемое у кромки тающих льдов. Возможно, что присутствием ледяных молекул надо отчасти объяснить высокие вкусовые качества воды, получающейся в результате таяния ледников в полярных и высокогорных странах, а также бурное развитие флоры на суше после весеннего таяния снегов.

ваются изотопы¹ кислорода и водорода. Так, сейчас считают, что обычный кислород есть смесь изотопов с атомным весом 16, 17 и 18, а обычный водород — смесь изотопов с атомным весом 1, 2 и 3. Правда, количество изотопов кислорода и водорода, содержащееся в обыкновенном кислороде и водороде, весьма мало, но все же они играют значительную роль. Действительно, кислород по весу составляет 50% доступной нашему исследованию земной коры и изотоп кислорода с атомным весом 18 составляет не менее 0,1% этого веса. Изотоп водорода с атомным весом 2 составляет 1/10 000 часть от веса воды океана и т. д.

При различных комбинациях изотопов кислорода и водорода по обычной — хорошо известной — формуле воды (2 атома водорода плюс 1 атом кислорода) можно получить 18 различных по составу веществ, отличающихся друг от друга по молекулярному весу в пределах от 18 до 24. Так, например, если мы составим воду из водорода и кислорода, атомный вес которых соответственно равен 1 и 16, то мы получим молекулу воды с молекулярным весом $1 + 1 + 16 = 18$. Если же мы составим воду из водорода и кислорода, атомный вес которых соответственно равен 3 и 18, то по той же химической формуле получим воду с молекулярным весом $3 + 3 + 18 = 24$.

Таким образом возникло понятие о «тяжелой воде». В 1933 г. американцами Льюисом и Макдональдом действительно было получено лабораторным путем некоторое количество тяжелой воды. Дальнейшие исследования показали, что эта вода отличается по своим физическим свойствам от обыкновенной воды. Так, например, она замерзает при $+3^{\circ},8$; плотность ее значительно больше; температура кипения почти на $1^{\circ},5$ выше. Было испытано действие тяжелой воды на организмы, причем оказалось, что тяжелая вода как будто, подобно всем ядам, действует смертельно в больших дозах и оказывается полезной в малых.

Как только была открыта тяжелая вода в лабораториях, начали искать тяжелую воду в природных условиях. Оказалось, что, например, плотность искусственно приготовленного льда всегда несколько ниже, чем природного. Считают, что это надо объяснять тем, что природный лед образуется из опромных масс воды и длительное время соприкасается с этими массами, в то время как искусственный лед получается обычно вымораживанием всей воды, когда нет процесса разделения.

¹ Изотопами называются элементы, обладающие одинаковыми химическими свойствами при разном атомном весе.

Далее оказалось, что в дождевой воде тяжелой воды меньше, чем в воде природной и, в частности, в воде океана. А вообще количество тяжелой воды в Мировом океане таково, что ею можно было бы заполнить Черное море.

Весьма тщательные исследования были произведены советскими учеными на Байкале. Оказалось, что плотность воды, взятой с больших глубин Байкальского озера, выше теоретической, что, повидимому, также надо объяснить наличием в глубинах Байкальского озера тяжелой воды.

Замечательным свойством воды является ее способность растворять различные вещества, и в этом отношении ни одна жидкость не может с ней сравниваться. Строго говоря, совсем нерастворимых в воде веществ в природе не существует. Сама же вода в химические соединения, в прямом смысле этого слова, вступает трудно.

Изучение свойств слабых растворов показало, что между газообразным состоянием вещества и состоянием растворенного вещества в растворах существует большое сходство. Это сходство позволило Ван-Гоффу построить стройную теорию, основанную на том, что все законы, которые мы знаем для газов, применимы и к растворенным веществам.

Молекулы растворенного вещества путешествуют в растворе так же, как молекулы газов в пустоте.

Дальнейшие исследования, однако, показали, что некоторые растворы, проводящие электрический ток (в том числе и морская вода), обнаруживают отклонения от этих законов. Сопоставив эти отклонения, Аррениус выдвинул ионную теорию растворов, сущность которой сводится к следующему:

1) молекулы веществ, водные растворы которых проводят электрический ток, распадаются на ионы: катионы (заряженные положительно) и анионы (заряженные отрицательно). Суммы положительных и отрицательных зарядов, получаемых ионами, равны между собою;

2) ионы по сравнению с обыкновенными молекулами обладают иными свойствами: так, ионы хлора не пахнут, ионы натрия не действуют на воду, в то время как металлический натр с водой бурно образует едкий натр, сульфатный ион существует только в растворах;

3) разложение молекул на ионы происходит уже при самом растворении, причем чем слабее раствор, тем более отношение числа распавшихся на ионы молекул к общему числу растворенных молекул.

Морская вода является весьма разбавленным раствором — в ней растворено по весу не более 4% твердых веществ, —

поэтому почти полностью ионным раствором — и к ней приложимы все выводы ионной теории.

Главными элементами, входящими в состав морской воды, кроме кислорода и водорода, являются в порядке их значения хлор, натр, магний, сера, кальций, калий, бром и т. д. Некоторые элементы находятся в морской воде в столь малых количествах, что их присутствие обнаруживается только при анализах состава морских организмов, которые, естественно, ни откуда, как из морской воды, их получить не могут. Такковы кобальт, никель и олово, обнаруженные в крови омаров, устриц, некоторых моллюсков и т. д. Присутствие других элементов доказывается наличием их в морских отложениях.

Кроме твердых веществ, в морской воде в незначительном количестве растворены газы: кислород, азот, углекислота и в некоторых застойных зонах сероводород. Далее, в морской воде растворено некоторое количество органических веществ, как океанического, так и берегового происхождения. Наконец, в воде океана находится значительное количество взвешенной мути.

По своему солевого составу морская вода резко отличается от речной. Так, главными составляющими в морской воде являются хлориды (соли хлорной кислоты), а в речной воде карбонаты (соли угольной кислоты) и различные соединения азота, фосфора и кремния. Сопоставляя количество растворенных в океане солей с количеством солей, выносимых ежегодно реками с суши в океан, получим, что, например, для накопления существующего в океане запаса поваренной соли потребовалось бы 160 млн. лет. Это вызвало мысль, что, по видимому, солевой состав океана является его первичным признаком и с течением времени меняется весьма мало. Это предположение отчасти подтверждается следующими косвенными доказательствами.

Некоторые вулканы выбрасывают при извержениях из недр земли на ее поверхность соли, характерные для океана. Так, например, кратер Везувия после извержения покрывается кристаллами хлористого натра. Некоторые южные американские вулканы выбрасывают хлористый водород.

Малую изменяемость солевого состава океана с течением времени видят также в том, что современные морские донные отложения по своему составу мало отличаются от древних осадочных пород. Далее предполагается, что органическая жизнь началась в океане, и устанавливается, что не только соки низших морских организмов по своему составу точно соответствуют морской воде, но и кровь высших организмов

(в частности, кровь человека) может быть поставлена с ней в связь.

Концентрация растворенных в морской воде твердых веществ характеризуется соленостью морской воды, под которой понимается полный вес всех солей в граммах, растворенных в тысяче граммов морской воды.¹ Таким образом, соленость есть концентрация раствора, выраженная в десятых процента.

Средняя соленость воды мирового океана равна 35‰ (т. е. содержит около 3,5% по весу растворенных твердых веществ) и только в отдельных морях, где испарение превышает осадки и приток береговых вод, несколько повышается. Так, в Персидском заливе соленость около 37—38‰, в Средиземном море от 37‰ до 39‰ и в Красном море — от 37‰ до 41‰.

В морях, где береговой сток и осадки велики, а испарение мало, соленость значительно понижается. Так, на Черном море соленость поверхностных слоев не превышает 18‰, в Азовском море не превышает 11‰, а у устьев рек спускается до нуля.

Самым замечательным свойством океана является то, что в отдельных его районах общая соленость может колебаться от нуля до 40‰, но соотношение между главными элементами всегда остается почти одним и тем же. Это называется постоянством солевого состава океана и объясняется исключительной динамической подвижностью воды, а также тем, что органические процессы в океане отражаются на содержании в морской воде соединений, находящихся в ней в минимальных количествах.

Плотность морской воды зависит от ее солености и температуры и в открытом море мало меняется от одного пункта к другому. Как только в воде океана возникают какие бы то ни было горизонтальные движения, они сейчас же сопровождаются вертикальными токами, создающими так называемое турбулентное перемешивание.

Небольшое понижение температуры поверхностных слоев, небольшое повышение солености, вызванное испарением или льдообразованием, вызывает повышение плотности поверхностных слоев, опускание их на глубины и, как следствие, так называемое конвекционное перемешивание.

Наконец, также как для пресной воды, для морской воды характерно «уплотнение при смешивании». Так, если мы сме-

¹ Так называемые «промилли» и обозначаются знаком ‰.

шаем теплую и соленую воду с водой холодной и распресненной, то плотность смеси, при известном сочетании температур и соленостей, оказывается больше плотности смешиваемых вод и в области смешения происходит опускание поверхностных вод на глубину.

Температура наибольшей плотности для дистиллированной воды равна, как мы видели, 4° , для морской воды она понижается пропорционально концентрации ее раствора. Так, температура наибольшей плотности для воды, соленость которой равна $24,7\text{‰}$, около $1^{\circ},33$ ниже нуля. Температура замерзания для пресной воды, равная 0° , для морской воды понижается с повышением ее концентрации. Таким образом, для воды, соленость которой равна $24,7\text{‰}$, температура наибольшей плотности совпадает с температурой замерзания. Для воды средней океанической солености, т. е. 35‰ , температура замерзания равна $1^{\circ},91$ ниже нуля, а температура наибольшей плотности — $3^{\circ},52$ ниже нуля. Из этого следует, что соленость $24,7\text{‰}$ является переходной в том отношении, что при меньшей солености температура наибольшей плотности лежит выше температуры замерзания, т. е. мы здесь имеем те же явления, что и для пресной воды. Такие воды называются распресненными; Черное море, например, принадлежит к числу распресненных морей. Только при соленостях больших чем $24,7\text{‰}$ вода приобретает характерные признаки морской воды: температура замерзания является в то же время и температурой наибольшей плотности.

Если некоторый объем пресной воды мы будем в течение достаточного промежутка времени подвергать действию постоянной температуры несколько ниже 0° , то в конце концов этот объем воды замерзнет весь без остатка. Если мы проделаем такой же опыт с морской водой, то увидим, что лишь некоторое количество этой воды превратится в лед. Соленость остального ее объема при этом повысится как раз настолько, что дальнейшее льдообразование при данной температуре будет невозможно. Понижая температуру, мы будем повышать количество выделенного льда и повышать соленость оставшегося раствора.

Предположим, что мы имеем раствор какой-нибудь одной соли (например, поваренной), и подвергнем этот раствор охлаждению. При некоторой температуре ниже 0° (в зависимости от начальной концентрации раствора) начнется образование чистого льда, и от этого концентрация раствора начнет постепенно повышаться, причем каждой температуре будет соответствовать вполне определенная концентрация раствора.

Образование чистого льда будет продолжаться, таким образом, до тех пор, пока температура не достигнет $-21^{\circ},9$, а концентрация раствора не станет равной 22,4%, или, иначе, пока соленость не возрастет до 224‰. После этого при дальнейшем охлаждении весь раствор затвердеет, как одно целое — смесь кристаллов льда и соли.

Практически нужно считать, что только при температурах ниже -30° морская вода замерзает полностью. Вот эту температуру и надо называть температурой замерзания морской воды и отличать ее от температуры начала льдообразования, о которой говорилось выше.

2. Вода и Солнце

11 августа 1933 г. Вильям Биб вместе со своим спутником Бартоном начал один из своих спусков в батисфере на глубины океана у Бермудских островов приблизительно на $32^{\circ}15'$ с. ш. и $64^{\circ}35'$ з. д.

Через замечательно прозрачные кварцевые стекла толщиной 7,5 см Биб легко мог наблюдать за тем, что происходило в глубинах моря. Вот некоторые выдержки из его записей:

«... мы с легким всплеском начали погружаться в океан, и снова я переживал этот неожиданный переход от желто-золотого мира в зеленый как бы в первый раз. После того как пена и пузырьки разошлись, мы окунулись в зеленый цвет, окрасивший наши лица, баллоны с кислородом, химические сосуды и даже черные стены. С палубы же судна [спускавшего батисферу вниз на тросе. — Н. З.] вероятно казалось, что мы погружаемся в глубокий ультрамарин... Погружение вначале лишает глаз всех радостных теплых лучей спектра. Красного и оранжевого цвета как не бывало. Даже желтый скоро поглощается зеленым. Несмотря на то, что радостные веселые лучи составляют лишь одну шестую часть видимого спектра, все же, когда эти цвета исключаются на глубине 30 и больше метров, то, что остается, напоминает собой только холод, ночь и смерть. Мы начинаем понимать, почему ужасы современной войны рисуются не в тонах красной крови и яркого пламени, но в мутной серости отравляющего газа, в ужасных зеленовато-синеватых оттенках.

По мере опускания зеленый цвет заметно слабел. На глубине 60 м нельзя было различить, какого цвета вода — зеленовато-синяя или сине-зеленая...

На глубине 180 м окраска стала темной, светящейся, синей; это противоречивое определение показывает, как трудно здесь описывать цвет.

Как и при прежних погружениях, освещение казалось отчетливым, но оно было настолько недостаточно, что при нем невозможно было ни читать, ни писать...

На глубине 210 м световой луч нашего прожектора был довольно тусклым. Солнце все еще не сдавалось и старалось бороться за свое призрачное могущество...

На глубине 300 м... я попытался определить цвет воды — черновато-синяя, черно-серо-синяя. Странно, что по мере исчезновения синего цвета он не замещается фиолетовым — конечным цветом видимого спектра, — фиолетовый цвет по видимому уже поглощен. Последний намек на синий цвет постепенно переходит в неопределенно серый, который, в свою очередь, переходит в черный.

Еще глубже глаз не улавливает, а ум отказывается словами определять цвета... На глубине 580 м... я еще наблюдал, к моему удивлению, намек на свет, правда мертвенно серый и очень слабый, который свидетельствовал о полном покое на поверхности и о необычайной яркости дня. На глубине 610 м мы оказались в вечной тьме, и этот момент я считаю великим моментом опускания, когда солнце — источник всего света и тепла на земле — остается окончательно позади... казалось, сама тьма сомкнулась над нами...

Наибольшая глубина, на которую опустился Биб в своей батисфере 15 августа того же года, была равна 923 м. Он пишет: «несколько дней назад казалось, что наибольшая чернота, которую только можно себе представить, достигается на глубине 760 м, однако теперь это же самое воображение воспринимало черноту на глубине 914 м как еще более черную. Казалось, что отныне все ночи верхнего мира будут восприниматься нами только как относительные степени сумерек. Я никогда не смогу употреблять слово «черный» с какой бы то ни было определенностью».

Солнечный луч, доходящий до земли, является весьма сложным. Он состоит из множества лучей, каждый из которых характеризуется длиной своей волны в пределах от 0,1 до 300 микронов. Только лучи, длина которых заключается между 0,36 и 0,76 микрона, улавливаются человеческим глазом. Они составляют видимую часть спектра. Лучи с большей длиной волны составляют инфракрасную часть спектра, характерную своими тепловыми свойствами, лучи с меньшей длиной волны — ультрафиолетовую часть спектра, характерную своими химическими свойствами.

Биб отметил, что на глубине 610 метров господствовала даже в полдень и при большой высоте Солнца (72°) полная

тьма. Глубже лучи видимой части спектра уже не проникали. Фотографическая пластинка чувствительнее человеческого глаза: она улавливает не только видимую, но и ультрафиолетовую часть спектра. Считается, что глубина 1500 м является приблизительно пределом действия солнечных лучей на фотографическую пластинку.

Солнечные лучи, падая на поверхность океана, частично отражаются и уходят в атмосферу, частично преломляются и уходят в воду.

Отражение и преломление проходят по общим законам: все три луча — падающий, отраженный и преломленный — лежат в одной плоскости, угол падения равен углу отражения, лучи падающий и преломленный обратимы, т. е. если луч из воздуха падает на поверхность моря и, затем преломившись, продолжает свой путь в воде по определенному направлению, то луч из воды, направленный по тому же пути, попав в воздух, пойдет по пути падающего луча; наконец, отношение синусов углов падения и отражения равняется постоянной величине, называемой коэффициентом преломления и почти одинаковой для волн любой длины.

Для характеристики ниже показаны высоты Солнца над горизонтом, угол преломления, т. е. угол между вертикалью и направлением преломленного луча, и выраженное в процентах отношение энергии отраженного луча к энергии падающего луча.

Высота Солнца	10°	20°	30°	50°	70°	90°
Угол преломления	47	44	40	29	15	0
Отношение энергий в % .	35	14	6	3	2	0

Поверхность моря освещается, однако, не только прямыми солнечными лучами, но и так называемой рассеянной радиацией, т. е. светом, отражаемым к поверхности земли бесчисленными пылинками и капельками, находящимися в атмосфере. Рассеянная радиация играет большую роль в нашей жизни, так как она освещает земные предметы со всех сторон. Эта рассеянная радиация также частью отражается от поверхности моря, частью преломляется и уходит в воду. Отношение отраженной радиации к падающей на поверхность моря рассеянной радиации, выраженное в процентах, называется альбедо.

В отношении альбедо вода также обладает замечательным свойством. Альбедо воды меньше 10% и меньше чем у каких-либо других естественных покровов на земле. Действительно, в среднем альбедо обнаженной почвы, в зависимости от ее

цвета, колеблется от 10% (темные почвы) до 35% (пески, меловые почвы). Альbedo травянистого покрова равно 18—33%. Альbedo старого лежалого снега колеблется от 30 до 50%, а для белой гладкой поверхности свежавыпавшего сухого снега доходит от 70 до 90%. Таким образом, из всех естественных поверхностей земли океан является наиболее совершенным поглотителем, а снег и льды, наоборот, наиболее совершенными отражателями солнечной энергии.

Преломленный солнечный луч, попав под поверхность воды, отчасти поглощается (причем вода нагревается) и отчасти рассеивается. Но если отражение и преломление происходит для волн любой длины приблизительно по одному закону, то поглощение солнечных лучей происходит избирательно. Лучше всего поглощается инфракрасная часть спектра, хуже ультрафиолетовая и еще хуже видимая. В видимой части спектра лучше поглощаются длинноволновые лучи, т. е. красные и оранжевые, хуже коротковолновые, т. е. синие и фиолетовые. Так же избирательно проходит и рассеяние света. Рассеяние, во-первых, обратно пропорционально длине волны, т. е. лучше всего рассеиваются коротковолновые лучи, и, во-вторых, зависит от размеров и количества частиц органического и неорганического происхождения, всегда находящихся в морской воде. Свойство воды лучше всего поглощать красные лучи и лучше всего рассеивать синие и фиолетовые лучи хорошо объясняет световые переходы, наблюдавшиеся Бибом во время его спусков в батисфере, а также своеобразие и малую освещенность морских глубин.

Мы на земле различаем дневную (от восхода до захода солнца) и сумеречную освещенность (утром — от момента, когда на открытом воздухе можно читать, до момента восхода солнца — и вечером — от захода солнца до момента, когда на открытом воздухе читать уже нельзя).

У острова Мадейры в марте оказалось, что продолжительность дневного и сумеречного освещения на глубине 0 м была равна 15 часам, на глубине 20 м — 11 часам, на глубине 30 м — 7 часам и на глубине 40 м — всего 15 минутам.

Теми же явлениями поглощения и рассеяния определяется и цвет моря. Действительно, если бы вода только поглощала солнечный свет, то океан представлялся бы нам черным; если бы только рассеивала, то океан представлялся бы нам белым. На самом деле цвет моря проходит через все оттенки от глубоко синего до коричневого. Чем меньше примесей в морской воде, тем более синим представляется нам океан.

У берегов, благодаря большому количеству взвешенных

частиц берегового происхождения, цвет моря желтовато-зеленый. В открытом океане верхние слои кишат мельчайшими растительными и животными организмами, так называемым планктоном. Чем больше этих организмов, тем больше отходит цвет океана от индиго-синего.

Отсюда — чем меньше жизнь в верхних слоях океана, тем он синее: «желтый цвет — характерен для пустынь на земле. Синева — это цвет морских пустынь».

Большое поглощение водой инфракрасной части спектра и длинноволновой части видимого спектра, в которых сосредоточена тепловая энергия солнечных лучей, определяет, что почти вся энергия солнечных лучей поглощается в самых верхних слоях океана. Уже на глубине 1 см тепловой эффект солнечных лучей почти в 94 раза меньше, чем на поверхности воды, а на глубине 1 м этот эффект в 8350 раз меньше.

Как увидим дальше, океан в общем очень холоден. Солнечная энергия поглощается только тончайшим верхним его слоем. Океан был бы еще холоднее, если бы он был неподвижен; но ветер, турбулентное и конвекционное перемешивание, постоянные и приливо-отливные течения непрерывно перемешивают его верхние слои. Таким образом, тепло, накопленное верхними слоями, передается на глубину. Так, в Красном море, изолированном от глубинных вод океана подводным порогом, на глубинах свыше 2000 м, только благодаря перемешиванию, господствуют температуры свыше 21 градуса.

Весьма замечательна прозрачность вод океана. Самым простым прибором для измерения прозрачности является белый диск, называемый диском Секки.¹ При измерении прозрачности диск опускается в воду и по глубине, на которой он скрывается, судят об относительной прозрачности моря.

Наибольшая до сих пор отмеченная прозрачность по диску Секки наблюдалась в Саргассовом море² и была равна 66,5 м. Замечательно, что наибольшая прозрачность наиболее чистых пресных озер значительно меньше и не превышает 33 м, в то время как такая прозрачность в океане является обычной.

¹ По имени ученого, много работавшего в семидесятых годах прошлого столетия с этим прибором при изучении прозрачности Средиземного моря. Надо заметить, однако, что первые наблюдения над прозрачностью моря, основанные на том же принципе, были сделаны русским капитаном Коцебу во время кругосветного плавания в 1815—1818 гг. на «Рюрике».

² Саргассовым морем называется район Северного Атлантического океана (расположенный в юго-западной его части), характерный обильным развитием саргассовых водорослей и отсутствием постоянных течений.

Не менее замечательными являются условия освещения в океане по сравнению с освещением в воздухе. Благодаря рассеянной радиации земные предметы освещаются более или менее равномерно со всех сторон, что доказывается хотя бы отсутствием теней, если солнце скрыто за облаками.

На глубинах океана также имеется рассеянный свет, но он весьма слаб, и освещенность сбоку составляет только от 2 до 10 процентов от освещенности сверху. Еще слабее в океане освещаемость снизу. Это сказывается на окраске морских животных, у которых нижняя часть их тела или серая или белая.

Солнечный свет, проникающий в океан через его поверхность, не только его согревает, но и обеспечивает развитие в нем жизни.

Все организмы, как животные, так и растительные, потребляют при дыхании кислород и выделяют углекислоту. Но растения, как мельчайшие, так и крупные, даже при небольшом освещении разлагают углекислоту на углерод и кислород. Углерод они используют для построения своих организмов, а кислород отдают в воду, делая последнюю пригодной для жизни. Это называется фотосинтетической деятельностью растений. Мало того, только растения и бактерии способны усваивать растворенные в морской воде соли азотной и азотистой кислот; животные же получают необходимый им для построения организмов азот, только поедая растения, бактерии и себе подобных. Поэтому количество фитопланктона (микроскопических растений) определяет собою условия жизни в море.

Отсюда понятно, что морские организмы резко реагируют на свет, и растительные организмы, например, распределяются по ярусам, соответствующим определенному освещению.

Первый ярус (световой) считается от поверхности моря в среднем до глубины 100 м. Растительные организмы для своей фотосинтетической деятельности максимально используют красные, желтые и отчасти зеленые лучи. Поэтому в этом ярусе процветают водоросли и готовится первоисточник пищи почти для всех водных животных. Этот поверхностный 100-метровый слой некоторые называют «производственной мастерской» жизни в океане.

В пределах первого яруса в связи с избирательным поглощением лучей водоросли в среднем распространены по глубине с известной последовательностью. Выше всего, в пределах от 0 до 6 м, располагаются зеленые водоросли, использующие для фотосинтеза красные лучи. Ниже располагаются

бурые водоросли (фукусы и ламинарии), у которых их окраска является дополнительной к цвету воды, в которой они обитают. Еще ниже располагаются красные водоросли (флоридеи), наиболее полно использующие зеленые лучи, проникающие значительно глубже.

В отдельных районах нижняя граница процветания растительных организмов в связи с условиями освещения значительно отличается от 100-метровой горизонтали. Так, в Норвежском море нижняя граница фитопланктона расположена приблизительно на глубине 50 м; в Средиземном море у о. Капри в силу большой прозрачности воды эта граница спускается до 300 м.

Второй ярус (полусветовой) простирается от 100 до 500 м — нижней границы проникновения синих лучей и в связи с этим нижней границы распространения растительных организмов. Этот ярус очень богат зоопланктоном. Из растений в нем держатся некоторые виды диатомей и зеленых водорослей, образующие так называемую теневую флору.

Третий ярус (малосветовой) простирается до глубины 1500 м, являющейся приблизительно пределом действия лучистой энергии на фотографическую пластинку.

Четвертый ярус (бесцветный) простирается до наибольших глубин океана, где всегда господствует ночь, озаряемая только различными светящимися организмами.

Но освещенность отдельных глубин меняется от сезона к сезону и в особенности в течение дня. Стремление располагаться на горизонте, наиболее благоприятно освещенном, вызывает у планктических животных организмов так называемые вертикальные суточные миграции.

Широко распространенный в умеренных широтах рачек «калянус» в связи с суточным изменением освещения весьма правильно переходит с одной глубины на другие, причем в Атлантическом океане эти миграции достигают размаха 500 м.

Окраска морских животных также связана с интенсивностью освещения. У морских водорослей нет цветов, у морских трав они незаметны. Роль пестроокрашенных наземных цветов в море играют пестроокрашенные животные, особенно ведущие сидячий образ жизни.

Как правило, отсутствие света влечет за собой белую и серую окраску животных; так как освещение в воде снизу весьма мало, то обычно у рыб спина гораздо ярче окрашена, чем бока и живот. Наиболее характерным примером в этом отношении являются камбалы, у которых сброшенная к грунту сторона белая.

Некоторые организмы по своей окраске как бы приспособлены к жизни в воде. Наиболее явно приспособленными в этом отношении являются прозрачные и бесцветные организмы. Далее идут организмы, окрашенные в дополнительные цвета к световым условиям на глубине их обитания. Наконец, некоторые организмы обладают способностью произвольно изменять свою окраску в связи с окраской вод и грунта. В последнем отношении одним из разительных примеров опять-таки являются камбалы.

В связи с освещенностью глубины обитания стоит вопрос об органах зрения морских животных. Приспособление здесь идет по двум линиям: или глаза постепенно при увеличении глубины обитания уменьшаются, или, наконец, атрофируются, или же, наоборот, с увеличением глубины обитания, глаза не-посмерно увеличиваются. Тогда, когда увеличенный глаз уже не находит места на голове животного, глаза переходят в класс телескопических. У рыбы «стилофтальмус» глаза помещены на концах стеблей, по длине равных одной трети ее тела.

Лед обладает почти теми же оптическими свойствами, что и вода, и потому отдельные его кристаллы и льдинки в воде почти незаметны.

Мы видели, что, благодаря своей исключительной способности поглощать тепловую энергию, даже тонкий слой воды может служить прекрасным тепловым экраном и что нижние слои океана нагреваются в основном только благодаря перемешиванию с нагретыми непосредственным действием солнечных лучей поверхностными слоями.

Тонкая пластинка льда почти непрозрачна для длинноволновых лучей. Таким образом, в этом отношении лед сходен со стеклом, и тонкий ледяной покров оказывает «парниковый» эффект, подобный такому же эффекту стекла. Так, ледяная пластинка толщиной 2,6 мм пропускает только 6% падающей на нее энергии от источника, температура которого 1200° , а лучистую энергию от источника с температурой 100° не пропускает совсем.

Парниковый эффект весьма важен для режима льдов. Благодаря ему тонкий слой льда предохраняет лежащие под ним слои от охлаждения излучением в атмосферу в темное время и способствует их нагреванию в светлое время.

Но природный лед мало прозрачен. В нем всегда имеются посторонние примеси и пузырьки воздуха. Кроме того, обычно природный лед прикрыт сверху более или менее толстым слоем снега, еще менее прозрачным, чем лед, поэтому под

сплошными льдами, даже в условиях полярного дня, создаются очень неблагоприятные условия для фотосинтетической деятельности растений. В связи с этим количество кислорода подо льдом снижается, особенно если принять во внимание, что вода, отделенная от атмосферы ледяным покровом, перестает поглощать кислород из воздуха. Естественно, что условия жизни подо льдом хуже, чем под свободной поверхностью океана.

3. Река в океане

12 октября 1492 г. каравеллы Христофора Колумба подошли к острову Гуанагами, ныне называемому островом Уатлинг, и таким образом открыли Новый Свет. Но заслуга Христофора Колумба не только в том, что он открыл Америку, но и в том, что он вместе с тем открыл наиболее удобный путь из Европы в Америку и из Америки в Европу. Действительно, выйдя из гавани Палос, он не направился прямо на запад, а сначала спустился к югу, к Канарским островам, и только тогда повернул прямо на запад. Таким образом он первый из мореплавателей использовал пассаты — ровные и постоянные ветры, дующие в Атлантическом океане от берегов Африки к берегам Америки. Эти ветры моряки недаром называют «торговыми» ветрами, а путь вместе с пассатами «дамской» дорогой, настолько этот путь легок и приятен для парусника. Но пассаты, постоянно дующие в одном и том же направлении, вызывают постоянные морские течения. Они гонят нагретые тропическим солнцем и осолоненные сильным испарением (под влиянием ветра и солнца) воды с востока на запад через весь Атлантический океан и через пролив Юктан — Куба в Мексиканский залив. Единственным выходом для накопившихся в этом заливе вод является Флоридский пролив. Здесь и зарождается Гольфстрим, что в буквальном переводе означает «течение, вытекающее из залива». Скорость Гольфстрима в истоке, или так называемого Флоридского потока, достигает в теплые месяцы до 7—9 км в час. Глубина его здесь около 700 м и ширина 50 км. Таким образом, Флоридским потоком выносятся из Флоридского пролива до 90 куб. км воды в час, другими словами — в 76 000 раз больше, чем выносятся одной из наиболее многоводных быстрых рек — Невой. По выходе из Флоридского пролива Флоридское течение подымается на северо-восток к берегам Ньюфаундленда. На пути к нему присоединяется мощное Антильское течение, и после этого, приблизительно от мыса Гатерас и до района к востоку от Ньюфаундлендских банок, где течение начинает развет-

вляться, Гольфстрим течет как «река в океане», резко отличаясь по цвету, температуре и солености от окружающих его вод. Особенно резко очерчена его северная граница, где теплые соленые и синие воды Гольфстрима соприкасаются с холодными малосолеными и зелеными водами Лабрадорского течения, образующего для Гольфстрима (называемого здесь «лентой горячей воды») «холодную стену». Корабли, переходя из «ленты горячей воды» в «холодную стену», нередко измеряли температуру воды одновременно и с носа и с кормы и получали при этом разницу температур свыше 12° .

Воды Гольфстрима в дальнейшем разветвляются, получают название Атлантического течения, главной своей массой устремляются на северо-восток и входят проливом между Шотландией и Фарерскими островами в Норвежское море. По подсчетам исследователей, Норвежское море ежегодно получает благодаря этому течению около 150 000 куб. км теплых и соленых вод.

У северных берегов Норвегии течение разветвляется. Одна ветвь огибает мыс Нордкап и под названием Нордкапского течения вливается в Баренцово море, обуславливая незамерзаемость Мурманского порта и наличие богатых рыбных промыслов в этом районе. Исключительно влиянием Атлантического течения объясняется то, что Мурманский порт, расположенный под 69° с. ш., не замерзает, в то время как советские черноморские порты Херсон, Николаев замерзают, а в Азовском море в некоторые зимы навигация возможна только с помощью ледоколов. Другая ветвь, более мощная, идет на север вдоль берегов Шпицбергена, обуславливая малую ледовитость у западных его берегов и возможность плавания в этом районе в летние месяцы в некоторые годы почти до 82° с. ш.

Флоридский поток, как мы видели, создается почти исключительно в результате нагона пассатами теплых и соленых тропических вод в Мексиканский залив. Но уже Гольфстрим, а Атлантическое течение в еще большей степени, начинает подвергаться все большему и большему (по мере продвижения на север) влиянию господствующих в северо-восточной части Атлантического океана западных и юго-западных ветров. Эти ветры и гонят теплые атлантические воды вплоть до северных побережий Новой Земли и Шпицбергена. У северных побережий Шпицбергена атлантические воды по причинам, о которых будет сказано в дальнейшем, как бы ныряют под холодные и малосоленые поверхностные воды Арктического бассейна.

Нансен во время экспедиции на «Фраме» впервые открыл, что в районе к северо-западу от Шпицбергена теплые и соленые атлантические воды опускаются на глубину и течением на глубине больше 200 м распространяются далеко в Северном Ледовитом океане. После Нансена теплые глубинные воды атлантического происхождения в глубоких частях Северного Ледовитого океана были обнаружены экспедицией на «Ермаке» в 1899 г. к северо-западу от Шпицбергена и экспедицией на «Садко» в 1935 г. в районе к северу от Карского моря. Некоторые следы атлантической воды были обнаружены также в 1935 г. экспедицией на «Красине» в районе к северу от острова Врангеля. Кроме того, многочисленными советскими экспедициями следы глубинных атлантических вод были обнаружены во всех окраинных морях Советской Арктики. Таким образом, иностранными и, главным образом, советскими экспедициями атлантические воды прослежены в Арктике вдоль всего материкового склона Европы и Азии.

Но всякое течение в северном полушарии отклоняется вправо. Естественно поэтому было ожидать, что главная масса теплых атлантических вод распространяется именно вдоль материкового склона Европы и Азии. Уже первые гидрологические наблюдения, сделанные станцией «Северный полюс», показали, что у самого полюса мы встречаемся с таким же характерным распределением водных масс по глубине, какое было открыто Нансеном и которое подтверждалось работами всех последующих экспедиций. Под льдами Ледовитого океана, приблизительно до глубины 150—200 м, расположен очень холодный слой морской воды, с температурами, близкими к температуре замерзания морской воды, и сравнительно распресненный благодаря береговому стоку.¹ Ниже его расположен мощный слой сравнительно теплых и соленых атлантических вод. Положительная температура в этом слое наблюдается в некоторых районах до глубины 750—1000 м. Ниже этой глубины температура постепенно понижается.

Придонные воды здесь образуются в результате зимнего охлаждения и сползания на глубины по материковому склону вод атлантического происхождения.

В зимнее время верхний слой, благодаря осолоняющему влиянию льдообразования и возникающему в связи с этим конвекционному перемешиванию, весьма однороден по темпе-

¹ В Северный Ледовитый океан ежегодно вливается около 5000 куб. км только советских речных вод.

ратуре и солености. Его температура равна температуре замерзания воды данной солености. В летнее время у поверхности моря встречается сильное опреснение, обусловливаемое таянием льдов.

В качестве примера, характерного для распределения температур и соленостей в Центральном Арктическом бассейне в летнее время, в таблице 7 приводятся наблюдения экспедиции «Садко» от 13 сентября 1935 года на $82^{\circ}42'$ с. ш. и $87^{\circ}04'$ в. д., произведенные на глубине 2365 м.

Таблица 7

Горизонт м	Температура °Ц	Соленость ‰	Горизонт м	Температура °Ц	Соленость ‰
0	— 1,70	31,60	300	+ 2,68	34,85
10	— 1,69	31,74	400	+ 1,83	34,87
25	— 1,70	32,43	500	+ 1,58	34,90
50	— 1,74	33,98	750	+ 0,50	34,85
75	— 1,34	34,20	1000	— 0,16	34,85
100	— 0,34	34,33	1500	— 0,62	34,87
150	+ 1,91	34,74	2000	— 0,67	34,85
200	+ 2,07	34,65	2350	— 0,86	34,87
250	— 2,12	34,85	2365	дно	

Из приведенных цифр видно, что поверхностные воды сильно распреснены, что положительные температуры начинаются с глубины 150 м и доходят ниже 750 м, причем максимальная температура $+2^{\circ},68$ лежит на глубине 300 м.

Такие же результаты получили и папанинцы во время своей экспедиции. Новым, как уже указывалось, оказалось, что атлантические воды с положительными температурами доходят до самого Северного полюса.

Соленость на станции «Северный полюс» на глубине 5 м (т. е. на глубине 1,5—2 м под нижней поверхностью льда) в летнее время колебалась в пределах от $29,52\text{‰}$ до $29,81\text{‰}$. С прекращением таяния соленость поверхностного слоя возросла до $31,00\text{‰}$ — $31,60\text{‰}$. Соленость ниже 200 м и до дна колебалась в пределах от $34,94\text{‰}$ до $34,97\text{‰}$.

Что касается температур, то минимальная температура, отмеченная папанинцами в верхнем слое, была равна $-1^{\circ},79$, а максимальная температура в атлантическом слое была равна $+1^{\circ},71$ (на 82° с. ш.). Температура и мощность атлантиче-

ского слоя по мере продвижения станции «Северный полюс» от полюса к «проливу папанинцев» увеличивалась. Под слоем атлантической воды температура воды постепенно к дну понижалась и на глубине 2500—3000 м доходила до $-0^{\circ},86$. На еще больших глубинах температура придонных вод несколько повышалась и на глубине 4395 м оказалась равной $-0^{\circ},63$.

Повышение температуры очень глубоких придонных слоев Мирового океана наблюдается повсеместно, но для Северного Ледовитого океана оно открыто папанинцами впервые. Объясняется оно двумя причинами.

Практически мы считаем воду совершенно несжимаемой, но на глубинах океана господствуют громадные давления. Действительно, давление в океане увеличивается приблизительно на одну атмосферу на каждые 10 м глубины. Таким образом, на наибольшей глубине океана давление достигает свыше 1000 атмосфер, или, другими словами, свыше 1 т на 1 кв. см. Под влиянием этого давления вода сжимается, и, если бы этого не было, уровень океана повысился бы почти на 30 м.

Но при сжатии всякого тела его температура повышается, а при ослаблении давления, наоборот, понижается. Такое изменение температуры называется адиабатическим, и оно в океане вовсе не так мало. Так, например, температура придонного течения, то поднимающегося на подводную возвышенность, то спускающегося в подводную впадину, при разнице глубин в 2000 м будет соответственно изменяться в пределах 1—2 десятых градуса.

Кроме того, океан в общем очень холоден. Его впадины заполнены водой, принесенной с поверхности приполярных районов. Благодаря этому даже у экватора температура придонных слоев океана лежит в пределах $2-3^{\circ}$ тепла. Но на глубине под поверхностью суши температура, благодаря внутреннему теплу земли, повышается приблизительно на 1° на каждые 30—40 м глубины. Следовательно, на средней глубине океана температура под сушей равна приблизительно $100-130^{\circ}$. Разница температур на одних и тех же глубинах океана и суши и заставляет считать океаны и моря величайшими областями охлаждения земной коры. Но, с другой стороны, эта разница температур должна способствовать и повышению температуры придонных слоев океана.

Наконец, повышение температуры воды придонных слоев отчасти объясняется процессами разложения органических остатков, опускающихся на большие глубины, и, возможно,

радиоактивными процессами, развивающимися в верхних слоях донных морских отложений.¹

Как уже отмечалось, глубинные атлантические воды в Центральном Арктическом бассейне впервые были обнаружены Нансеном на всем протяжении дрейфа «Фрама». Их температура колебалась около плюс 1,0 градуса. Максимум (1,13 градуса) был отмечен на глубине 325 м на $84^{\circ}39'$ с. ш. и 88° в. д. Экспедицией на «Садко» в 1935 г. в районе к северу от Карского моря на $82^{\circ}42'$ с. ш. и $87^{\circ}04'$ в. д. обнаружена температура в плюс 2,68 градуса. Такая высокая температура была удивительна, хотя отчасти и объяснялась тем, что эта станция лежала почти на материковом склоне, значительно южнее станции «Фрама». Но седы на $85^{\circ}39'$ с. ш. и $131^{\circ}42'$ в. д., т. е. значительно севернее и восточнее станции «Фрама», на глубине 400 м измерили температуру атлантических вод плюс 1,82 градуса.

Сейчас еще рано делать подсчеты. Но один этот факт доказывает, насколько глубоко проникло в Арктический бассейн потепление атлантических вод, связанное с потеплением Арктики.

Еще до организации станции «Северный полюс» Гренландское море неоднократно пересекалось советскими экспедициями. Тщательные наблюдения были сделаны экспедицией на «Персее», пересекавшей в 1934 г. Гренландское море по 74, 78 и 80 параллелям вплоть до кромки гренландских льдов и затем проследившей кромку гренландских льдов от острова Ян-Майен до 81 параллели в районе к северу от Шпицбергена. Во время этой экспедиции были сделаны многочисленные гидрологические станции. Такие же тщательные гидрологические наблюдения были произведены экспедицией на «Садко» в 1935 г. по 76, 78 и 80 параллелям и также вдоль кромки льдов в Гренландском море от 76 до 81 параллели. В результате было установлено, что не все атлантические воды, текущие на север, вливаются подводным течением в Ледовитый океан. Часть их перед «проливом папанинцев» заворачивает на запад и потом на юг вдоль гренландской материковой отмели. Наблюдения станции «Северный полюс» произведены как раз на материковой отмели Гренландии, охватывая незапронутый экспедициями на «Персее» и «Садко» северо-западный район Гренландского моря, и, таким образом, за-

¹ Последнее является пока предположительным, но очень вероятно, так как повсюду в грунтах Мирового океана содержание радия во много раз превышает содержание радия как в изверженных, так и в осадочных породах на земной поверхности.

вершают многолетнюю работу советских исследователей. Оказывается, что на Гренландском мелководье всюду на глубинах больше 200 м господствуют высокие положительные температуры. Больше того, работами станции «Северный полюс» установлена весьма активная роль атлантических вод в отоплении верхнего холодного слоя. Этот верхний холодный и малосоленый слой здесь далеко не так однороден, как это наблюдается в центральной части Северного Ледовитого океана. Благодаря сильному перемешиванию с подстилающими его атлантическими водами, он гораздо теплее. Таким образом, даже зимой, несмотря на низкие зимние температуры воздуха, атлантические воды, действуя на льды снизу, все время их ослабляют, подготавливая их окончательное разрушение. Не менее значительна роль теплых атлантических вод в разрушении полярных льдов, выносимых из Центральной Арктики в Гренландское море. Ветры, дующие от Гренландии, уносят льдины в открытое море, где они тают. Кроме того, при западных ветрах на место сгоняемых в открытый океан холодных и малосоленых поверхностных слоев из глубины поднимаются кверху теплые атлантические воды. Ветры, дующие от Шпицбергена и Норвегии на восток, гонят теплые атлантические воды на льды и тем также способствуют разрушению последних.

Таким образом разрушаются даже зимой значительные массы полярных льдов, выносимых в Гренландское море. Лучшим доказательством этого служат наблюдения «Седова» и ледокола «Иосиф Сталин» во время их встречи. Ледоколы все время как бы выносило на кромку, что объясняется тем, что льды, расположенные у кромки, интенсивно таяли при соприкосновении с теплыми атлантическими водами.

При изучении наблюдений, произведенных в Центральном Арктическом бассейне, обращает на себя внимание следующее: самая низкая из до сих пор измеренных температур равна $-1^{\circ},8$, а наивысшая $+2^{\circ},68$. Разность температур составляет $4^{\circ},48$. Наиболее низкая соленость, измеренная там же, равна $29,52\text{‰}$, а наибольшая $34,97\text{‰}$. Разность равна $5,45\text{‰}$, или, иначе, $0,545\%$. Эти цифры лучше всего доказывают великую однородность вод Северного Ледовитого океана.¹

Это явление характерно для всего Мирового океана: океан на глубине заполнен совершенно однородной водой и является наиболее совершенным термостатом, и это благоприятно для всякого рода биохимических процессов.

¹ Эти разности температур и соленостей станут еще значительно меньше, если не принимать во внимание верхний 200-метровый слой.

4. Жидкое дно

29 августа 1893 г. судно экспедиции Нансена «Фрам» проходило мимо побережья Таймыра. Неожиданно, несмотря на то, что море было спокойное и глубина его в этом месте была достаточная, скорость «Фрама» уменьшилась с 8 до 2 км в час. Стали искать объяснения этому непонятному явлению и вспомнили, что такие случаи нередко наблюдались у берегов Скандинавии, Канады и даже в Средиземном море и у устьев больших американских рек.

Это явление, носящее название «мертвая вода», получается тогда, когда по тяжелым соленым морским водам сравнительно тонким слоем разливаются легкие пресные воды. Если парусные суда попадают в мертвую воду, то они сбиваются с курса и перестают слушаться руля. Паровое судно в мертвой воде теряет ход не постепенно, а сразу, при выходе же из мертвой воды сразу забирает ход, как будто бы его что-то до этого задерживало.

Поверхность моря при следовании судна в тихую погоду по мертвой воде приобретает необычайный вид. За кормой в дополнение к обычным боковым волнам, идущим от носа, появляются поперечные волны, пересекающие след судна. Как показали впоследствии специальные исследования над моделями судов, буксируемых в пресной воде, под которой находится соленая вода, на поверхности раздела вод образуются большие волны.

Вот на образование этих волн на поверхности раздела и тратится главная часть энергии винтов, и поэтому на мертвой воде скорость судна уменьшается и возникают явления, характерные для движения судна на мелководье. Волны за кормой судна сильно возрастают, а впереди появляется одиночная волна, которую судно как бы толкает впереди себя.

Таким образом, если слои воды сильно отличаются друг от друга по плотности, то поверхность их раздела является по своим свойствам как бы «жидким дном».

В отдельных случаях поверхность раздела, отделяющая слои, резко отличающиеся друг от друга по плотности, имеет большое практическое значение. Так, например, в норвежских фиордах пресные воды, разливаясь по соленой морской воде, образуют очень ярко выраженную поверхность раздела. Верхний пресный слой, нагреваясь днем, в ночное время сильно охлаждается, но все-таки не становится тяжелее нижнего соленого слоя. Нижний соленый слой днем согревается проникающими через верхний слой солнечными лучами и в то же

время защищается верхним слоем от потери тепла в атмосферу.

Таким образом, верхний слой играет роль парникового стекла, и в течение лета температура нижнего слоя сильно повышается, а затем долгое время остается почти постоянной и очень высокой.¹

«Жидкое дно» иногда используют в практике подводного плавания. Объем подводной лодки при плавании под водой, если пренебречь сжатием при увеличении давления, не меняется, а что касается веса лодки, то его можно в известных пределах изменить, заполняя или опоражнивая водяные цистерны. Понятно, что, для того чтобы подводная лодка держалась на определенной глубине, можно, регулируя количество воды в этих цистернах, довести пловучесть лодки до нуля, другими словами — уравновесить ее на определенной глубине. Практически это невозможно, так как малейшее изменение веса лодки или плотности воды влечет за собой движение лодки или вверх или вниз. Поэтому обычно пребывание лодки на определенной глубине под поверхностью моря достигается двумя способами.

Во-первых, постановкой на подводный якорь, причем подъемная сила лодки доводится до величины достаточной, чтобы лодка не опускалась, и недостаточной для подъема подводного якоря из грунта.

Другой способ возможен только на ходу, если действовать горизонтальными рулями тем же способом, которым пользуются самолеты в полете. Но если плотности слоев воды резко отличаются друг от друга, то можно отрегулировать вес лодки приемом воды в цистерны таким образом, чтобы в верхнем легком слое лодка чуть опускалась книзу, а в нижнем тяжелом слое чуть-чуть поднималась кверху. В таком случае понятно, что лодка, опускаясь в верхнем слое книзу, на поверхности раздела слоев остановится и будет лежать без движения на этом своеобразном жидком «грунте».

Поверхностные воды океана всегда более или менее переслоены: более легкие слои лежат на более тяжелых, отгра-

¹ Так, например, в некоторых фиордах Норвегии на глубине 1—2 м от поверхности моря температура воды доходит в летнее время до 35°. Это обстоятельство позволяет, несмотря на высокие широты Норвегии, вести в таких районах правильное устричное хозяйство. Эти бассейны, обычно мелководные и отделенные от моря сравнительно неглубоким порогом, препятствующим нагретым и теплым нижним слоям этого бассейна смешиваться с прилегающими водами океана, получили название «устричных бассейнов».

ничиваясь друг от друга более или менее ярко выраженными поверхностями раздела. Созданию таких слоев способствуют нагревание поверхностных вод солнечными лучами, выпадение на поверхности океана осадков, таяние льдов и растекание по поверхности океана речных вод. Но для того чтобы поверхности раздела имели практическое значение или оказывали существенное влияние на режим океана, они должны быть ярко выражены. Последнее создается или в результате турбулентного перемешивания, вызываемого неравномерным распределением всякого рода движений морской воды, или в результате конвекционного перемешивания, создаваемого охлаждением и осолонением поверхностных слоев моря.

Уже указывалось, что в Арктическом бассейне верхний слой воды, простирающийся до глубины 150—200 м, сравнительно однороден по температуре и солености (особенно в зимнее время) и отличается по плотности от подстилающего его слоя атлантических вод.

Происхождение и характерные черты этого слоя объясняются речным стоком с побережий Арктического бассейна и перемешиванием поверхностных вод с подстилающими атлантическими водами, перемешиванием, особенно сильным в зимнее время, когда при льдообразовании происходит осолонение поверхностных слоев.

Положение нижней границы верхнего холодного слоя, как оказалось, не остается постоянным, а испытывает колебания. В годы особенно холодных зим и тогда, когда приток атлантических вод ослабевает, эта граница спускается ниже; наоборот, в годы теплых зим и усиления притока атлантических вод она подымается. Но кроме этих вековых вертикальных колебаний нижней границы холодного слоя, подмеченных сравнительно недавно советскими исследователями в окраинных морях Арктики, Нансеном в самом Арктическом бассейне были подмечены вертикальные колебания этой границы с гораздо меньшими периодами: суточными, полусуточными и меньше. В дальнейшем вертикальные колебания глубинных поверхностей раздела были обнаружены во всех частях Мирового океана и получили название «внутренних волн». О величине этих волн можно судить по следующим данным: в Баренцовом море автор обнаружил внутренние волны высотой до 30—40 м с полусуточным (связанным с приливотливными явлениями) периодом — и это при средней глубине моря около 200 м. В северной части Атлантического океана высота внутренних волн достигает до 100 м, и их период также связан с приливами. Это явление станет осо-

бенно разительным, если напомнить, что наибольшая из когда-либо измеренных высот поверхностных волн в океане не превосходила 15 м. Понятно, что внутренние волны представляют собою одну из интереснейших проблем современной науки о море и что эта проблема тесно связана с проблемами «жидкого дна».

Тщательные инструментальные наблюдения, произведенные станцией «Северный полюс» над скоростью возникающих под влиянием ветра дрейфа льда и течений на глубине, открыли еще одно явление, а именно, что все ветровые течения, возникающие под влиянием непродолжительных ветров, сказываются только в верхнем распресненном слое. Трение нижней поверхности льдов о воду вызывает в последней течение, скорость которого с глубиной быстро уменьшается. Так, например, при установившемся дрейфе льда со скоростью 10—15 см в секунду течение, вызванное этим ветром, ярко выражено на глубине до 25—35 м, и только в редких случаях при такой скорости оно захватывает слой воды до 50 м. Угол отклонения течения на глубине 15—25 м в свою очередь отклоняется от направления дрейфа на 20—40°. Дрейфовые течения в верхних слоях океана возникают очень быстро вслед за началом дрейфа льда, но так же быстро и прекращаются по прекращении ветра. Ни разу не наблюдалось в поверхностном слое остаточных течений, т. е. течений, заметных и после прекращения ветра. Однако быстрый и продолжительный дрейф льда, идущий в каком-либо одном направлении, увлекает за собой значительное количество воды поверхностного слоя. На ее место поступает вода из прилегающих районов. Таким образом возникает обратное течение, компенсирующее поверхностный сток воды данного района. Такое обратное течение наблюдалось каждый раз во время и после продолжительного дрейфа льда в каком-либо одном направлении. Чаще всего обратное течение наблюдалось непосредственно под поверхностным слоем воды, увлеченным дрейфом льдов, т. е. на глубине 50—70 м. Однако после продолжительных и быстрых дрейфов обратное течение захватывало значительно более мощные слои — от 35 до 125 м. В отличие от поверхностного дрейфового течения обратное течение начиналось только через 12—36 часов после начала дрейфа. Максимальной же скорости оно достигало некоторое время спустя, нередко уже после прекращения дрейфа льда, приведшего водные массы в движение. Так, например, после быстрого дрейфа станции «Северный полюс» на юго-восток 10 и 13 августа обратное течение наблюдалось на глубине

75 м до 19 августа, т. е. в течение 5 суток после прекращения дрейфа. Таким образом, дрейф льда, действуя на поверхностный слой воды, вызывает течение, которое по своему характеру напоминает такое же течение, которое создается на мелководье. Опять-таки поверхность раздела между отличающимися друг от друга по своей плотности слоями воды играла своеобразную роль «жидкого дна».

Эти наблюдения станции «Северный полюс» заслуживают глубочайшего внимания. Впервые такого рода наблюдения сделаны в исключительно благоприятной обстановке. Здесь не было ни волны, которая обычно мешает производить подобного рода наблюдения в открытом море, ни искажающего влияния берегов. Эти наблюдения по условиям их производства можно сравнить только со специальными лабораторными опытами, где все предусматривается, чтобы получить явление в наиболее чистом виде. Несомненно, что эти наблюдения повлекут за собой большое число теоретических исследований.

5. Приливы

28 апреля 1939 г. советский самолет «Москва» с героями-летчиками Коккинаки и Гордиенко совершил замечательный перелет по маршруту Москва—Ленинград—Тронхейм (Норвегия)—Исландия—Гренландия—залив св. Лаврентия и здесь совершил посадку на небольшом островке Мискоу в западной части этого залива.

Предположим, что наши герои, вместо того чтобы опуститься на острове Мискоу, продолжали бы свой путь немного на юго-восток, перелетели бы через остров принца Эдуарда (расположенный в южной части залива св. Лаврентия и отделенный от материка проливом Нортумберландским), через перешеек, соединяющий полуостров Новую Шотландию с материком, и опустились бы на северо-восточном побережье залива Фунди у бухты Ноель. Здесь наши летчики увидели бы зрелище, которое нигде больше на земном шаре увидеть нельзя.

Два раза в сутки уровень воды здесь то поднимается, то опускается, причем разница между самым низким положением уровня воды (малая вода) и самым высоким (полная вода), или так называемая амплитуда прилива, в некоторые дни достигает 16,3 м (высоты пятиэтажного дома). Это наибольшая, известная до сих пор, амплитуда прилива на земном шаре.

Явления прилива, заключающиеся в периодических колебаниях уровня моря, наблюдаются повсеместно на побережьях

Мирового океана и морей, сообщающихся с океаном широкими проливами. Давно также было подмечено, что приливы находятся в связи с движением Луны по небесному своду, но точное объяснение этого замечательного явления дано было только Ньютоном (1642—1727), открывшим закон тяготения: все тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату их расстояния друг от друга. Ньютон дал и первую теорию приливов, по которой явления прилива вызываются не только притяжением Луны (лунные приливы), но и притяжением Солнца (солнечные приливы).

По той же теории приливообразующая сила Луны в 2,17 раза больше приливообразующей силы Солнца, так как, хотя масса Луны значительно меньше (в 81,5 раза), а масса Солнца (в 333 400 раз) больше массы Земли, но расстояние Луны от Земли значительно меньше (в среднем равно 60,3 земного радиуса) расстояния от Земли до Солнца (в среднем равного 23 484 земным радиусам).

Отсюда вытекает, что солнечные приливы в 0,46 раза меньше лунных, и становится понятным то обстоятельство, что за много сотен лет до нашей эры была усмотрена связь приливных явлений с движением Луны.

Но Луна обращается вокруг Земли в 24 часа 50 мин., т. е. приблизительно за сутки. Почему же обычно за сутки мы имеем не один, а два прилива? Чтобы ответить на этот вопрос, разберемся подробнее, как влияет Луна на приливы. Помня, что приливы вызываются не только Луной, но и Солнцем, нам нетрудно будет распространить в дальнейшем наши выводы и на Солнце.

Мы обычно говорим: Луна обращается вокруг Земли, Земля вместе со своим спутником Луной обращается вокруг Солнца. Это не совсем верно потому, что если Земля притягивает Луну, то в свою очередь и Луна притягивает Землю. В результате система Земля—Луна вращается вокруг общего центра тяжести. Положение этого центра нетрудно вычислить.

Подвесим на концах прутика, длину которого примем равной расстоянию Луны от Земли (т. е. 60,3 земного радиуса), два грузика, из которых один в 81,5 раза тяжелее другого, (здесь 81,5 есть отношение массы Земли к массе Луны), и найдем на прутике точку подвеса, при которой наш прутик будет горизонтален. Нетрудно убедиться, что этот общий центр тяжести будет находиться на расстоянии 0,73 земного радиуса от центра Земли.

Отсюда мы получаем, что Земля не только вращается вокруг своей оси (движением вокруг Солнца мы пока пренебрегаем), но кроме того во время движения системы Земля—Луна центр тяжести Земли описывает круг радиусом, равным 0,73 земного радиуса. Это обстоятельство и объясняет явление приливов на Земле.

Возьмем на земной поверхности частицу и посмотрим, какие силы на нее действуют.

Первая сила — это сила притяжения Земли, по закону Ньютона пропорциональная массе Земли, обратно пропорциональная квадрату земного радиуса и направленная прямо к центру Земли.

Вторая сила — это центробежная сила вращения Земли вокруг ее оси. Центробежная сила, развивающаяся при всяком вращательном движении, как известно, равна произведению квадрата угловой скорости вращения Земли на расстояние от оси вращения. На полюсах эта сила равна нулю, а на экваторе достигает наибольшего значения. Направлена центробежная сила всегда от оси вращения.

Обе эти силы для каждой точки Земли постоянны по величине и никакого влияния на приливные явления не имеют.

Их равнодействующая является силой тяжести и определяет собою эллипсоидальную форму Земли.

Третья сила, действующая на частицу поверхности Земли, — это сила притяжения Луны. Эта сила направлена прямо на Луну и, следовательно, все время в связи с движением Луны вокруг Земли меняет свое направление. Но так как расстояние Луны от Земли в известных пределах также меняется, то, следовательно, эта сила меняется несколько и по своей величине.

Четвертая сила, действующая на нашу частицу, это — центробежная сила, образующаяся в результате обращения системы Земля—Луна вокруг их общего центра тяжести. Так как вращение Земли около ее собственной оси уже учтено второй силой, то здесь нам надо рассматривать обращение Земли вокруг общего центра тяжести системы Земля—Луна без ее собственного вращения.

«Обращение без вращения» звучит странно, но нам легко его воспроизвести. Положим руку на стол ладонью книзу и будем ладонью описывать на столе окружность. Мы заметим, что все точки нашей руки — все пальцы, все ногти — двигаются параллельно друг другу, все описывают с той же скоростью окружности одного и того же радиуса. Вот это и будет «обращение без вращения». Но если точки двигаются

с одной и той же скоростью по окружностям одного и того же радиуса, то, следовательно, центробежная сила, развиваемая при таком движении, будет одинакова по скорости и направлению для всех точек нашей ладони, следовательно — и для Земли. Направлена эта сила всегда от Луны.

Равнодействующая третьей и четвертой силы является приливообразующей силой Луны.

На рис. 19 представлены Земля, Луна, третья и четвертая силы.

В точках, расположенных на концах диаметра Земли, направленного на Луну, третья и четвертая силы совпадают друг с другом по направлению. Но четвертая сила как для точки, ближайшей к Луне, так и для точки, наиболее удален-



Рис. 18. Общая ось вращения системы Земля-Луна.

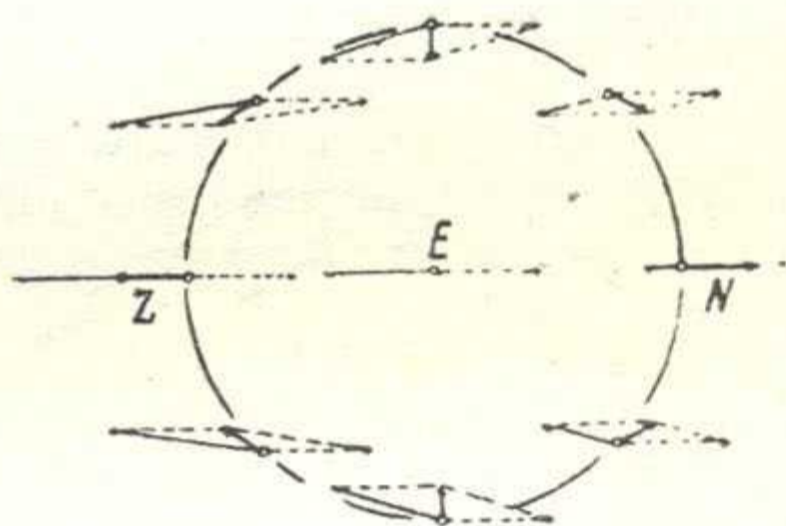


Рис. 19. Приливообразующие силы как равнодействующие силы притяжения и силы центробежной (при обращении без вращения).

ной от Луны, одинакова для обеих точек, а третья сила для ближней точки значительно больше, чем для дальней. Отсюда равнодействующая этих сил в зените направлена прямо к Луне, а равнодействующая в надире направлена прямо от Луны. Из рисунка нетрудно видеть, что равнодействующая в точках, отстоящих на 90° от точек надире и зенита, направлена внутрь земли.

Яснее это видно из рисунка 20, где показаны только равнодействующие приливообразующей силы Луны.

Всякую силу можно разложить на составляющие. Разложим приливообразующую силу Луны на две составляющих: одну по отвесу, другую по горизонтали. Как показывают вычисления, вертикальная составляющая приливообразующей силы Луны не может быть больше одной девятимиллионной, а горизонтальная составляющая одной двенадцатимиллионной силы тяжести. Это значит, что дородный человек весом в 60 кг тогда, когда Луна стоит прямо над его головой, теряет в весе около 7 мг. Понятно, это можно заметить

только на пружинных весах (безмен), так как на рычажных весах гири также при этом теряют в весе.

Хотя вертикальная составляющая приливообразующей силы почти на 25% больше горизонтальной составляющей, однако ей приходится совершать работу против силы тяжести. Поэтому главную роль в приливо-отливных явлениях играет горизонтальная составляющая.

На рис. 21 представлена Земля, и на ее поверхности проведены линии, соединяющие точки с одинаковой горизонтальной приливообразующей силой. Очевидно, что если бы Земля была сплошь покрыта океаном, то эти силы стреми-

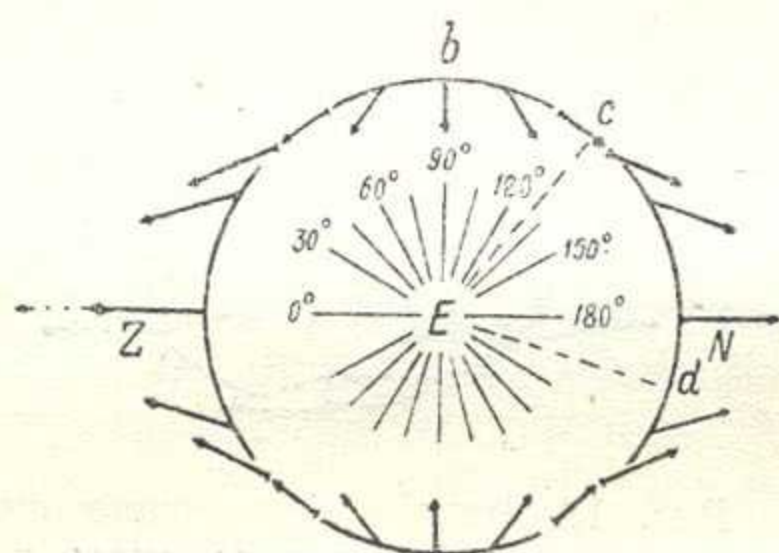


Рис. 20. Направления и относительные величины приливообразующей силы Луны (по Дарвину).

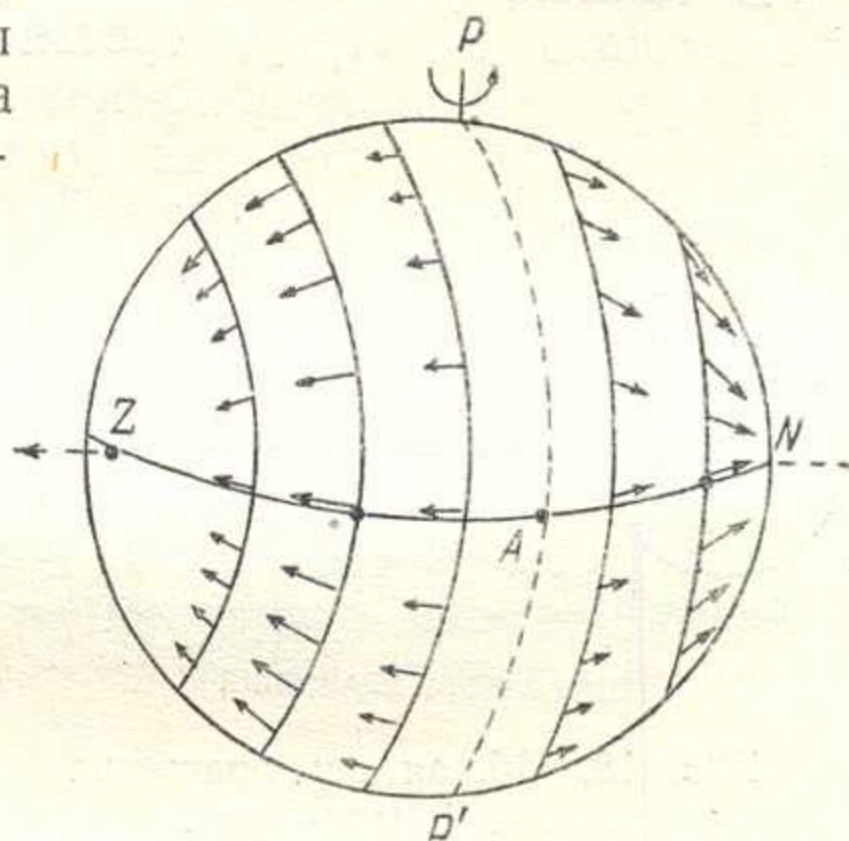


Рис. 21. Горизонтальные составляющие приливообразующей силы Луны (по Дарвину).

лись бы согнать воду к концам диаметра Земли, проходящего через Луну. Таким образом мы получаем, что на Земле одновременно наблюдаются два повышения уровня: одно там, где Луна находится как раз над головой, и другое как раз на противоположной стороне Земли. Наибольшее понижение уровня приходится на дугу окружности, расположенную между этими точками.

Для каждой отдельной точки земной поверхности наибольшее повышение уровня моря должно приходиться как раз на моменты, когда Луна находится выше всего и ниже всего относительно горизонта.

Понятно из сказанного выше, что за время обхода Земли Луною, т. е. приблизительно за 24 часа 50 мин., в каждой точке моря должно случаться два прилива и два отлива.

Дело было бы сравнительно просто, если приливы вызывались бы только Луной. Но приливы, как сказано, обра-

зуются и Солнцем, а приливообразующая сила Солнца в 0,46 раза меньше приливообразующей силы Луны. Иногда эти силы складываются друг с другом, и тогда приливы увеличиваются, а иногда вычитаются, и тогда приливы уменьшаются. Первый случай бывает тогда, когда Солнце и Луна находятся приблизительно на одной линии, т. е. в полнолуние и новолуние. Такие приливы называются сизигийными. Наоборот, наименьшей высоты приливы бывают тогда, когда Луна находится в первой или третьей четверти. Такие приливы называются квадратурными. Луна обращается вокруг Земли приблизительно в 27,3 суток. Поэтому в каждой точке земной поверхности мы приблизительно два раза в месяц наблюдаем сизигийные и два раза в месяц квадратурные приливы.

Теоретически подсчитано, что если бы вся Земля была покрыта океаном, то наибольшая амплитуда прилива, т. е. разность уровней моря в моменты полной и малой воды, была бы всего около метра.

Именно такой высоты и достигают приливы на удаленных от материков океанических островах, что доказывает правильность теории. У берегов, как мы видели, амплитуда прилива может достигать значительно большей величины. Солнце в своем видимом движении может быть точно над головой, или, как говорят, в зените, только в приэкваториальной зоне между тропиками, т. е. в зоне между $23^{\circ}5'$ с. ш. и $23^{\circ}5'$ ю. ш. Луна может быть в зените на $5^{\circ}8'$ севернее и на столько же южнее Солнца. В среднем оба эти светила движутся по экватору. Вот мы и предположим для простоты, что Луна движется строго по экватору и что приливы производятся только Луной. Если бы Земля была сплошь покрыта океаном и мы смотрели бы на Землю со стороны, мы увидели бы, что по ее поверхности дважды в сутки пробегают две громадных волны. Гребни этих волн вытянуты по меридиану, на котором находится в данный момент Луна, а подошвы расположены приблизительно по середине между этими меридианами. Эти волны, понятно, перемещаются по поверхности Земли с той же скоростью, с которой Луна совершает свой видимый путь по небосводу. Такие волны, у которых скорость определяется скоростью вызывающего волну тела, называются вынужденными.

Но предположим на минутку, что приливообразующее действие Луны по тем или иным причинам прекратилось. Движение приливных волн прекратится, однако, не сразу. Они будут продолжать обегать земной шар до тех пор,

пока вся их энергия не поглотится трением и не обратится в теплоту.

Однако скорость таких волн будет уже совершенно иной. Она будет зависеть от глубины места. Чем глубже океан, тем больше будет скорость таких волн, называемых, в отличие от вынужденных, свободными волнами.

Как показывает теория, для того чтобы свободная волна не отставала от вынужденной волны, возбуждаемой движением Луны, глубина океана у экватора должна быть около 21 км, а на широте Ленинграда около 5 км. Но наибольшая глубина океана около 11 км, а средняя равна 3800 м. Таким образом, свободные приливные волны неизбежно отстают от вынужденных приливных волн.

Мы допустили, что земной шар сплошь покрыт океаном. На самом деле Мировой океан разделен континентами на отдельные бассейны. В каждом таком бассейне зарождаются свои собственные вынужденные приливные волны, переходящие в свою очередь в свободные приливные волны.

Только в южном полушарии — между Антарктидой и южными мысами Америки, Африки и Австралии — сплошной пояс Мирового океана приблизительно по параллели охватывает земной шар. Здесь и зарождаются наиболее мощные вынужденные приливные волны. Когда такая волна проходит, например, мимо мыса Доброй Надежды (южной оконечности Африки), она заворачивает в Атлантический океан и здесь уже распространяется как свободная волна на север, достигая берегов Европы, проникая в Северный Ледовитый океан и распространяясь вдоль полярных побережий СССР вплоть до Берингова пролива.

То, что мы наблюдаем в океане, и является результатом сложения свободной приливной волны, создающейся под совокупным действием Луны и Солнца в южном поясе Мирового океана, вынужденной волны, создающейся в данном районе благодаря тем же причинам, и множества свободных приливных волн, приходящих в тот же район из других близких районов.

Прибавим к этому, что направления от Земли на Солнце и на Луну непрерывно меняются. Меняется и расстояние от Земли до Солнца в пределах от 22 949 до 23 731 земного радиуса, и от Земли до Луны в пределах от 57,0 до 63,7 земного радиуса. В связи с этим меняются и направления и величины приливообразующих сил. В результате создается весьма сложная картина, усложняемая тем, что приливные волны, достигая берегов, частично отражаются и частично

видоизменяются. И все-таки человечество благодаря трудам таких ученых, как Ньютон, Лаплас, Дарвин и др., сумело разобраться во всех этих сложных явлениях и, изучив законы движения Земли и Луны, научилось предсказывать высоту и времена наступления прилива и отлива для различных точек земной поверхности на многие годы вперед. В этом величайшее торжество человеческого знания.

Теоретически вычислено, что амплитуда прилива не может быть больше 1 м, а между тем в заливе Фунди амплитуда

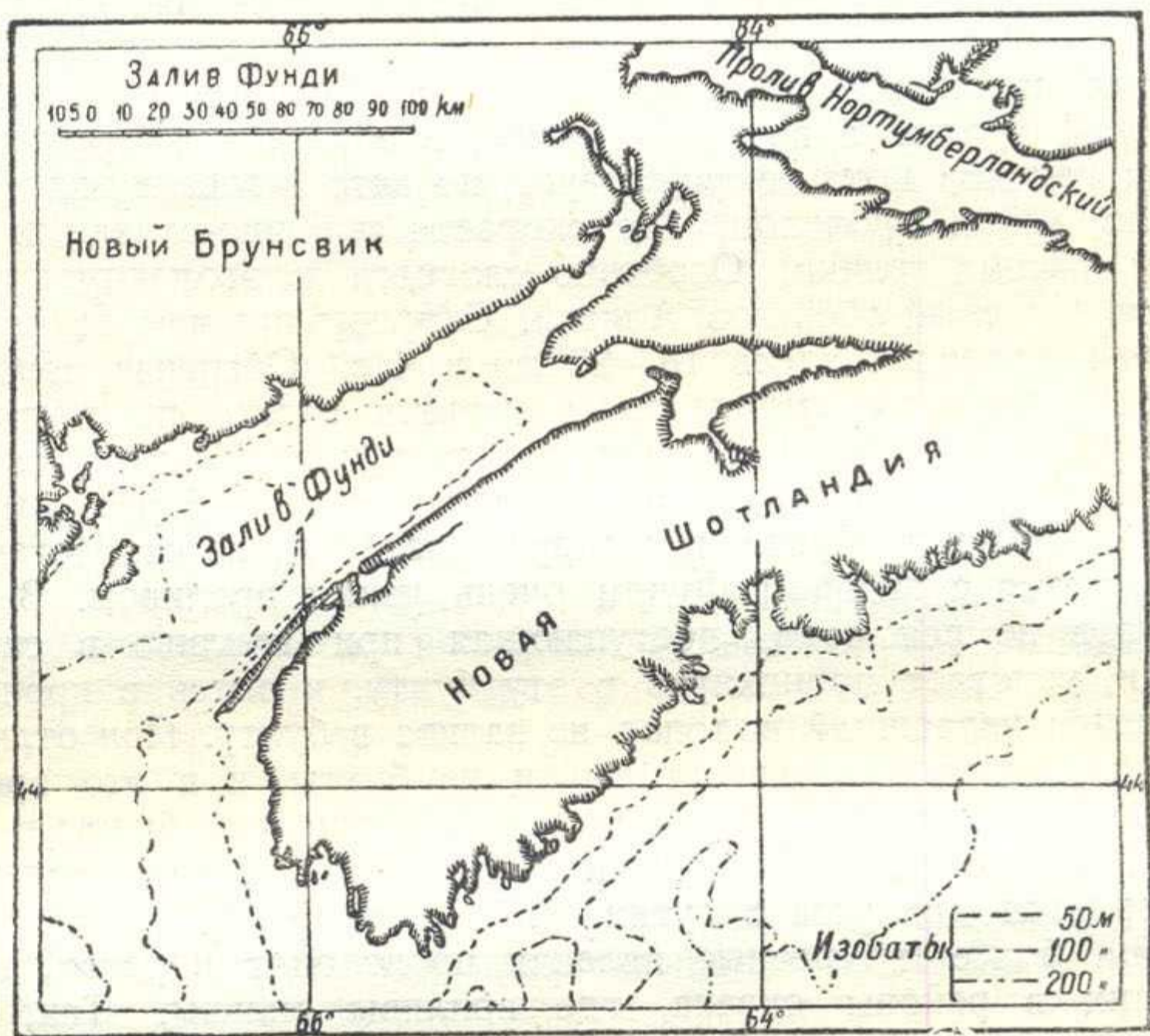


Рис. 22. Карта залива Фунди. Изобаты приведены для 50, 100 и 200 м.

прилива достигает 16,3 м. Для создания такого прилива нужно, чтобы дно моря и очертания берегов были бы особой формы.

Достаточно посмотреть на карту залива Фунди, чтобы увидеть, что он представляет собою открытую к океану воронку, глубины которой постепенно уменьшаются по мере приближения к куту залива.

Приливная волна при входе в этот залив не представляет

собою ничего особенного. Амплитуда прилива здесь около 4 м. Но по мере распространения приливной волны вглубь залива приливная волна как бы сжимается берегами, и вот здесь постепенно энергия вошедшей волны сказывается на увеличении амплитуды. Это доказывается тем, что по другую сторону узкого перешейка (шириной всего 20—40 км), отделяющего залив Фунди от пролива Нортумберландского, амплитуды прилива не превышают 2—3 м.

Предположим, что мы через этот перешеек прорыли канал так, чтобы в этом канале не было никаких шлюзов. Понятно, что в этом канале во время прилива образовалось бы быстрое приливное течение из залива Фунди в Нортумберландский пролив, а во время отлива в обратном направлении. Таких каналов пока не существует, но зато в океане мы знаем немало узких проливов, где скорости приливо-отливных течений весьма велики. Особенно славится в этом отношении пролив Опасный у берегов Аляски. Скорость приливо-отливных течений достигает здесь 18—22 км в час.¹ Обычные морские грузовые пароходы могут здесь плавать только по течению, так как их скорость в среднем не превышает 15 км. в час.

В отдельных бухтах приливы создают еще более удивительные явления. Бухта, в которую впадает река св. Иоганна, соединяется с заливом Фунди очень узким проливом. В результате не вся вода, поступающая при приливе в залив Фунди, успевает проникнуть в эту бухту, и здесь в проливе создается настоящий водопад из залива в бухту. При отливе, наоборот, вода не успевает выйти из бухты, и в это время создается водопад в обратном направлении — из бухты в залив. Это знаменитые «обратные» водопады, и это явление повторяется два раза в сутки.

Еще более интересные явления происходят в реках, впадающих в районы океана, где приливы сильны. Так, на величайшей по своему бассейну реке земного шара Амазонке приливо-отливные колебания уровня заметны на расстоянии 1400 км от устья. Во время сизигийных приливов, т. е. во время новолуния и полнолуния, вода со страшным шумом и разрушительной силой врывается в воронкообразное устье Амазонки огромным валом. На мелководьях этот быстро распространяющийся вверх по реке вал образует почти отвесную стену высотой 4—5 м. Это явление называется бору́м.

На реке св. Лаврентия, впадающей в залив того же на-

¹ Для сравнения укажем, что скорость р. Невы у Ленинграда не превышает 6 км в час.

звания, на одном из островов которого опустился самолет Коккинаки, приливы заметны в 700 км от устья.¹

На рис. 23 показан ход уровня у города Монктона, расположенного на реке Петикодиак в 32 км от впадения ее в залив Фунди. Бор здесь достигает 1 м высоты. Особенно сильный бор наблюдается по реке Тзиен-Танг-Кианг, впадающей в залив Ханчжоу в Китае, где в сизигийные приливы бор достигает высоты 3—4 м, распространяясь вверх по реке со скоростью 16 км в час. Большинство морских портов расположено в устьях больших рек. Это вполне понятно, так как каждый морской порт, особенно до изобретения железных дорог, создавался на месте, наиболее удобном для перегрузки товаров с речных судов на морские и обратно. Понятно, что приливо-отливные явления для таких портов имеют громадное значение.

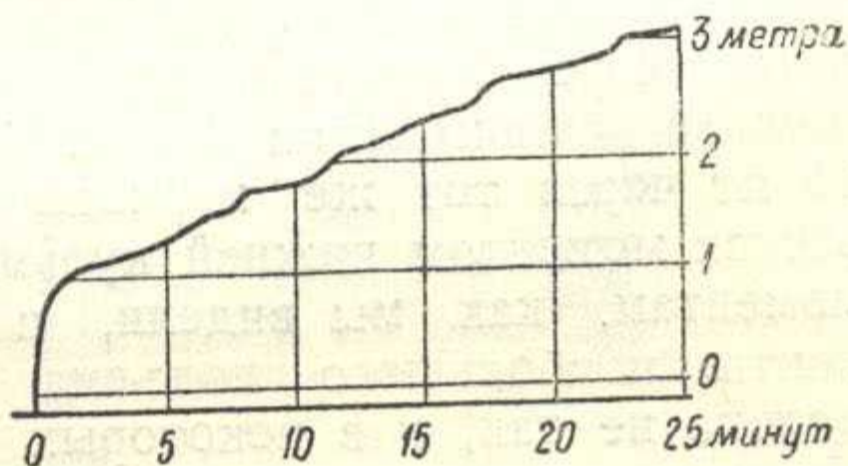


Рис. 23. Кривая повышения уровня при боре на р. Петикодиак у гор. Монктона (по Даусону).

Во время прилива, пользуясь попутным течением, судам легко подниматься вверх по реке, тем более что в это время глубины на фарватере увеличиваются; во время отлива удобно выходить из порта, опять-таки пользуясь попутным течением.²

Используются приливные явления и при плавании во льдах. Два раза в сутки, когда отливное течение сменяется на приливное, происходит сжатие льдов, особенно сильное при сизигийных приливах. Эти сжатия не только останавливают иногда на время пароходы и ледоколы, но и вызывают также торошение льдов, т. е. нагромождение отдельных льдин и ледяных полей друг на друга. Но зато при сменах приливного течения на отливное льды разрезаются, между отдельными ледяными полями образуются широкие проходы,

¹ Приливы заметны на р. Северной Двине в 120 км, на р. Печоре в 85 км от устья.

² Моряки не только используют попутные приливо-отливные течения, но и предпочитают у малоизвестных берегов плавать при приливе. Действительно, если при этом судно сядет на мель, то через некоторое время подъем воды зачистит судно с мели.

Но зато, если корабль сядет на мель во время отлива, то придется посидеть на мели по крайней мере 6 часов, что в бурную погоду может оказаться весьма опасным для корабля.

и корабли, до того неподвижные, начинают быстро продвигаться вперед по курсу.

Уже говорилось, что все приливо-отливные явления связаны, главным образом, с видимым движением Луны по небосводу. Отсюда, зная наперед по астрономическим таблицам положение Луны на небосводе для каждого данного места, в каждый данный момент можно подметить, какому именно положению Луны на небосводе соответствует наибольшая высота уровня моря в данном месте и какому положению соответствует наибольшая скорость приливо-отливного движения. Тот момент, когда Луна в своем видимом движении проходит через меридиан данного места, называется моментом верхней кульминации Луны. Тот момент, когда Луна проходит через тот же меридиан по ту сторону Земли, называется моментом нижней кульминации Луны. По теории этим моментам, как мы видели, и должны соответствовать моменты наибольшего подъема уровня моря. На деле это далеко не так, и в некоторых местах полная вода наступает несколько раньше, а в других местах несколько позже кульминации Луны. Промежуток времени между моментами кульминации Луны и ближайшей полной водой называется «прикладным часом», а промежуток времени между моментом кульминации Луны и наибольшим сжатием ледяных полей называется «ледяным часом». Сизигийные приливы по теории также должны совпадать с моментом полнолуния или новолуния. На самом деле этого также почти нигде не бывает. Сизигийные приливы наступают или несколько дней спустя, или за несколько дней перед новолунием и полнолунием. Этот промежуток времени называется «возрастом прилива». Понятно, что знание прикладного часа, возраста прилива, амплитуды прилива, направления и скорости приливо-отливных течений имеет громадное практическое значение.¹

Приливо-отливные явления в окраинных морях Советской Арктики пока изучены еще недостаточно полно, но все же настолько, что дают возможность предвычислять эти явления. В меньшей мере изучены приливы на американском побережье.

Наблюдения над уровнем до сих пор были возможны

¹ Для нужд мореплавания все морские страны издают ежегодно специальные таблицы приливов, по которым корабли могут узнавать элементы прилива почти для всех морских портов мира на любое время. Для того чтобы вычислить все эти величины на многие годы вперед, достаточно произвести в продолжение только 15 суток соответствующие наблюдения над уровнем моря и над приливо-отливными течениями.

только вблизи берегов или со льда на мелководьях. Эти наблюдения показали, что в среднем амплитуда прилива под сплошным ледяным покровом уменьшается приблизительно в два раза.

Наблюдения над приливо-отливными течениями возможны также только на сравнительно небольших глубинах с судов, стоящих на якоре, или с судов, дрейфующих вместе со льдами.¹ Такие наблюдения производились неоднократно, но особенно характерны в этом отношении наблюдения, произведенные ледоколом «Ленин» в зиму 1937/38 г. во время его дрейфа со льдами в юго-западной части моря Лаптевых. Эти наблюдения показали, что ледяные поля, помимо дрейфа, вызванного ветром, и движения вместе с постоянными течениями, дважды в сутки описывали почти правильные окружности по часовой стрелке диаметром — при глубине места около 30 м — около 5 км. Примечательно также, слой моря одновременно также описывали окружности и тоже по часовой стрелке, но диаметром около 5 км. Примечательно также, что одновременные течения у дна и у поверхности моря были почти всегда противоположны друг другу по направлению.

В глубоких частях океана исследования приливов возможны только по наблюдениям внутренних волн; пока таких наблюдений еще слишком мало.

Северный Ледовитый океан (и вообще все замерзающие моря) открывает еще одну возможность изучения приливов в открытом море. Это — наблюдения над чередующимися сжатиями и разрежениями льдов. Таких наблюдений пока также очень мало. Нансен, однако, показал возможность их



Рис. 24. Схема положения котидаальных линий для Баренцова и Белого морей, составленная Ф. П. Литке в 1846 г.

¹ Все прибрежные станции производят наблюдения над элементами приливо-отливных явлений — над уровнем моря, над приливо-отливными течениями, над внутренними волнами. Все морские научные экспедиции, длительно задерживающиеся по каким-либо причинам в одной точке океана, также производят аналогичные наблюдения.

использования, и седовцы вели соответствующие тщательные записи. Это несомненно принесет большую пользу для изучения одного из наиболее интересных явлений природы — приливов в самом центре Арктики.

Соединим на карте линией пункты, где гребень приливной волны находится, скажем, в 0 час. по гриничскому времени.



Рис. 25. Карта котидаальных линий Северного Ледовитого океана по Гаррису (1911 г.).

построена в 1846 г. известным русским исследователем Ф. П. Литке.¹ Первая котидаальная карта для всего Арктического бассейна, воспроизводимая на рис. 25, принадлежит Гаррису.

На этой карте видно, что приливная волна входит в Арктический бассейн двумя путями — через пролив между Норвегией и Шпицбергом и через «пролив патанинцев». Первая волна распространяется по Баренцову морю и заходит в Белое море. Вторая волна огибает Шпицберген и распространяется вдоль азиатского побережья, давая ветви в советские моря и постепенно замирая по мере продвижения на восток.

При сопоставлении наблюдений на азиатском и американском побережье у Гарриса получились неувязки, а именно:

¹ Адмирал Федор Петрович Литке в течение четырех лет (1821—1824) обследовал Новую Землю. В его честь назвали один из наших лучших ледоколов.

у побережья Аляски приливная волна распространяется с запада на восток, т. е. параллельно берегу, в то время как она, казалось, должна была бы здесь подходить фронтом к берегу. Это обстоятельство, некоторые теоретические соображения, а также некоторые косвенные данные навели Гарриса на мысль о возможном существовании к северу от моря Бофора островов или мелководья, как бы отклоняющих в сторону при-

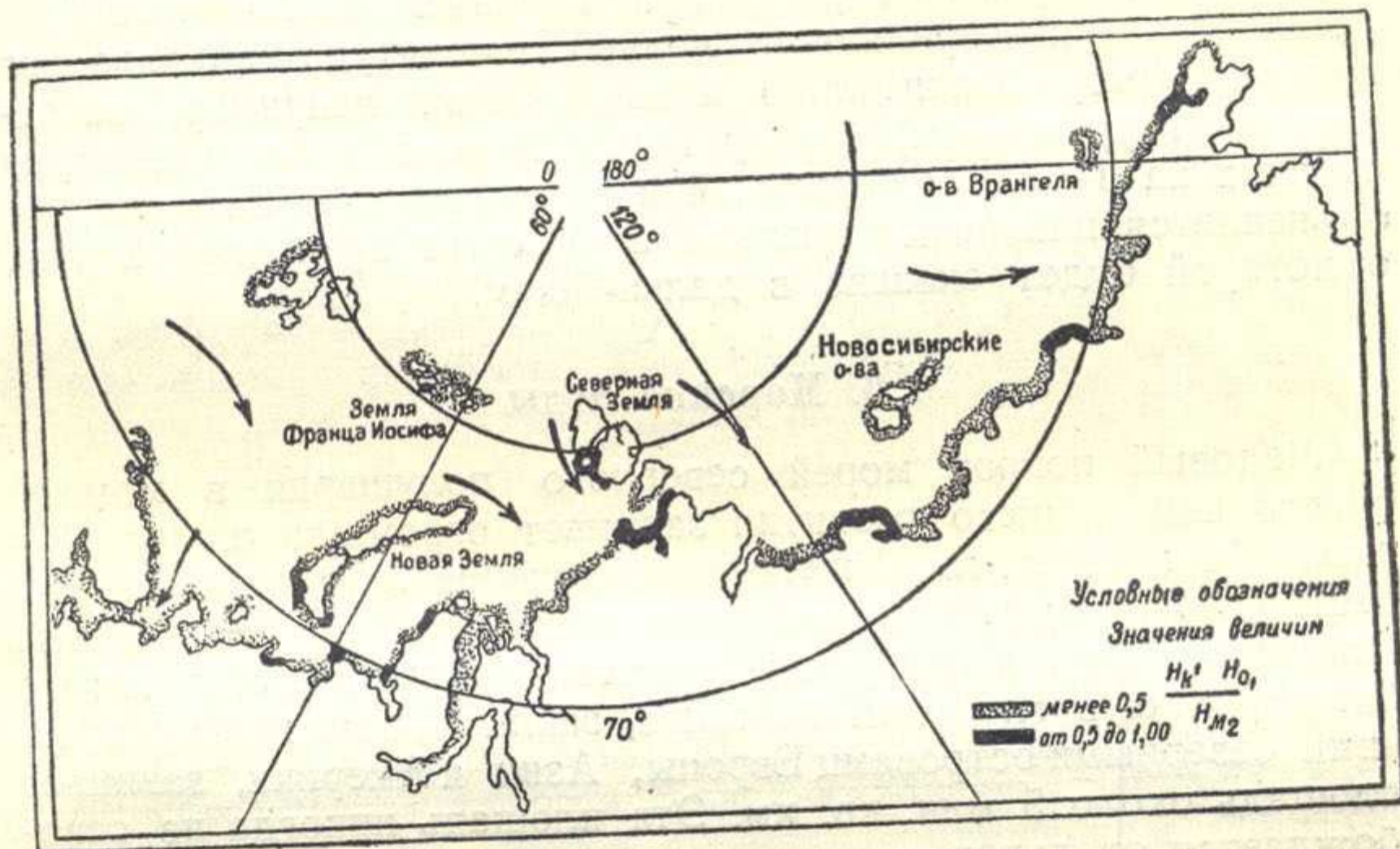


Рис. 26. Схема географического распределения приливов по их характеру вдоль северных берегов СССР.

Стрелками указано направление, в котором распространяется приливная волна.

ливную волну. Эти предполагаемые острова получили название «Земля Гарриса». Для проверки существования «Земли Гарриса» Уилкинс, как уже упоминалось, летал в 1928 г. от Аляски по направлению к Гренландии и далее к Шпицбергену. «Земли Гарриса» он не обнаружил; правда, условия погоды во время полета не были благоприятны.¹

На рис. 26 дана схема распределения приливов по их характеру (по Березкину). По своему характеру приливы разделяются на полусуточные (при которых мы в каждой точке

¹ Как известно, папанинцы измерили у самого полюса глубину в 4290 м. Это является некоторым косвенным доказательством, что по крайней мере до 88—89° с. ш. (считая от полюса) в направлении на море Бофора никакой земли не существует.

моря имеем два прилива и два отлива), суточные (когда в сутки мы имеем только один прилив и один отлив) и, наконец, смешанные (когда приливы по своему характеру приближаются то к полусуточным, то к суточным приливам). Амплитуды приливов на Мурманском побережье доходят до 4 м, в Горле Белого моря до 7 м, чем дальше на восток, тем амплитуда приливов все меньше и меньше, причем, как и везде в северном полушарии, в проливах (если смотреть по распространению приливной волны) амплитуда прилива на правом берегу значительно больше. Так, например, на западном (Мурманском) берегу Горла Белого моря амплитуда прилива на 1—1,5 м больше, чем на восточном. Это явление объясняется влиянием отклоняющей силы вращения Земли, о которой будет сказано в дальнейшем.

6. Морские льды

Ледовый покров морей северного полушария в момент своего наибольшего развития занимает огромную площадь — около 12 млн. кв. км. Ежегодно в течение лета общее количество льдов уменьшается приблизительно на одну треть. Площадь льдов в центральной части Северного Ледовитого океана, т. е. в глубоком бассейне, заключенном между крайними северными островами Европы, Азии и Америки, занимает площадь около 5 млн. кв. км. Эта площадь никогда не освобождается от льдов.

Льды в море по своему происхождению и по своим свойствам резко разделяются на речные, глетчерные и морские.

Речные льды выносятся во время ледохода реками, впадающими в Северный Ледовитый океан. Они отличаются своим коричневатым цветом, своей загрязненностью и встречаются только у самых устьев рек. Речные льды растаивают в течение полярного лета и не имеют значения в режиме льдов Арктического бассейна.

Глетчерные льды, плавающие в виде айсбергов, образуются в результате облома ледников, спускающихся с поверхности суши в море.

Основную массу льдов Северного Ледовитого океана составляют беловато-зеленоватые морские льды, образующиеся из самой морской воды.

Наиболее поразительным свойством морского льда является то, что он в среднем приблизительно в четыре раза менее солон, чем вода, из которой данный лед образовался.

Другим удивительным свойством морских льдов является

то, что с течением времени они постепенно преснеют и в конце концов становятся годными для приготовления пищи. Эти свойства морских льдов объясняются их строением.

Льдообразование в море начинается с появления тонких ледяных игл — кристаллов чистого льда, сплетающихся в причудливую сетку. С течением времени кристаллы эти увеличиваются, сохраняя свою чистоту, а растворенные соли, всякие примеси органического и неорганического происхождения и пузырьки воздуха, находящиеся в морской воде, сосредоточиваются в промежутках между кристаллами. Таким образом, морской лед после своего образования состоит из кристаллов чистого льда, между которыми вкраплены ячейки с рассолом и пузырьки с воздухом.

Изменения температуры морского льда за время его жизни то в одну, то в другую сторону влекут за собой изменения объема ячеек с рассолом. Так, при понижении температуры выделение добавочных кристаллов льда влечет за собой увеличение объема и, как следствие, разрыв, создание мельчайших трещин, по которым рассол ячеек постепенно стекает вниз, чем вызывается опреснение льда. Замечено, что соленость нового льда тем выше, чем ниже температура воздуха и чем скорее, следовательно, идет льдообразование. При очень низких температурах воздуха рассол не только не успевает стечь вниз, но даже выдавливается на поверхность льда. Таким образом, поверхность льда, образовавшегося при очень низких температурах, всегда представляется несколько влажной от рассола. При еще более низких температурах поверхность льда покрывается удивительно красивыми так называемыми «ледяными цветами». Эти «ледяные цветы» представляют собой тончайшие кристаллики льда, на кончики которых как бы насажены кристаллы соли. Это явление настолько характерно, что многие исследователи отмечают большую трудность санных экспедиций по молодому льду, образовавшемуся при низких температурах. Создается впечатление, что сани не скользят по льду, а тормозятся, как бы двигаясь по песку.

Не всегда льдообразование в море начинается на его поверхности. Если воды достаточно охлажденного моря сильно перемешиваются ветром, волной или сильными течениями, то начальное образование льда может иметь место в самой толще воды или даже у самого дна.¹ Образующиеся на глубине

¹ Образование такого донного льда неоднократно отмечалось в мелководном Азовском море.

частицы льда не всплывают сразу на поверхность моря, а теми же вихрями, которые вызвали их образование, переносятся с места на место. В дальнейшем частицы глубинного льда, представлявшие собой строго круглые диски с зеркальными боковыми поверхностями, смерзаются при соединении друг с другом, увеличиваются в размерах и в конце концов поднимаются на поверхность моря.¹

Образование глубинного, а также и донного льда в море так же, как и в реках, требует низких температур воздуха, сильного перемешивания воды течениями или ветром и отсутствия льда на поверхности моря. Как только поверхность моря затягивается льдом, образовавшимся на его поверхности, или всплывшим глубинным льдом, образование глубинного и донного льда в большинстве случаев прекращается.

Иногда в море начальная корка льда образуется из выпадающего на поверхность моря снега. Такой лед имеет характерные особенности в своем строении, отличается своим белым цветом и носит специальное название — снежуры.

Как мы видели, при спокойном состоянии моря и отсутствии ветра на поверхности моря образуются мелкие кристаллы в виде ледяных игл. Эти первичные образования постепенно разрастаются, срастаются и образуют на поверхности моря пятна налета, по виду напоминающего застывающее сало и называемого «ледяным салом». Сало обычно темносвинцового цвета, мало отличающегося от цвета воды в облачную погоду, и по своему виду напоминает мелко истертый лед.

Странное впечатление производит море, покрытое ледяным салом. Морская вода кажется тяжелой — похожей на ртуть. Так как обычно льдообразование начинается неравномерно по всей поверхности моря, а отдельными, более или менее редкими пятнами, то поверхность моря, покрытого салом, приобретает вид муара.

При дальнейшем охлаждении и совершенно спокойном состоянии моря вся его поверхность покрывается тонкой бле-

¹ Из истории мореплавания известны случаи, когда в начале зимы в Балтике мореплаватели оказывались окруженными со всех сторон льдом, внезапно поднявшимся со дна моря. Известно также, что донный лед у скалистых берегов Гренландии, Лабрадора и Шпицбергена часто поднимает с собой на поверхность моря обломки камней и грунта. У Ньюфаундленда донный лед встречался на глубинах 20—30 м. У берегов Лабрадора однажды на поверхность моря был вынесен донным льдом ящик с инструментами. Этот ящик оказался принадлежащим судну, погибшему много лет назад в Гудзоновом проливе, на несколько сот километров к северу от места находки.

стящей коркой льда — «склянкой». Если корабль идет по «склянке», то слышен очень характерный шум, производимый отламывающимися и далеко разлетающимися по поверхности льда отдельными льдинками.

Иначе происходит начальное льдообразование при слегка беспокойном море. Оно начинается тогда как бы из многих центров, и при этом образуются диски почти правильной формы диаметром до 30—50 (и более) сантиметров. Характерным для этих дисков является то, что они окаймлены небольшими валиками, получающимися в результате трения дисков друг о друга. Эти валики придают дискам вид плоских сковородок. На всех языках такой лед называется «блинчатым или тарелочным льдом».

Валики больше возвышаются над водой, чем сами диски, и цвет их поэтому белее. Море, покрытое молодым блинчатым льдом, представляется как бы покрытым белой сеткой.

После того как поверхность моря покроется тонким слоем льда, дальнейшее увеличение вертикальных размеров льда идет тем быстрее, чем ниже температура воздуха, и тем медленнее, чем больше толщина образовавшегося льда. Считается, что в условиях Северного Ледовитого океана толщина льда, образованного естественным наростом снизу за один год, не превышает 2—3 м. Большая толщина льдов получается в результате нагромождения отдельных льдин друг на друга, или, как говорят, торошения льдов.

Полярники так и разделяют ледяные поля — на поля нарастания и поля нагромождения.

По области своего происхождения и по своему расположению морские льды делятся на припай, пловучие и паковые льды. Припай занимает в Арктическом бассейне в зимнее время 15—20% всей площади льдов. На долю пловучих льдов приходится 10—15%. Около 70% льдов приходится на долю — также находящихся в постоянном движении — паковых льдов, заполняющих центральную часть Арктического бассейна и окаймленных по периферии сначала пловучими льдами, а еще ближе к берегу — в зимнее время — припаем.

Припай представляет собой неподвижный лед, образующийся в зимнее время у берегов и достигающий к концу зимы толщины около 2 м. В летнее время припай частью растаивает на месте, частью разламывается и уносится в море.

Считается, что припай в зимнее время распространяется от берега до 25-метровой глубины. Наибольшего своего развития припай достигает у берегов Сибири, на меридиане реки Яны, где он простирается от берега на север почти

на 400 км. Это объясняется мелководностью прилегающего района и наличием большого количества островов.

Пловучие льды, как показывает само их название, и летом и зимой находятся в постоянном движении друг относительно друга, частью уничтожаясь в течение лета, частью переживая лето и вмерзая во вновь образующиеся льды.

Среди пловучих льдов встречаются льды самого разнообразного происхождения, разной формы и разного возраста. Считается, что область распространения пловучих льдов ограничивается, с одной стороны, 25-метровыми глубинами (ближе которых к берегу в зимнее время расположен припай) и, с другой стороны, приблизительно границей между мелким и глубоким морем.

Паковые льды представляют собой наиболее законченную форму морских льдов. Это большие поля сравнительно ровного льда толщиной в 3—5 м, окаймленные торосами и пересеченные в некоторых местах ледяными холмами высотой до 8—10 м. Эти холмы являются результатом нагромождения льдов при их сжатии (линии торошения). В отдельных районах паковые льды представляют собой настоящий хаос вздыбленных, нагроможденных друг на друга глыб льда, в расположении которых нельзя подметить никакой закономерности (области торошения).

Для образования паковых льдов, характерных своей монолитностью и отсутствием посторонних примесей (отсутствие солевых ячеек и пузырьков воздуха), необходимо несколько процессов. Во-первых, естественное утолщение льда; во-вторых, утолщение льда нагромождением льдин друг на друга; в-третьих, изменения структуры льда, вызываемые периодическими изменениями температуры; в-четвертых, уплотнение льда периодическими сжатиями и, в-пятых, выравнивание поверхности льдов.

Последний процесс начинается тогда, когда лед достигает настолько большой толщины и мощности, что дальнейшее торошение затрудняется. Зимние вьюги, перенося снег с места на место, постепенно заполняют им отдельные впадины на поверхности льда. Полярное солнце, подымающееся сравнительно невысоко над горизонтом, действует почти исключительно на всякие неровности, выступающие над поверхностью льда, растапливая и сглаживая их. Паковые льды непроходимы для судов какого бы то ни было типа.

Хотя пространства чистой воды между отдельными полями пака крайне незначительны (даже к осени они составляют не более 1—2% площади), но все же они позволяют неко-

торое движение полей даже в зимнее время. Нетрудно, например, подсчитать, что масса ледяного поля, на котором была расположена станция «Северный полюс», равна приблизительно 10 млн. тонн. Понятно, что если такое поле под влиянием ветра или течений приобретает некоторую скорость и наталкивается затем на берег (или на другое ледяное поле, неподвижное илидвигающееся с некоторой другой скоростью), то в точках соприкосновения взламывается лед какой угодно толщины, вызывая грандиозное торошение.

Бадигин описывает зимнее торошение следующими словами, к которым трудно что-либо прибавить:

«Трудно описать эти звуки: они напоминали то завывание ветра, то монотонный гул работающего мотора, то стоны какого-то неведомого зверя, то шум морского прибоя».

С другой стороны, всех наблюдателей поражает удивительная тишина, сопровождающая летнее торошение, в большинстве случаев более грандиозное по размерам, чем зимнее. Громадные монолиты льда откалываются, вздыбливаются и падают, не производя при этом шума, даже при полном отсутствии ветра.

Ужасные звуковые явления, сопровождающие торошение в зимнее время, и абсолютная тишина, сопровождающая грандиозное летнее торошение, объясняются механическими свойствами льдов. Прочность льда в сильнейшей степени зависит от его температуры. При температуре ниже -9° прочность льда приблизительно равна прочности хорошо обожженного кирпича и при дальнейшем понижении температуры почти не увеличивается. При повышении температуры льда до температуры таяния прочность льда быстро падает и доходит почти до нуля. Лед при высоких температурах превращается в кашеобразную массу.

Температура морских льдов во время их существования все время меняется. Наиболее характерным является то, что температура нижней поверхности льда всегда постоянна и приблизительно равна температуре замерзания морской воды, т. е. $1,6-1^{\circ},8$ ниже нуля. Температура же верхней поверхности ледяного поля приблизительно следует за температурой воздуха и иногда спускается ниже -40° . В связи с этим размеры нижней поверхности ледяного поля всегда остаются одинаковыми, а размеры верхней поверхности то уменьшаются, то увеличиваются. Например, верхняя поверхность льдины, на которой дрейфовала станция «Северный полюс», только под влиянием изменения температуры могла изменять свои горизонтальные размеры в течение года на 1—2 м. Это

изменение размеров, понятно, вызывает образование трещин, сопровождающееся в зимнее время звуками, напоминающими звонкие ружейные выстрелы.

Зимовщики станции «Северный полюс» за время пребывания на ледяном поле научились различать разнообразные звуки, которыми в зимнее время наполнен Арктический бассейн.

В течение зимы идет увеличение размеров отдельных льдин нарастанием, нагромождением и смерзанием с другими льдинами. Образуются ледяные поля громадных размеров, иногда взламываемые жестокими зимними штормами. Наибольшего своего развития по площади и толщине ледяной покров Арктики достигает приблизительно к маю, но значительно раньше начинается «внутреннее» таяние морских льдов, выражающееся, прежде всего, в ослаблении их прочности.

Действительно, как мы видели, морской лед состоит из кристаллов чистого льда, окружающих ячейки с рассолом морской воды. Эти ячейки достигают наименьшей своей величины в тот момент, когда температура льда достигает своего минимума. Как только эта температура начинает повышаться, размеры солевых ячеек начинают увеличиваться, концентрация раствора в них соответственно уменьшается — и лед начинает таять как бы изнутри.

Повышение температуры льда вызывается поглощением льдом тепла из воздуха, из воды, окружающей льды, и поглощением солнечного тепла, после того как по окончании долгой полярной ночи солнце начинает все больше и больше показываться над горизонтом.

Поглощение льдом солнечного тепла проходит с весьма интересными особенностями. Снежный покров из всех естественных земных поверхностей является наиболее совершенным отражателем, а вода, наоборот, наиболее совершенным поглотителем солнечной энергии. Поэтому понятно, что с наступлением весны и лета таяние льдов идет быстрее всего там, где чистой воды между льдами больше всего. Вода как бы впитывает в себя солнечное тепло и при соприкосновении со льдами передает его им, растапливая их.

На ледяных полях поглощение солнечного тепла сосредоточивается у темных частиц, встречающихся на поверхности льдов. Эти частицы на прибрежных льдах представляют собой пыль берегового происхождения, заносимую на льды ветрами. На льдах открытого моря эти частицы главным образом органического происхождения: мельчайшие организмы, живые или мертвые, так или иначе вмерзшие в лед.

Уже Нансеном было обращено внимание на то, что, поскольку таяние многолетних льдов идет, главным образом, сверху, а намерзание снизу, все посторонние примеси во льду постепенно поднимаются снизу вверх и в конце концов оказываются на поверхности льда. Эти частицы и являются центрами, около которых сосредоточиваются поглощение солнечного тепла и таяние льдов.

Но как бы велика ни была отражательная способность снега, некоторая часть солнечного тепла снегом поглощается. Понятно, что в первую очередь действию солнечных лучей подвергаются поверхностные снежинки, которые сплавляются друг с другом в плотную массу, обладающую большой отражательной способностью. Снежная поверхность при этом принимает ослепительно белый цвет, вызывающий ранней весной в полярных странах острое воспаление слизистой оболочки глаза, под названием «снежной слепоты».

Благодаря сильному отражению горизонт в это время даже при безоблачном небе делается неясным, наблюдается сильная рефракция, а если небо покрыто тонким слоем облаков, то вся атмосфера как бы наполняется особым серебристым светом, напоминающим свет, отраженный полированной серебряной пластинкой.

Несмотря на то, что в полярной области ранней весной температуры воздуха не поднимаются выше -10° , а иногда спускаются ниже -30° , на склонах льдин, обращенных к югу, появляются первые жидкие капли рассола, и острые края льдины начинают оплавляться и округляться. При дальнейшем повышении температуры воздуха и подъеме солнца над горизонтом поверхностный слой снега пропитывается водой, и его способность поглощать солнечное тепло увеличивается. Каждый раз в случае внезапного похолодания на поверхности снега образуется ледяная корка, играющая роль парникового стекла.

Благодаря этому эффекту и в снегу и во льду происходит постепенное накопление тепла, сказывающееся в повышении температуры во всей освещенной части льда. В толще льда это тепло поглощается в первую очередь не самими кристаллами льда, а посторонними включениями между ними. Этим объясняется, между прочим, тот факт, что образовавшийся в спокойной обстановке пруда лед при таянии принимает характерный сотообразный вид и что всякий лед, в том числе и морской, в момент окончательного разрушения распадается на отдельные иглы, представляющие собой остатки кристаллов.

С течением времени на поверхности льдов образуются

сначала потемнения, а потом небольшие озерки талой снежной воды, называемые «снежницами», размеры которых продолжают увеличиваться даже при случайных заморозках, благодаря защитному действию создающейся в таких случаях на их поверхности ледяной корки. Нередко приходилось наблюдать на льду озерки талой воды (с температурой выше $+1^{\circ}$), покрытые сверху слоем льда толщиной до 10 см.

В чистом морском льду центрами поглощения солнечной энергии являются солевые ячейки, объем которых с течением времени и с повышением температуры постепенно увеличивается, благодаря чему ускоряется нисходящее движение рассола и опреснение льда. Таким образом, под влиянием солнечной энергии и теплопроводности в морском льду происходят глубокие внутренние изменения, вначале очень мало сказывающиеся на его внешней форме и размерах, но очень сильно уменьшающие его прочность и способность сопротивляться всякого рода внешним усилиям.

Между тем озерки снежной воды на поверхности льда продолжают увеличиваться: медленно, когда они покрываются сверху во время заморозков тонким прозрачным пресным льдом, и значительно быстрее, когда, благодаря повышенной температуре воздуха, они остаются свободными от льда. Снежная вода проникает в трещины, имеющиеся в морском льду, но, встречаясь со слоями льда, температура которых в это время еще значительно ниже температуры замерзания, эта вода замерзает, закупоривает трещины и этим преграждает стекание основной массы воды под лед. Таким образом, первоначальное таяние снега на ледяном покрове создает появление на льду прудов пресной воды, которые постепенно увеличиваются, соединяются друг с другом и в итоге придают поверхности тающего льда вид моря, покрытого мелким битым льдом. Из-под воды (толщина слоя которой в южных районах Арктического бассейна может достигать до 1 м и более) при этом виднеются только вершины торосов и глыбы старого многолетнего льда. Сходство весенних водоемов на льду с вскрывшимся морем еще более усиливается при ветре, покрывающем их поверхность рябью и легким волнением.

Образование пресных водоемов на морских льдах в течение полярного лета характерно не только для южных районов Северного Ледовитого океана, где эти водоемы издавна служат запасами пресной воды для мореплавателей.¹

¹ Во время плавания на «Садко» в 1935 г. в северо-западной части Баренцова моря мы брали по несколько сот тонн пресной воды из одного и того же озера на льду.

Известно, что во время дрейфа «Фрама» его команда неоднократно забавлялась катанием на байдарках под парусами в озерах, образовавшихся в течение лета на ледяных полях. Такие же озера наблюдали на своем ледяном поле и зимовщики станции «Северный полюс» и бывали вынуждены устраивать для них специальные водоотводы. Наибольшее из таких озер было размером 200 на 400 м при глубине до 2,5 м. Седовцы также неоднократно катались на байдарках по таким озерам.

Естественно, что в наиболее глубокие места каждого отдельного водоема постепенно смываются все посторонние примеси. В этих выемках скопляется и развивается срганическая жизнь. Благодаря темному цвету этих скоплений, поглощение тепла здесь идет наиболее интенсивно. Постепенно эти углубления доходят до уровня морской воды, вся масса снежной воды стремительным потоком стекает под лед, и в один-два дня поверхность льда как бы высыхает и вылезает из-под воды. На поверхности льда остаются только водоемы, уровень воды в которых или выше уровня моря (сквозных промоин нет, вода пресная), или на уровне моря (имеются сквозные промоины, вода соленая).

Поверхность льда после стока наледной воды представляется чрезвычайно неровной, изрытой промоинами. Нередко после высыхания льда на ледяных полях появляются трещины, и центральные, наиболее тонкие части льда под водоемами размываются и затем всплывают. Стеkanie пресной снежной воды под лед влечет за собой, как это было отмечено впервые Нансеном и проверено седовцами, еще одно весьма характерное явление, а именно — образование под поверхностью морского льда добавочного слоя совершенно пресного льда. Этот подледный пресный лед образуется в результате соприкосновения стекающей пресной воды с морской водой, температура которой в это время около $-1^{\circ},8$. Так, по наблюдениям «Седова», в 1939 г. летом талая вода, уходя под лед и намерзая снизу, увеличивала толщину льда от 5 до 55 см.

Таяние льдов особенно усиливается после того, как температура воздуха подымается выше -2° . Постепенно ледяные поля ослабляются настолько, что достаточно одного-двух штормов для разлома ледяных полей, еще недавно представлявшихся очень крепкими. Самое замечательное, что по внешней форме очень трудно сказать, в какой стадии разрушения находится данное ледяное поле. Морские льды, как уже указывалось выше, тают как бы изнутри, и последнее,

что в них разрушается, — это их форма. Как показывают наблюдения советских полярных станций, такие проливы, как, например, Маточкин Шар, Югорский Шар, вскрываются от льда иногда при толщине ледяного покрова еще не менее 1 м.

При разломе ледяных полей в течение полярного лета под действием штормов, пространства чистой воды между льдами увеличиваются, и это создает для отдельных ледяных полей некоторую свободу движения. В море не встречается двух льдин, похожих друг на друга, и на каждую льдину ветер, постоянные и временные морские течения действуют по-разному, заставляя их двигаться с разной скоростью и в разных направлениях. Это влечет к неизбежным и частым столкновениям, сопровождающимся торошением и еще большим увеличением пространств чистой воды между льдами. Чем больше чистой воды, чем сильнее движение отдельных льдин относительно друг друга, тем сильнее идет их таяние и разрушение. Нагретые солнечным теплом поверхностные частицы воды при соприкосновении со льдом охлаждаются, утяжеляются и, благодаря этому, опускаются на глубину. На их место подтекают новые частицы воды, и вследствие этого создаются постоянные токи воды по направлению к льдине и на некоторой глубине по направлению от льдины. Таким образом, каждая льдина в море является как бы самодействующим насосом. Подобный же круговорот тепла создается и в воздухе. Над открытой поверхностью моря идет испарение с последующим охлаждением поверхностных слоев воды. Насыщенный влагой воздух, проносясь над холодной поверхностью льдов, здесь конденсируется, и при этом тепло, отнятое от воды при испарении, выделяется. Эти процессы неизбежны при соприкосновении воды и льда. Конденсация паров воды над льдом вызывает туманы, столь частые над полярными льдами в летнее время.

В окраинных морях Советской Арктики преобладают однолетние льды. В Центральном Арктическом бассейне преобладают многолетние льды.

Чрезвычайный интерес представляют наблюдения седовцев, которые во время двадцатисемимесячного дрейфа смогли проследить за режимом многолетних льдов нарастания.

Из теории известно, что толщина многолетних льдов нарастания не может бесконечно увеличиваться. Если в каком-либо районе океана число градусо-дней мороза, т. е. сумма среднесуточных отрицательных температур воздуха, и величина летнего стаивания остаются из года в год постоян-

ными, то толщина льдов, увеличивающаяся только намерзанием, стремится к некоторой предельной.

Так, при 6000 градусо-дней мороза и при уменьшении толщины льда за лето на 1 м толщина льдов нарастания не может быть больше 265 см, но при этом же числе градусо-дней мороза и величине летнего стаивания, равной 30 см, предельная толщина льдов повышается до 790 см. Понятно, что предельная толщина льдов получается потому, что чем толще лед, тем медленнее увеличивается его толщина при тех же температурах воздуха. Когда льды достигают своей характерной для данного района Арктики предельной толщины, за зиму намерзает как раз столько льда, сколько за лето его стаивает.

Седовцы во время своего дрейфа уделили большое внимание наблюдениям за полярными льдами. Кроме тщательного описания состояния льдов и снежного покрова, седовцы каждые 10 дней производили измерения толщины льдов, образовавшихся естественным намерзанием, т. е. без торошений и нагромождений.

Интересно сопоставить толщину ровного льда, образовавшегося естественным намерзанием, по измерениям «Фрама» и «Седова». В первом случае толщина ровных ледяных полей доходила до трех с лишним метров (наибольшая измеренная Нансеном толщина ровного льда была 365 см).

«Седов» вмерз во льды, пережившие полярное лето 1937 года; считаем их льдами образования 1936 года. Для сравнения даны произведенные на «Фраме» измерения толщины льда, образовавшегося в конце 1893 года.

Таблица 8

Измерения „Седова“				Измерения „Фрама“	
Д а т а	Лед образова- ния 1936 г.	Лед образова- ния 1937 г.	Лед образова- ния 1938 г.	Д а т а	Лед образова- ния 1893 г.
10 марта 1939 г. . .	189	170	163		
20 марта 1939 г. . .	195	176	170		
4 апреля 1939 г. . .	198	182	179	10 апреля 1894 г. . .	231
11 апреля 1939 г. . .	204	188	186		
10 мая 1939 г. . . .	215	201	198	21 мая 1894 г. . . .	252
19 мая 1939 г. . . .	217	216	201		
31 мая 1939 г. . . .	218	206	202	9 июля 1894 г. . . .	258
10 июня 1939 г. . . .	218	207	204		

«Седов» дрейфовал в общем значительно севернее «Фрама», и, тем не менее, толщина ровных льдов, как это видно из приведенных данных, во времена «Фрама» была значительно больше, чем во время дрейфа «Седова». Это еще раз подтверждает происходящее сейчас потепление Арктики.

Вместе с тем наблюдения «Седова» еще раз подтвердили следующие факты:

1) нарастание полярных льдов продолжается и в летнее время за счет низких температур, еще сохранившихся в средней части льдов, несмотря на сравнительно высокие температуры воздуха;

2) лед, пропитавшийся летом водой от таяния снежного покрова, очень долгое время находится в стадии промерзания и не увеличивает своей толщины. Так, увеличение толщины льда в районе дрейфа «Седова» началось примерно в первой половине декабря, несмотря на то, что отрицательные температуры воздуха начались со второй половины сентября. Таким образом, на промерзание льда потребовалось около двух с половиной месяцев.

Уже указывалось, что толщина многолетних льдов зависит не только от числа градусо-дней мороза, но также от величины летнего стаивания.

У седовцев за зиму получалось около 6000 градусо-дней мороза. Какой же толщины мог быть лед на пути дрейфа при разных величинах летнего стаивания? Ниже приводятся некоторые подсчеты по эмпирической формуле автора.

Т а б л и ц а 9

Летнее стаивание (в см)	Лед образования 1936 г.	Лед образования 1937 г.	Лед образования 1938 г.
10	342	279	196
50	291	253	196
100	241	225	196
150	208	205	196

Из этой таблицы ясно, что малую толщину льда в районе дрейфа «Седова» надо объяснить не столько повышением зимних температур воздуха, сколько увеличившимся за последние годы стаиванием льдов в летнее время.

Ледяное поле станции «Северный полюс» имело толщину в 3 метра; естественно возникает вопрос: где же оно образовалось, откуда оно было принесено к Северному полюсу?

Сейчас уже ясно, что ледяное поле станции «Северный полюс» зародилось в гораздо более суровых районах Арктики, в районах, где число градусо-дней мороза несколько больше, а летнее стаивание значительно меньше, чем в районах дрейфа «Седова».

7. Айсберги

В полярных областях, а также в некоторых районах умеренных широт океана встречаются глетчерные льды, отличающиеся от морских льдов по своим формам и свойствам.

На высоких горных массивах умеренных и низких широт и в особенности в полярных районах, где летнее таяние меньше выпадения осадков за зиму, происходит постоянное накопление снега в отдельных впадинах. Кроме того, в эти же углубления сносится ветрами и под действием собственной тяжести снег, выпавший на соседние, более возвышенные местности.

Постепенно, с нарастанием мощности снегового покрова, нижние слои снега уплотняются и под влиянием давления, понижающего температуру замерзания, медленно превращаются в голубой глетчерный лед.

Естественно, что глетчерный лед по своему составу резко отличается от морского льда. Вода, получаемая из растапливаемого глетчерного льда, почти ничем не отличается от дистиллированной воды.

После того как данное углубление местности окажется полностью заполненным снегом и льдом, глетчерный лед начинает вытекать из района своего скопления по одному или нескольким руслам. Эта способность льда, благодаря его пластичности, вытекать вниз по долинам представляет собой самое замечательное свойство ледников. Скорость движения ледника при одинаковом угле падения приблизительно в десять тысяч раз медленнее скорости течения воды. Во время своего сползания вниз ледник, совершенно подобно реке, обходит отдельные возвышения местности, разделяется на рукава и иногда соединяется опять.

В низких и умеренных широтах бассейны снега и льда, питающие ледники, обычно занимают высокие горные долины, расположенные между хребтами и отдельными вершинами. Ледники, вытекающие из этих бассейнов, постепенно опускаясь на меньшие высоты, подвергаются все большему и большему разрушению и таянию и в конце концов дают начало горным рекам. По мере же продвижения к полюсам,

снеговая линия опускается все ниже и ниже, и концы ледников спускаются до самого моря.

Здесь ледники составляют часть береговой черты, видоизменяют рельеф дна прилегающего моря и являются непрерывным источником больших масс глетчерного льда в море.

В Антарктике и в некоторых районах Арктики существуют громадные ледовые щиты, покрывающие отдельные острова и континенты.

Главным отличием Антарктики от Арктики является то, что в центре Антарктики расположен громадный и высокий континент, а в середине Арктики расположен глубокий Арктический бассейн. Главной массой ледового покрова Арктики является поэтому морской лед, а в Антарктике — глетчерный. Наиболее оледеневшая территория Арктики — Гренландия, на которой сосредоточено 90% глетчерного льда северного полушария, занимает площадь в 1,9 млн. кв. км при общей площади этого острова, равной 2,1 млн. кв. км. Материковый лед в Антарктике занимает площадь 14 млн. кв. км, из которых 11,3 млн. кв. км покрывают сушу, а остальные висят над морем громадными ледовыми языками. Некоторые из этих языков, имея ширину до 40 км и больше, вытягиваются в море на 140 км.

Концы ледников, спускающихся в море, постепенно отламываются, что и ведет к появлению айсбергов — ледяных гор, плавающих по морям.

В северном полушарии, кроме Гренландии, материковый лед, доходящий до уровня моря, расположен на берегах Баффина залива. Отдельные оледенения встречаются на островах Патрика и Мельвиля в Северной Америке. В европейско-азиатском секторе Арктики оледенения встречаются на Шпицбергене, на островах Белом и Виктория (между Шпицбергом и Землей Франца-Иосифа), на Земле Франца-Иосифа, на Новой Земле, на острове Ушакова (между Землей Франца-Иосифа и Северной Землей) и на Северной Земле. К востоку от мыса Челюскина оледенения наблюдаются на островах Беннета, Генриетты и Жаннетты, но только на острове Беннета несколько мелких ледников достигают моря.

Зато в районе к востоку от мыса Челюскина замечательны находения ископаемого льда, погребенного под слоем почвы и представляющего собой остатки такого же материкового льда, как и ледовый покров Гренландии.

Ископаемый лед встречается в наиболее яркой форме в море Лаптевых на Ляховских островах. На острове Большом Ляховском стена ископаемого льда подымается над

морем на 30—40 м. В этой стене вымыто морем много гротов и пещер, а заканчивается эта стена ледяным дном, уходящим далеко в море и прикрытым сверху илом, песком и камнями. В настоящее время, в связи с потеплением Арктики, острова, состоящие из ископаемого льда, усиленно размываются, и

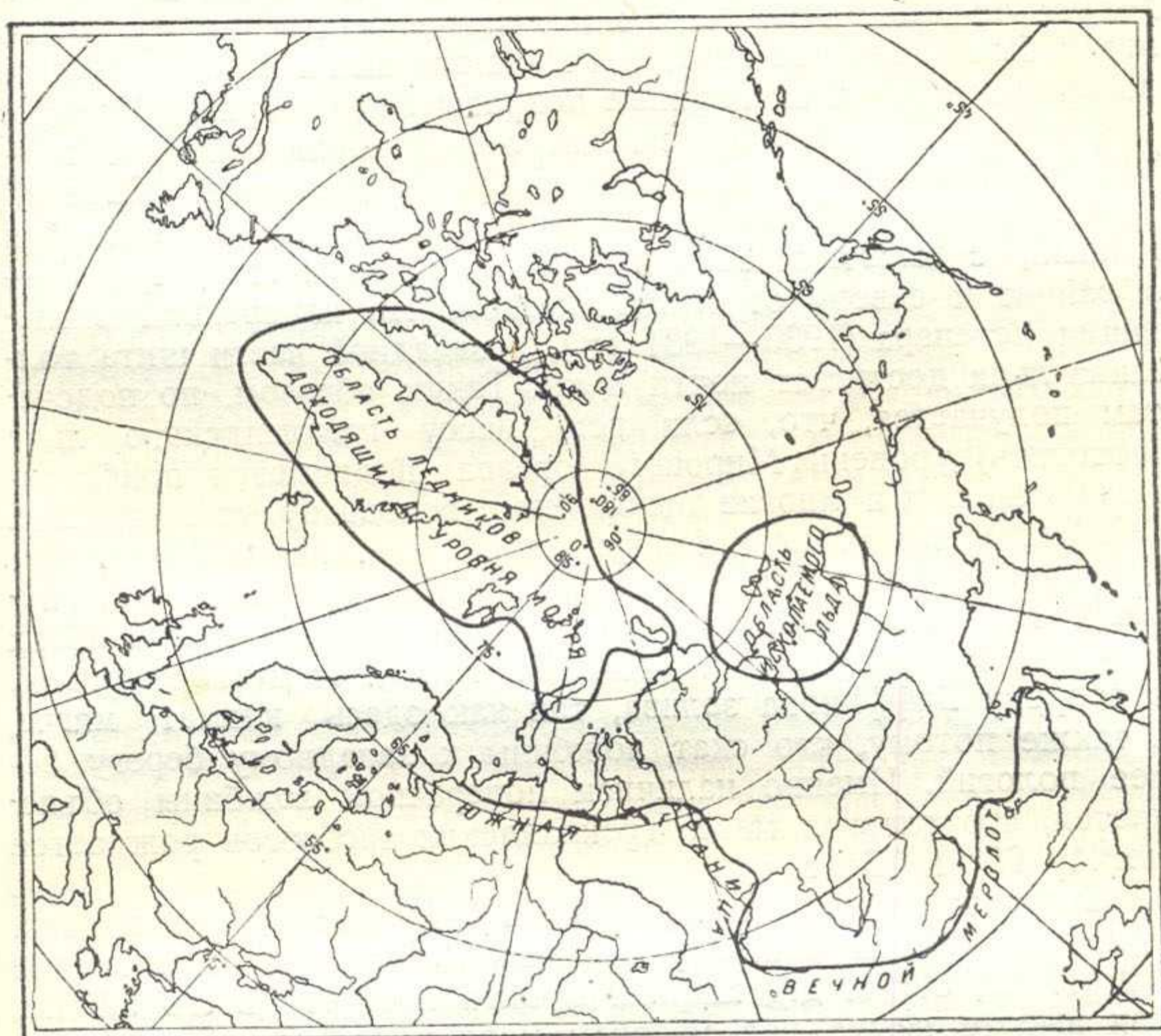


Рис. 27. Области ледников, ископаемого льда и граница вечной мерзлоты.

береговая черта в некоторых местах отступает по крайней мере на 0,5 м в год.

Большой интерес представляют встречающиеся в Арктике отдельные небольшие острова, почти сплошь или полностью покрытые льдом. Эти острова — «ледяные шапки» — представляются с моря отвесной стеной, плавно поднимающейся к центру острова и образующей своеобразный ледяной купол. Таков остров Белый, где были найдены остатки экспедиции Андрэ. Таков остров Виктория, самый западный из островов Советской Арктики, таков остров Ушакова.

Главным отличием ледового покрова островов — «ледяных шапок» — от обычных ледников, стесненных в своем истечении берегами, является, во-первых, почти полное отсутствие трещин и неровностей на их верхней поверхности и, во-вторых, одинаковый уклон их верхней поверхности, равный приблизительно $2-3^\circ$. Эта особенность островов — «ледяных шапок» — делает их весьма пригодными для посадки самолетов, как это и было доказано советскими самолетами в 1937 и 1938 гг. во время посадок на ледяные покровы Земли Франца-Иосифа.

Из всех оледенений северного полушария наиболее изученным является ледниковый покров Гренландии. Ледяной щит Гренландии включает в себя два купола, северный и южный, с высотами 3250 и 2925 м, и, возможно, третий — в районе к северу от Ангмагссалика. По измерениям экспедиции Вегенера (1930—1931 гг.), в западной части щита толщина льда достигает почти 3 км. Таким образом, по подсчетам получается, что, если всю массу гренландского льда растопить, уровень Мирового океана поднимется приблизительно на 8 м и многие прибрежные города будут затоплены.

Между северным и южным куполами ледниковый щит Гренландии приблизительно по 70° параллели пересекается глубокой ложбиной. В эту ложбину стекают льды по склонам обоих куполов и дальше по ложбине к морю, главным образом, в сторону Баффинова залива, так как здесь климат мягче, а также потому, что скат ложбины к западному берегу более пологий. Именно наличием поперечной ложбины объясняется, что главная масса гренландских айсбергов рождается между 65° и 75° с. ш.

Скорость некоторых ледников Гренландии очень велика. Так, например, ледник Караяк на западном берегу Гренландии (70° с. ш., 50° з. д.), ширина фронта которого всего 5,5 км, при высоте языка над уровнем моря в 100 м, движется со скоростью 20—25 м в сутки.

С такой же скоростью движется расположенный несколько южнее ледник Якобсхавн, не прекращающий своей деятельности даже зимой и дающий, по подсчетам, около 1350 айсбергов в год, или около 10% всех гренландских айсбергов. В 1928 г. в длинном и узком фиорде, в который впадает ледник Якобсхавн, было насчитано одновременно от 4 до 6 тыс. айсбергов. Замечательно, что через неопределенные интервалы времени, приблизительно десять раз в году, цепочка айсбергов, прорвав, повидимому, образовавшуюся где-нибудь ледяную плотину, начинает двигаться к выходу из фиорда сначала медленно, а потом со скоростью 10—15 км в час. Это сопро-

вождается ужасным шумом и продолжается несколько дней. Этот ледник, занимающий по фронту всего 7,5 км, с высотой фронта над уровнем моря около 90 м, повидимому, дает наибольшие и наиболее причудливые айсберги северного полушария. Его особенностью, как вообще быстрых ледников, является то, что рожденные им айсберги выше фронта ледника. Так, например, здесь встречались айсберги, возвышавшиеся над уровнем моря на 140 м.

Величина айсбергов зависит отчасти от скорости движения ледника, но, конечно, определяется также вертикальными и горизонтальными размерами ледника. В этом отношении айсберги северного полушария не могут идти ни в какое сравнение с антарктическими айсбергами. Высота наибольшего из измеренных гренландских айсбергов была 149 м. Размеры восточногренландских айсбергов значительно меньше. Наибольший из них был высотой 70 м при длине около 1 км. Наибольший айсберг, встреченный к югу от Ньюфаундленда (куда выносятся почти исключительно западногренландские айсберги), был высотой в 87 м и длиной 565 м. В то же время антарктические айсберги нередко имеют в длину несколько десятков километров. Так, например, в 1854 г. в Атлантическом океане (44° ю. ш. и 28° з. д.) была встречена ледяная гора длиной около 100 км и высотой в 90 м.

После того как айсберг отделится от конца ледника, он начинает передвигаться под влиянием ветра или течения и или выносится в открытый океан, или притыкается к прибрежным мелям, постепенно разрушаясь и меняя свою начальную форму. Считается, что арктические айсберги, выносимые в открытые части Атлантического океана, редко живут более 2 лет. Антарктические айсберги, плавающие в более суровых климатических и гидрологических условиях, живут 10 и более лет.

Айсберги — в Гренландском море и в Северном Ледовитом океане — представляют только местный интерес. По подсчетам, в европейско-азиатском секторе Арктики ежегодно рождается около 600 небольших айсбергов. Только в исключительные годы айсберги появляются у берегов Мурмана, как это было, например, в 1929 г.

Наибольшее значение имеют айсберги Баффинова залива. Вместе с морскими льдами они Лабрадорским течением выносятся в открытый океан; здесь они на своем пути пересекают важнейшие торговые пути между Европой и важнейшими портами Северной Америки. Несмотря на то, что по объему айсберги Баффинова залива составляют всего 2% объема

морского льда, образовавшегося за зиму в том же море, именно они составляют серьезную угрозу мореплаванию: всем памятна гибель парохода «Титаник», совершавшего свое первое плавание в апреле 1912 г. На $41^{\circ}16'$ с. ш. и $50^{\circ}14'$ з. д. «Титаник» столкнулся с айсбергом и затонул, причем погибло 1513 человек.

8. Лед и жизнь

Давно подмечено высокое развитие жизни у кромки льдов в период освобождения моря от зимних льдов. В воде, омывающей тающую кромку льдов, во время полярного лета мы встречаем пышное цветение мельчайших растительных организмов — фитопланктона. Это цветение фитопланктона в свою очередь вызывает сильное развитие мельчайших животных организмов — зоопланктона. Обилие фито- и зоопланктона привлекает к кромке льдов рыбу и млекопитающих. Многочисленные птицы, питающиеся у льдов планктоном и мелкой рыбой и отдыхающие на льду, а также белые медведи, промысляющие у кромки льдов моржей и тюленей, как бы завершают цепь организмов, так или иначе связанных с морскими льдами.

Для объяснения интенсивной жизни у тающих льдов высказывались различные предположения. Первое предположение основано на особых свойствах и строении молекул воды и льда. Некоторые исследователи отмечали, что водяные молекулы как бы химически инертны, молекулы льда, наоборот, отличаются большой активностью и, по мнению американского исследователя Барнеса, являются молекулами жизни. Другое объяснение бурного развития органической жизни у тающих льдов заключается в том, что как на поверхности, так и внутри льда в течение зимы скапливаются различного рода питательные вещества, освобождающиеся во время таяния и, таким образом, «удобряющие» окружающую воду. Вместе с растворенными питательными веществами в лед вмерзают различного рода мельчайшие организмы и бактерии. Некоторые из них под влиянием низких температур погибают, но отдельные виды, прежде всего бактерии и их споры, выносящие очень низкие отрицательные температуры, выживают и с начала таяния начинают интенсивно развиваться. Эти организмы и дают начало жизни как на самих льдах, так и в воде, полученной от таяния льдов.

То, что некоторые организмы способны перенести очень низкие температуры, доказывается следующим: в 1934/35 г.

на Сковородинской мерзлотной станции в Сибири из растительных остатков, взятых в слое «вечной мерзлоты» (т. е. в слое никогда не оттаивающего грунта) с глубины 3—4 м., при оттаивании в дистиллированной воде были возвращены к жизни некоторые зеленые, сине-зеленые и кремневые водоросли, грибки, мох и даже один вид из низших ракообразных. Возраст этих организмов исчисляется в сотни и даже тысячи лет.

Профессор Надхорст нашел на материковом льду Шпицбергена микроскопического круглого червя и оживил его, смешивая высушенный ил с водой. В промерзающих до дна озерах Арктики отдельные представители фауны впадают в сон (анабиоз) на время зимы и оживают при наступлении лета.

На земле Франца-Иосифа иногда наблюдали мелких светящихся рачков, оживленно двигавшихся в пропитанной морской водой снежной каше, температура которой была -10° .

Русская полярная экспедиция Толля в первых числах октября 1900 г. наблюдала в море Лаптевых приблизительно на 76° с. ш. на недавно образовавшемся морском льду удивительное зрелище. Отпечатки шагов издавали слабое свечение с отдельными более яркими точками. Проводя палкой по такому льду, можно было рисовать светящиеся линии и буквы. Объясняется это тем, что светящиеся морские организмы и бактерии, находящиеся в морской воде и попадающие в лед при его образовании, сохраняют некоторое время свою способность светиться.

Во время экспедиции на «Садко» 1935 г. были произведены тщательные бактериологические исследования морских льдов, озер пресной воды, образующихся на полярных льдах в течение полярного лета, а также вод Гренландского, Баренцова и Карского морей. В одном из летних водоемов на льду было найдено 60 тысяч бактерий в 1 куб. см воды, в то время как максимальное количество бактерий, найденное во время этой экспедиции в водах Гренландского, Баренцова и Карского морей, не превышало 27 тысяч особей в 1 куб. см воды.

Но для развития жизни у льдов и под льдами прежде всего нужно развитие растительной жизни. Фитопланктон является первоисточником пищи в море, потому что только фитопланктон способен усваивать из воды простые азотистые соединения. Однако для развития фитопланктона необходимы не только питательные вещества, но и солнечный свет. Сплошные морские льды, какие встречаются в Арктике, в особенности, когда они покрыты сверху хотя бы небольшим

слоем снега, почти не пропускают, как это установлено специальными исследованиями, света. Считалось поэтому, что в центральной части Арктики жизнь под льдом в общем отсутствует, а если и имеется, то только в озерах талой воды, покрывающих ледяные поля в течение полярного лета, и в трещинах между льдами. Это предположение как будто подтверждалось и наблюдениями Нансена, единственными наблюдениями, производившимися в центральной части Арктики. Нансен, подводя итоги своим исследованиям, писал:

«Арктический бассейн, покрытый в своей внутренней части почти сплошным покровом толстых льдов, исключительно беден растительными и животными организмами. Солнечный свет поглощается льдом, и лучи, необходимые для растительных организмов, почти не проникают через ледяные поля в подстилающие последние холодные воды. Поэтому растительные организмы развиваются здесь во время короткого лета очень плохо, главным образом в полыньях между ледяными полями. А без растительных организмов не могут существовать животные организмы. Эту внутреннюю, постоянно покрытую льдом часть Арктического бассейна можно считать пустыней в океане, и ни животные, ни человек не могут найти здесь достаточно пищи. Во время нашей экспедиции на «Фраме» мы находили много видов животных, в особенности мелких рачков, но фауна была настолько бедна по количеству организмов, что наши планктонные сети могли висеть целыми днями за бортом, и хотя нас дрейфовало с порядочной скоростью, улов оказывался весьма малым, когда мы подымали эти сети на палубу».

Нансен во время своего путешествия видел следы белого медведя у 84° с. ш. в районе к северу от Земли Франца-Иосифа. Пири видел такие же следы у 86° с. ш. в районе к северу от Гренландии. Никто из путешественников к полюсу не упоминал о птицах или тюленях. Тем более удивительными явились наблюдения зимовщиков станции «Северный полюс», увидевших в июне 1937 г. у самого Северного полюса нескольких птиц. Вероятно, эти птицы находили достаточно пищи в полыньях между льдами. Еще более удивительным оказалось появление около станции в июле на 88° с. ш. белой медведицы с медвежатами, а также появление в одной из полыней у ледяного поля морского зайца. Эти факты свидетельствуют, что высказывания Нансена и других исследователей о полной безжизненности Центральной Арктики подлежат коренному пересмотру.

Тщательные исследования станции «Северный полюс» про-

ливают свет на особенности органической жизни в районе Северного полюса.

Оказывается, в течение всего августа, когда ледяное поле находилось между 87 и 88° с. ш., в верхних слоях моря интенсивно развивались микроскопические водоросли, образуя такое же цветение планктона, какое наблюдается весной в морях более низких широт. Начинается это цветение в конце полярного лета, когда весь снег, покрывающий ледяные поля Центральной Арктики и мешающий проникновению света на глубины, оттаивает и когда самая толщина ледяного покрова, препятствующего проникновению света на глубины, значительно уменьшается. Но если в арктических условиях возможно развитие фитопланктона, то, следовательно, возможно и существование всех остальных форм животного мира.

В планктоне, собранном у самого полюса, встречаются формы, характерные для Гренландского моря. Некоторые из сборов без соответствующих объяснений трудно отличить от сборов экспедиции на «Садко» 1935 г., произведенных в атлантических водах, омывающих Шпицберген. Таким образом, здесь мы получаем, кроме всех других, еще и биологические доказательства того, что атлантические воды из Гренландского моря проникают далеко на север, вплоть до самого Северного полюса.

По наблюдениям седовцев, в течение лета 1938 г. в районе дрейфа почти каждый день можно было видеть тюленей. Очень много было нарвалов. Из птиц преобладали чайки, в том числе и розовые. Однажды видели кулика. Лето 1939 г. отличалось совершенным отсутствием морского зверя. Объясняется это тем, что вблизи судна не было трещин и разводьев. Зато несколько раз к кораблю подходили белые медведи. Буйницкий отмечает, что летом несколько раз в районе дрейфа судна показывались мелкие птички. Их появление или совпадало или следовало за сильными ветрами. Это дает основание полагать, что их заносило ветрами.

Кроме планктона, развивающегося у кромки тающих льдов и в воде под льдами, большой интерес представляют наледные организмы, развивающиеся с началом лета как на морских льдах, так и на глетчерах Антарктики, Гренландии, Норвегии и др.

Пока еще мало известно о биологии этой группы организмов. Обычно они отличаются по цвету, которым они окрашивают снег и лед. Желтый или темножелтый цвет является обычным для ледовых организмов и объясняется содержанием

в них большого количества жира. Кроме желтого, встречаются зеленый, красный и даже черный. Так, например, водоросли «Сфереля нивалис» во вторую половину лета вызывает порозовение и позеленение снега. Скопление и окраска этих организмов в некоторых случаях бывают настолько интенсивными, что иногда вводят в заблуждение. Приходилось наблюдать на льдах пятна такого красного цвета, что думалось: вот здесь белый медведь полакомился тюленем. При ближайшем же рассмотрении оказывалось, что это только скопления водорослей. Шишов наблюдал порозовение снега 30 июня на $88^{\circ}32'$ с. ш. во время одной из прогулок в окрестностях ледяного поля.

Кроме наледных форм, для морского льда характерны формы, развивающиеся в озерах талой воды и называемые «ледяным планктоном». Первое место здесь занимают диатомеи — мельчайшие водоросли с ажурным скелетиком из кремнезема.

Как правило, живые диатомеи на поверхности льдов не встречаются и развиваются лишь на дне прудов талой воды, где они образуют скопления, похожие на темные комки слизистой массы. Поглощая, как темные предметы, большое количество солнечного тепла, они протаивают под собой углубления, ширина которых обычно в два-три раза больше ширины комочков, а внешние очертания те же.

Постепенно в течение лета, опускаясь все ниже и ниже через протаиваемые ими лунки, диатомеи в конце концов в южных частях Арктического бассейна проходят через всю толщу и попадают в морскую воду.

Скопление диатомей на льду в некоторых районах достигает таких размеров, что лед на большом пространстве кажется грязным, как бы пробуравленным и похожим на ложку для снятия пены. Таким образом, несомненно, что в летнем разрушении льдов микроорганизмы играют некоторую роль.

9. Дрейф льдов

Как уже отмечалось, пловучие и паковые льды и зимой и летом находятся в непрерывном движении. Эти движения тройного рода: постоянные, вызываемые преобладающими и постоянными ветрами (обусловленными распределением постоянных областей атмосферного давления в прилегающих к Арктике районах) и постоянными течениями; сезонные, связанные с сезонным смещением центров действия атмосферы; периодические, обусловленные приливо-отливными яв-

лениями, и временные, — возникающие, главным образом, под влиянием временных ветров.

Известные дрейфы судов во льдах показывают, что движение льдов никогда не протекает прямолинейно. Ледяные поля движутся то в одном направлении, то в другом, то возвращаются обратно, то описывают причудливые петли и зигзаги. Только длительные наблюдения позволяют выявить имеющие наибольшее значение для понимания картины циркуляции льдов в Арктическом бассейне их сезонные и постоянные движения.

Наши представления о движении льдов в центральной части Арктического бассейна до сих пор недостаточно точны и основаны на изучении сравнительно небольшого числа дрейфов кораблей вместе со льдами, а также на изучении путей специальных буев, выброшенных в различных районах Арктического бассейна отдельными экспедициями.

Насколько можно судить по имеющимся наблюдениям, вынос льдов из всех окраинных морей Советской Арктики в центральную часть Арктического бассейна преобладает над поступлением льдов из центральной части в эти окраинные моря. В самой центральной части Арктического бассейна, насколько нам до сих пор известно, существуют два основных движения полярных льдов. Одно из них — общее, направлено из Арктического бассейна в Гренландское море и обусловлено притоком береговых вод и соответствующими ветрами; другое — антициклоническое, с центром, расположенным приблизительно под $83-85^{\circ}$ с. ш. и $170-180^{\circ}$ з. д., обусловленное ветрами, связанными с областью повышенного давления атмосферы (расположенной над притихоокеанской частью Арктики). Эти движения подтверждаются всеми известными дрейфами судов — как случайными, так и предпринятыми специально.

Так, судно «Карлук» под командой капитана Бартлетта в 1913—1914 гг. продрейфовало вместе со льдами на протяжении 500 миль приблизительно от мыса Барроу на Аляске до острова Врангеля. Другой замечательный дрейф — дрейф судна «Жаннетта» 1879—1881 гг., которое продрейфовало от острова Врангеля до Новосибирских островов, на протяжении 750 миль. «Фрам» Нансена дрейфовал от Новосибирских островов до пролива между Шпицбергом и Гренландией, на протяжении 1400 миль. Наконец, судно «Мод» экспедиции Амундсена в 1922—1924 гг. продрейфовало от острова Врангеля до Новосибирских островов, на протяжении 750 морских миль. Дрейф «Мод» почти полностью повторил дрейф «Жан-

нетты», указывая тем самым на сравнительное постоянство направления движения льдов.

Общее движение льдов с востока на запад вдоль материкового склона европейско-азиатского берега доказано также наблюдениями во время санных экспедиций Парри (1827),



Рис. 28. Карта дрейфа льдов и поверхностных течений Северного Ледовитого океана.

Каныи (1900), Нансена (1895), а у материкового склона Америки наблюдениями Стефанссона (1914) между 130 и 140° з. д. и его же наблюдениями (1915—1917) между 110 и 130° з. д.

О том же говорят и многочисленные буи, выброшенные советскими экспедициями в Карском море и в море Лаптевых и найденные впоследствии у берегов Гренландии, Исландии и Норвегии. Таким образом, дрейф льдов образует одну непре-

рывную линию по периферии Центрального Арктического бассейна от 150° з. д. до 0° в. д., охватывая более половины его окружности. Такой дрейф льдов происходит от Берингова пролива до выноса их в Гренландское море в среднем 4,5—5 лет.

Менее изучено направление дрейфа льдов у остального побережья Америки. Здесь имеются указания Пири, что во время его неоднократных санных путешествий к северу от Гренландии и Земли Гранта движение льдов было направлено с запада на восток — также к широкому проливу между Гренландией и Шпицбергенем — «проливу папанинцев».

Наблюдения станции «Северный полюс» тем ценны, что они впервые показали, что льды от Северного полюса движутся прямо в Гренландское море.

Во время своей экспедиции Нансен потратил много труда на изучение обстоятельств дрейфа «Фрама». При этом он подметил, что ледяные поля Центральной Арктики очень быстро воспринимают действие ветра и изменяют свою скорость и направление в соответствии с изменениями скорости и направления ветра, и установил следующие два простые правила:

1) скорость дрейфа приблизительно в 50 раз меньше скорости ветра, вызвавшего данный дрейф;

2) направление дрейфа отклоняется в среднем на $30-40^{\circ}$ от направления ветра, вызвавшего дрейф.

Последнее явление Нансен приписал влиянию отклоняющей силы вращения Земли. Это объяснение было совершенно правильно и в дальнейшем легло в основу современных теорий морских течений.

Отклоняющая сила вращения Земли¹ обладает замечательными свойствами. Она возникает вместе с началом всякого движения на Земле и прекращается вместе с его прекращением. Она пропорциональна массе движущегося тела. Она пропорциональна синусу географической широты: равна нулю на экваторе и увеличивается по направлению к полюсам, у которых достигает своей наибольшей величины. Эта сила пропорциональна скорости движения, перпендикулярна всякому горизонтальному движению на земле, в северном полушарии направлена вправо и в южном влево, вне зависимости от того, в каком направлении происходит движение.

Понятие о величине этой силы дает следующее. На полю-

¹ Или сила Кориолиса, называемая так по имени ученого, впервые объяснившего происхождение и значение этой силы.

сах, где сила Кориолиса достигает своей наибольшей величины, при такой незначительной скорости тела, как 1 см в секунду (или, другими словами, 0,036 км в секунду или 0,864 км в сутки) она составляет около одной семимиллионной доли силы тяжести.¹

Сила Кориолиса отклоняет в северном полушарии артиллерийские снаряды вправо. Благодаря этой силе снашиваются внутренние стороны правых (если смотреть по движению) рельсов железнодорожных путей и т. д. Но наибольшее влияние оказывает сила Кориолиса на движение водных и воздушных масс.

Действием этой силы объясняется подмывание реками своих берегов. У рек, в каком бы направлении они ни текли, правый берег в северном полушарии обрывистый, а левый пологий. Морские течения, какими бы причинами они ни были вызваны, стремятся по возможности уклониться вправо. Таким образом, направление общей циркуляции вод океана в значительной степени определяется силой Кориолиса. То же относится полностью и к атмосфере.

В дальнейшем положения Нансена проверялись во многих экспедициях и на многих полярных станциях. Замеченные отклонения от этих правил иногда помогали разбираться в весьма сложных явлениях. Так, например, как уже указывалось, угол отклонения дрейфа «Фрама» в отдельных случаях в среднем колебался около 40° вправо. Между тем, когда Нансен подсчитал среднее направление ветра за все три года и подсчитал средний дрейф «Фрама» тоже за три года, оказалось, что «Фрам» отклонился на 1° влево. Отсюда Нансен пришел к выводу, что дрейф «Фрама» складывался из двух дрейфов: одного под влиянием местных и кратковременных ветров, другого — общего, связанного с общей циркуляцией льдов Северного Ледовитого океана.

Наиболее разительным примером, насколько могут быть плодотворны сопоставления направления ветра и ветрового дрейфа ледяных полей, является открытие в северной части Карского моря острова Визе.

1912 г. был тяжелым для русских полярников. В этот год в Северный Ледовитый океан вышли три русских экспедиции:

¹ Напомним, что максимальная вертикальная составляющая приливобразующей силы Луны равна всего лишь одной девятимиллионной, а максимальная горизонтальная составляющая всего лишь одной двенадцатимиллионной части силы тяжести и, тем не менее, эти силы вызывают такие грандиознейшие явления в океане, как приливы.

1) экспедиция старшего лейтенанта Георгия Яковлевича Седова на судне «Св. Фока», ставившая своей целью достижение Северного полюса. Эта экспедиция закончилась смертью ее начальника;

2) экспедиция геолога В. А. Русанова на судне «Геркулес», погибшая при попытке пройти Северным морским путем. До настоящего времени найдены только следы этой экспедиции;

3) экспедиция лейтенанта Г. Л. Брусилова на судне «Св. Анна», также ставившая себе целью пройти Северным морским путем.

Экспедиция Брусилова прошла в Карское море и 2 октября 1912 г. была зажата льдами у западного побережья полуострова Ямал. В дальнейшем экспедицию принесло из Карского моря на север вдоль восточного побережья Земли Франца-Иосифа и затем вынесло в Центральный Арктический бассейн. 23 апреля 1914 г., когда судно находилось на $83^{\circ}17'$ с. ш. и 60° в. д., одиннадцать человек его команды во главе со штурманом В. И. Альбановым покинули судно. 8 июля они подошли к юго-западному мысу Земли Франца-Иосифа, а 22 июля к мысу Флора добрались только двое: штурман Альбанов и матрос Конрад; остальные погибли, частью от истощения, частью от неизвестных причин.

На мысе Флора Альбанов и Конрад стали готовиться к зимовке. Но зимовать им не пришлось: 2 августа к мысу Флора подошел «Св. Фока» с возвращавшимися в Архангельск участниками экспедиции лейтенанта Седова.

Во время путешествия к Земле Франца-Иосифа Альбанов из-за трудности похода не производил наблюдений. Тем не менее поход Альбанова важен потому, что на пути от «Св. Анны» он прошел как раз через те места, на которых значились Земля Петерманна и Земля короля Оскара и, таким образом, доказал, что эти земли не существуют.

Альбанов сохранил в целости вахтенный журнал со «Св. Анны» и полный список метеорологических наблюдений за все время пребывания своего на корабле. Это позволило восстановить все обстоятельства дрейфа «Св. Анны».

В 1924 г. профессор Визе, анализируя наблюдения «Св. Анны», натолкнулся на любопытную особенность дрейфа «Св. Анны» между 78 и 80 параллелями и между 72 и 78 меридианами в. д. Здесь судно, дрейфовавшее в общем на север, отклонялось от направления ветра не вправо, как это следовало из второго правила Нансена, а влево. Отсюда

профессор Визе пришел к заключению, что такая особенность может быть объяснена присутствием между 78 и 80° с. ш. к востоку и недалеко от линии дрейфа «Св. Анны» суши. Экспедицией на ледокольном пароходе «Георгий Седов» в 1930 г. такая суша действительно была обнаружена в виде острова, расположенного между 79°29' и 79°32' с. ш. и 76°46' и 77°20' в. д. Этот остров по справедливости назван островом Визе.

Благодаря тщательным и многочисленным астрономическим определениям положения дрейфующего ледяного поля и инструментальным определениям скорости дрейфа ледяного поля, произведенным станцией «Северный полюс», картина дрейфа ледяного поля воспроизведена с такими подробностями, каких не дал ни один дрейф льдов, изучавшийся до сих пор.

Уже указывалось, что направление и скорость дрейфа льдов в сильнейшей степени зависят от скорости и направления ветра. Эти метеорологические элементы наблюдались папанинцами через каждые 4 часа. Начиная с 21 мая вплоть до середины октября 1937 г. на станции «Северный полюс» работал особый прибор «анемограф», непрерывно записывавший скорость ветра. Благодаря этому, сопоставления, которые могут быть сделаны между скоростью дрейфа и ветром, отличаются исключительной точностью.

Схематическая карта дрейфа ледяного поля папанинцев, воспроизведенная на стр. 73, показывает, что ледяное поле станции «Северный полюс» во время своего дрейфа выписывало причудливые загзаги и иногда даже петли, в то же время сохраняя неизменным свое общее направление от полюса в Гренландское море и далее вдоль восточного побережья Гренландии.

Зависимость дрейфа ледяного поля от ветра была обнаружена уже в первый месяц после организации станции. Так, приблизительно до 5 июня в районе станции преобладали северо-западные ветры, и ледяное поле двигалось почти прямо на юг. С 5 по 21 июня северо-западные ветры сменились юго-западными, и ледяное поле начало двигаться на восток. Таким образом, неизменно под влиянием ветра ледяное поле меняло направление своего движения. В связи с переменой силы и направления ветра, естественно, изменялись и скорость и направление дрейфа ледяного поля.

Изменялась и скорость общего продвижения ледяного поля на юг. Средняя скорость дрейфа за весь период была около 9 км в сутки. Однако были периоды, когда ледяное

поле оставалось на месте в течение нескольких суток. В некоторые же дни скорость движения ледяного поля увеличивалась до 43 км в сутки. Замечательно, что скорость дрейфа неуклонно возрастала по мере продвижения ледяного поля к югу. Так, от полюса до 85° с. ш. среднесуточная скорость дрейфа на юг была около 5 км в сутки. От 85° до 81° с. ш. она увеличилась до 9 км в сутки. В январе она увеличилась до 21 км в сутки, в феврале среднесуточная скорость движения на юг возросла до 23 км в сутки.

Предварительное изучение дрейфа ледяного поля, произведенное Федоровым и Ширшовым, показало, что ледяное поле дрейфовало под влиянием ветра, дующего в данное время в данном месте, и одновременно под влиянием общего движения, направленного к югу и независимого от местного ветра. Таким образом, при отсутствии ветра, ледяное поле неизменно двигалось к югу. Северные ветры ускоряли его движение на юг, южные ветры замедляли или даже преодолевали действие постоянного дрейфа, и ледяное поле двигалось на север, как это и видно на рис. 29.

Скорость этого независимого от местного ветра движения льдов около полюса равнялась примерно 2 км в сутки. Однако к югу эта скорость постепенно увеличивалась и между 70 или 75 параллелями достигала 10—12 км в сутки.

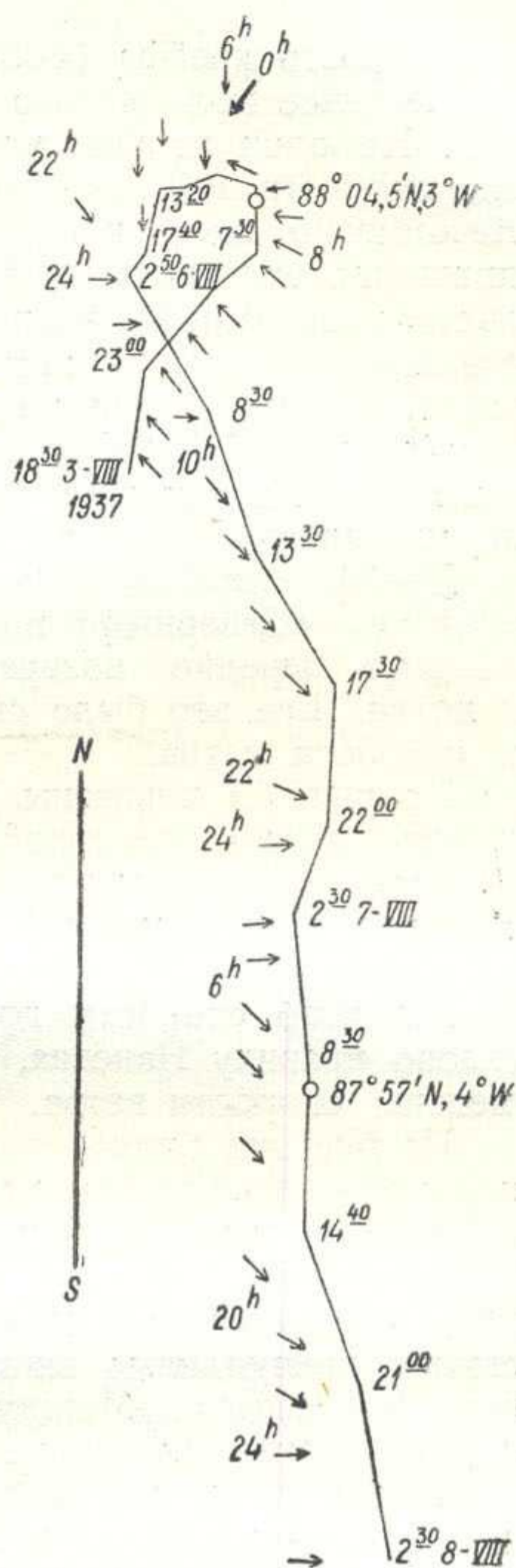


Рис. 29. Связь между действующим ветром и дрейфом станции „Северный полюс“ с 3 по 8 августа 1937 г. (по Ширшову). Скорость ветра на рисунке не показана.

Скорость дрейфа особенно резко увеличилась после того, как ледяное поле начало дрейфовать вдоль берегов Гренландии. Не один только ветер повинен в постепенном увеличении скорости ледяного поля по мере его продвижения на юг. Несомненно, здесь некоторую роль сыграла бóльшая свобода движения ледяного поля по мере подхода к свободным от льдов просторам Гренландского моря. Так, например, в августе средняя скорость ветра была несколько больше, чем в декабре, а направление ветра было приблизительно одинаково. Тем не менее, ледяное поле в декабре дрейфовало со скоростью почти в три раза больше, чем в августе: главную роль играло здесь Восточногренландское течение.

Дрейф «Седова», также как и дрейф «Фрама» и дрейф станции «Северный полюс», не протекал прямолинейно. «Седов» нередко возвращался обратно, описывая зигзаги и петли. Все это было связано с изменениями в направлении и скорости ветра.

На рис. 30 показаны дрейф «Седова» (сплошной линией) и путь ветра (пунктирной линией) с 1 сентября 1928 года по 1 февраля 1939 года в предположении, что дрейф «Седова» и путь частиц воздуха 1 сентября начались в одной и той же точке.

Масштаб скорости дрейфа и скорости ветра принят согласно правилу Нансена, т. е., что скорость дрейфа в 50 раз меньше скорости ветра.

Из рисунка видно, что там, где ветер сохраняет свое направление более или менее продолжительное время, там и дрейф «Седова» более или менее постоянен.

В октябре ветер описывает «восьмерку» — почти такую же восьмерку описывает и «Седов». В конце ноября ветер описывает причудливые зигзаги — подобные же зигзаги описывает и «Седов». Между 1 и 20 января ветер описывает петлю — такую же петлю описывает и «Седов».

Таким образом, дрейф «Седова» повторяет путь ветра с той лишь разницей, что он отклонен от ветра градусов на 30—40 вправо. Если в некоторых точках дрейфа и получаются небольшие отклонения от правил Нансена, то это надо скорее объяснить неполнотой дошедших до нас с «Седова» сведений, чем существом дела.

Произведенная автором обработка наблюдений седовцев показала, что в этом районе дрейфа постоянное течение было выражено весьма слабо: практически его можно считать отсутствовавшим. Благодаря этому обстоятельству, для изучения связи между дрейфом и ветром имелись чуть ли не

лабораторные условия. Вдали от искажающего влияния суши и постоянных течений ветровой дрейф проявлялся здесь почти в чистом виде.

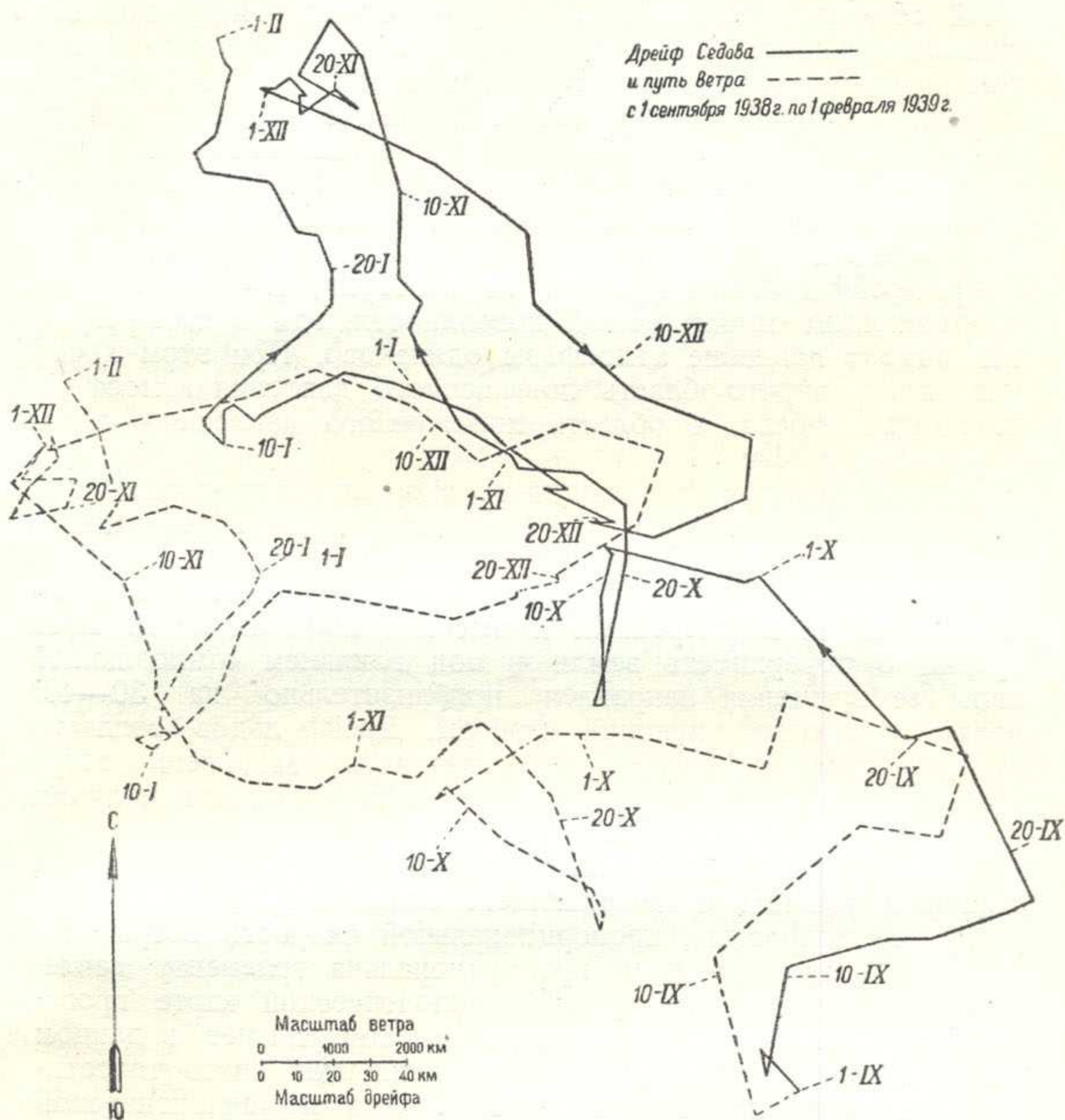


Рис. 30. Схема дрейфа „Седова“ и путь ветра с 1 сентября 1938 г. по 1 февраля 1939 г.

Простое рассмотрение рисунка показывает, насколько верны оба правила Нансена. Нельзя мечтать о более полном подтверждении этих правил.

Надо еще раз подчеркнуть, что, в отличие от метеорологических наблюдений былых полярных исследователей, аналогичные наблюдения седовцев (также как и папанинцев) производились при наличии в Арктике современной советской сети полярных станций, при современном уровне знаний об Арктике. Это обстоятельство в связи с высокой точностью наблюдений, произведенных седовцами, позволяет из этих наблюдений сделать весьма ценные выводы. Так, дальнейший анализ дрейфа «Седова» и сопоставление его с картами распределения атмосферного давления, составленными в Бюро погоды на этот же период, позволил автору дополнить правила Нансена еще двумя такими же простыми:

1) дрейф льдов направлен по изобарам, т. е. по линиям, соединяющим точки земной поверхности, где в один и тот же момент давление атмосферы одинаково. При этом дрейф направлен так, что область повышенного давления атмосферы находится справа, а область пониженного давления — слева от линии дрейфа;

2) дрейф льдов происходит со скоростью, пропорциональной градиенту атмосферного давления, или, говоря иначе, обратно пропорциональной расстоянию между изобарами.

Первое из этих двух правил нетрудно вывести следующим образом: в умеренных и высоких широтах ветер из-за трения о поверхность земли и под влиянием отклоняющей силы ее вращения направлен приблизительно на $30-40^\circ$ влево от соответствующей изобары. Дрейф льдов, согласно второму правилу Нансена, отклоняется от направления ветра приблизительно на $30-40^\circ$ вправо. Складывая, мы получим дрейф льдов по изобарам.

Второе правило было выведено так: при отсутствии постоянных течений и искажающего влияния суши льды движутся со скоростью, пропорциональной скорости ветра. Последняя в свою очередь пропорциональна градиенту давления атмосферы. Чем гуще на синоптической карте проведены в каком-нибудь районе изобары, тем сильнее в данном районе ветер. Отсюда явилась подкреплённая чисто теоретическими выводами возможность судить по синоптической карте не только о направлении дрейфа льдов, но и об его скорости.

За время дрейфа «Седова» с 1 сентября 1938 г. по 1 февраля 1939 г. преобладали юго-восточные ветры, и «Седов» в общем дрейфовал на северо-северо-запад. Отсюда следует, что в среднем за это время область повышенного давления находилась где-то на восток-северо-восток от него, другими

словами, что «Седов» дрейфовал по периферии Чукотского антициклона.

За отдельные промежутки времени барическая обстановка в Арктике, однако, резко менялась. Так, в первой декаде декабря 1938 г. «Седов» находился под воздействием западных и юго-западных ветров и соответственно дрейфовал на юго-восток. Из приведенного следует, что в это время область повышенного давления должна была находиться на

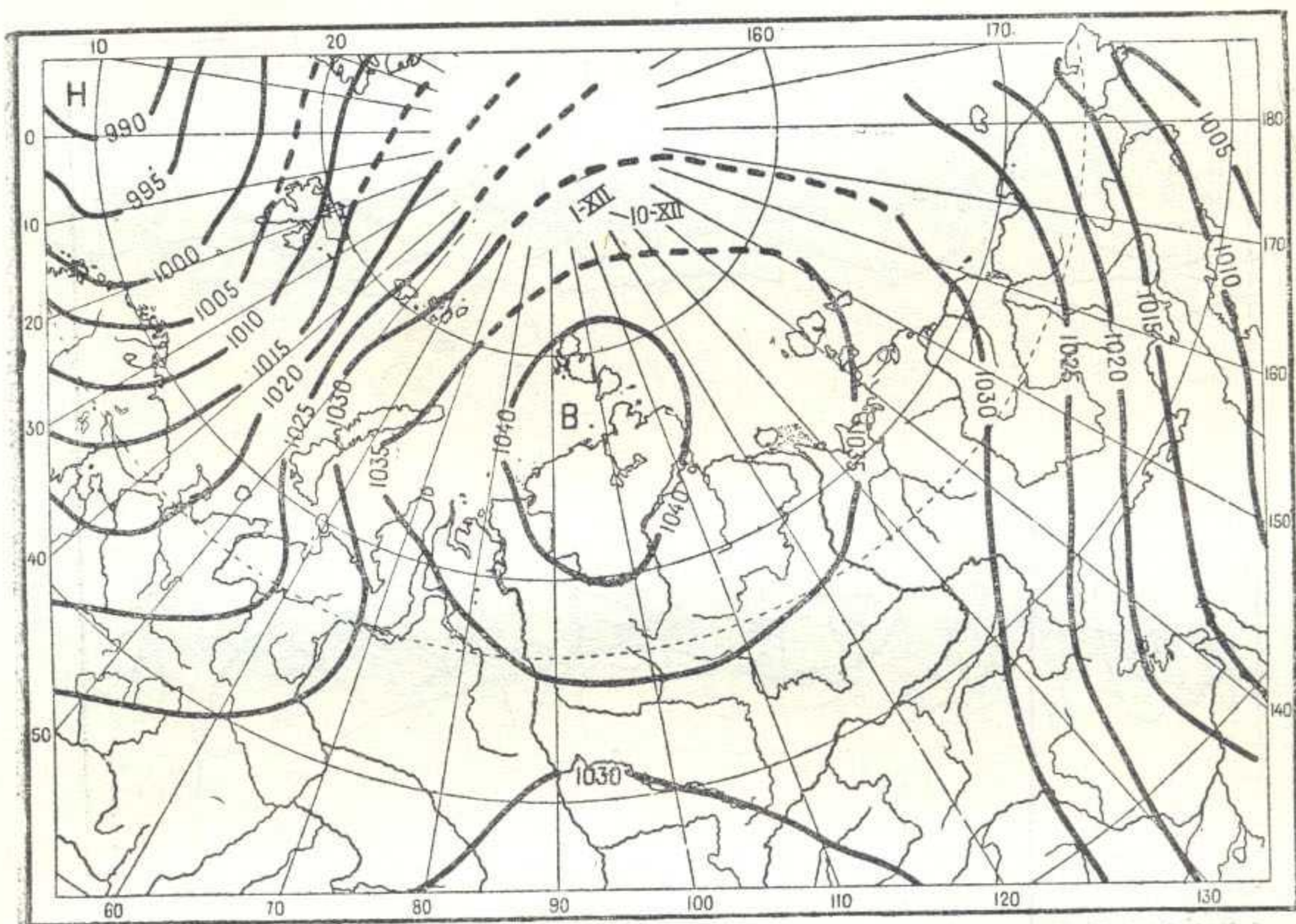


Рис. 31. Карта распределения давления в Арктике за первую декаду декабря 1938 г.

юго-запад от «Седова». В третьей декаде декабря «Седов» находился под воздействием восточных ветров и соответственно дрейфовал на северо-запад. Область повышенного давления должна была располагаться у Американского арктического архипелага.

На рис. 31 и 32 приведены карты распределения давления в Арктике за первую и третью декады декабря 1938 г. На них указан генеральный дрейф «Седова» за это время. С достаточной наглядностью они подтверждают правильность высказанного положения, что льды дрейфуют по изобарам.

На рис. 33 и 34 приведены карты среднего распределения атмосферного давления в Арктике летом и зимой. На них нанесен генеральный дрейф «Седова» за те же сезоны. Эти карты весьма сходны и различаются друг от друга лишь в некоторых деталях.

Из этих карт видны основные черты циркуляции льдов Центральной Арктики, объясняющие все дрейфы вместе со льдами и многие другие явления. Но из рассмотрения этих

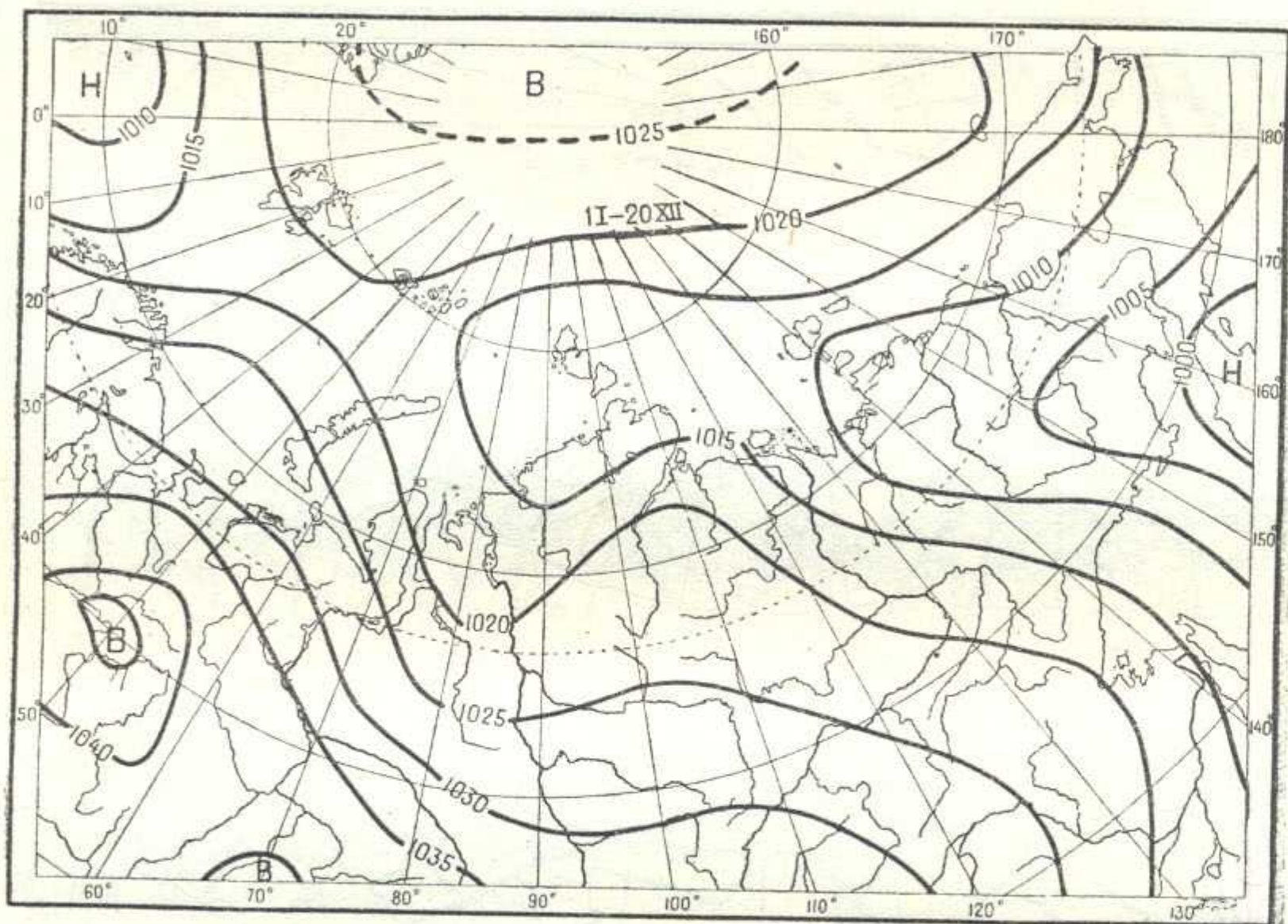


Рис. 32. Карта распределения давления в Арктике за третью декаду декабря 1938 г.

карт вытекает также, что для суждения о том, куда именно будет направлен дрейф льдов или путь корабля, дрейфующего вместе со льдами, мало знать положение корабля в той или иной точке Арктического бассейна. Надо знать также и время этого нахождения. Так, например, если бы «Седов» к началу апреля 1939 г. оказался на той же широте, но не на том меридиане восточной долготы, как это было в действительности, а приблизительно на меридиане Берингова пролива, то его понесло бы не к «проливу папанинцев» (между Шпицбергом и Гренландией), а к северному побережью Америки.

Движение льда по изобарам попутно объясняет, почему судно экспедиции Амундсена «Мод», вошедшее в 1922 г. во льды у острова Врангеля, чтобы продрейфовать через Северный полюс, двигалось вместе со льдами вдоль матери-

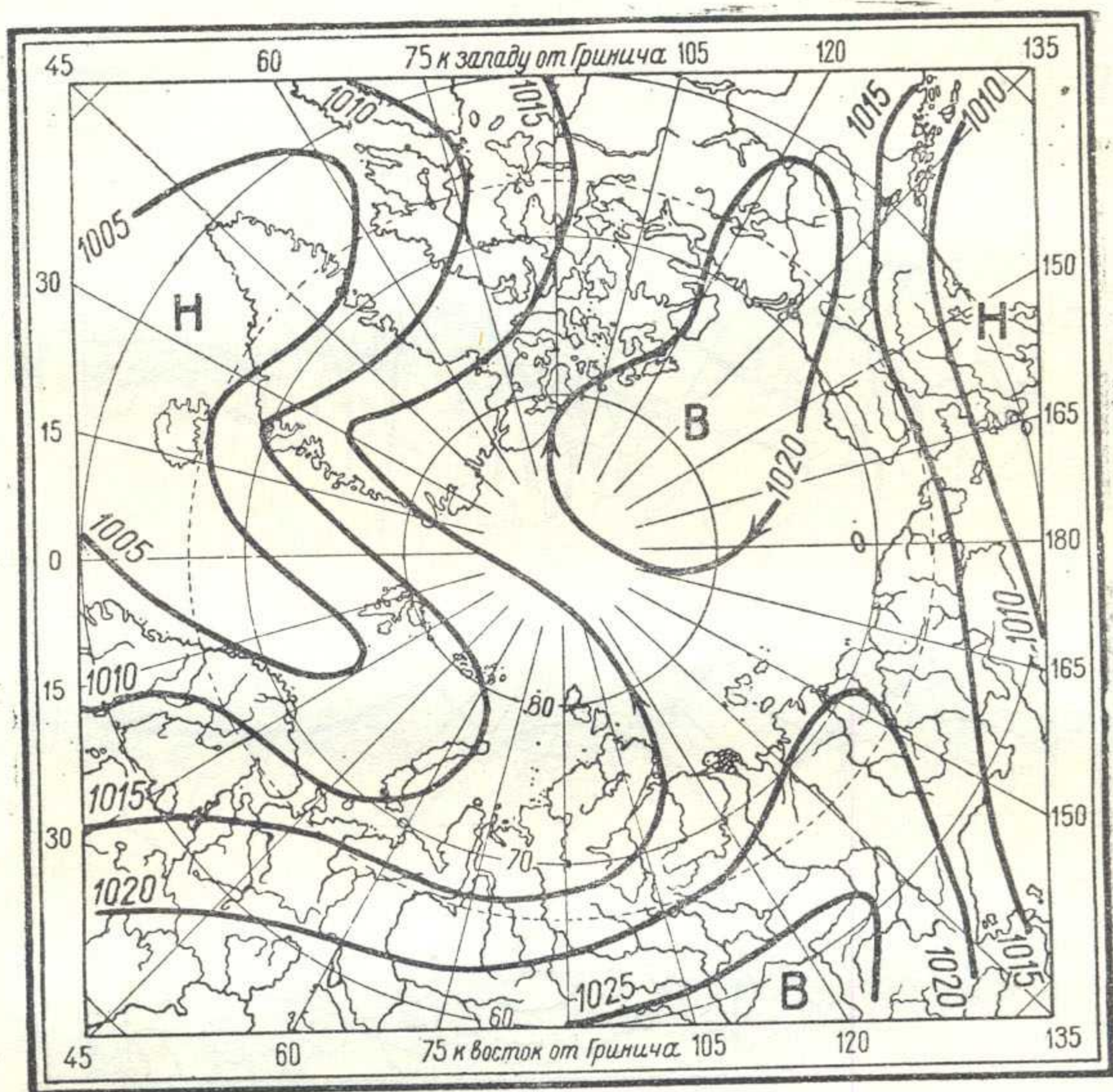


Рис. 33. Карта распределения среднего давления атмосферы в миллибарах в Арктике зимой. (Стрелки показывают основное движение льдов.)

кового склона Азиатского побережья, т. е. по параллели, а не по меридианам. Оказывается, изобары в приврангелевском районе обычно, и в особенности осенью, протягиваются примерно по параллели.

В соответствии с новыми правилами, по месячным картам давления над Арктическим бассейном, составленным в Бюро

погоды, были вычислены теоретические дрейфы станции «Северный полюс» (с 21 мая 1937 г. по 1 февраля 1938 г.), ледокольного парохода «Седов» (с 1 ноября 1937 г. по 1 октября 1939 г.) и ледокола «Ленин» (с ноября 1937 г. по 1 августа 1938 г.).

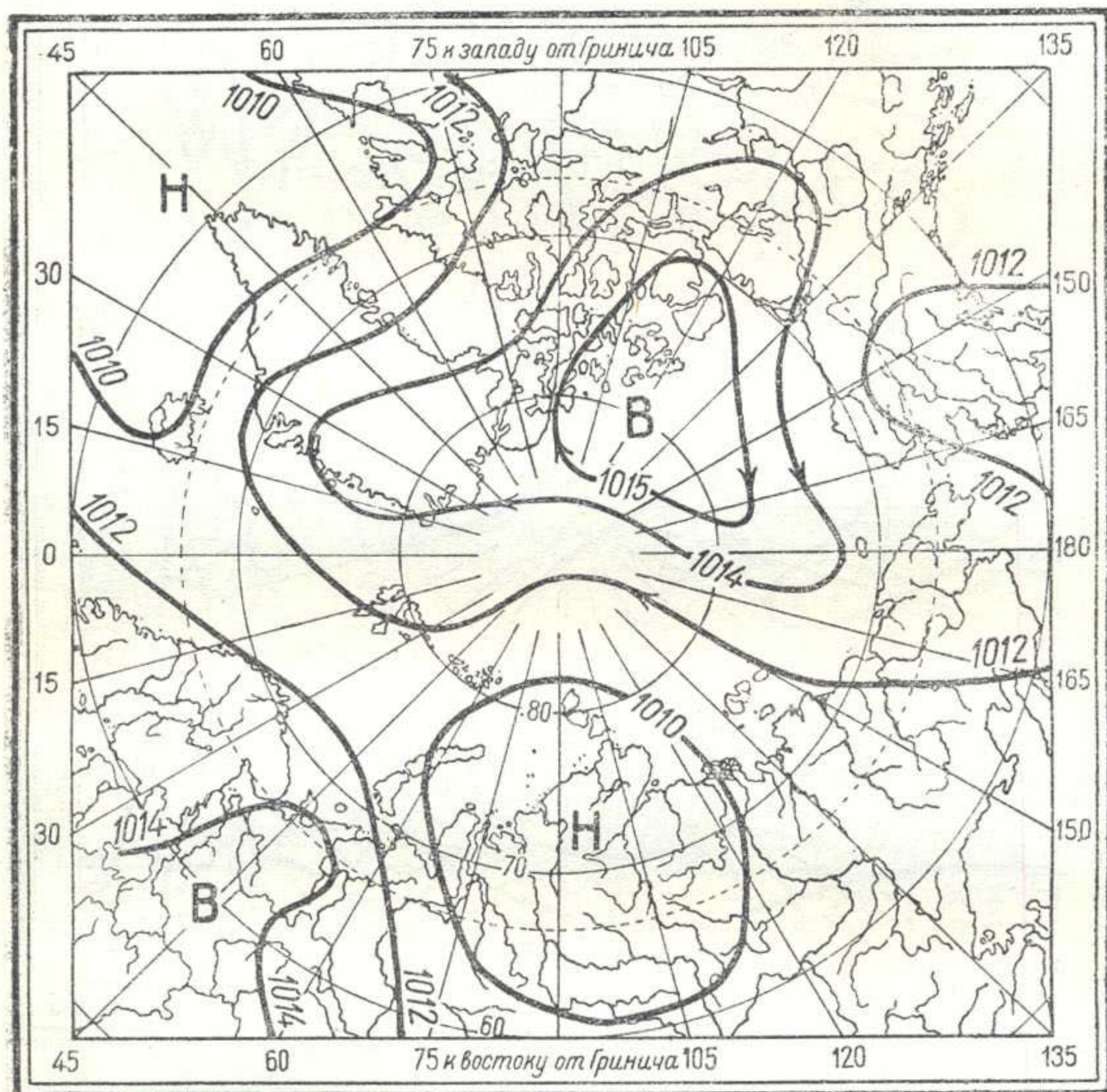


Рис. 34. Карта распределения среднего давления атмосферы (в миллибарах) в Арктике летом. (Стрелки показывают основное движение льдов.)

Лучше всего сошлись линии теоретического и истинного дрейфа ледокольного парохода «Седов», что, впрочем, вполне естественно, так как этот корабль дрейфовал при весьма благоприятных условиях.

Теоретический дрейф ледокола «Ленин» также оказался

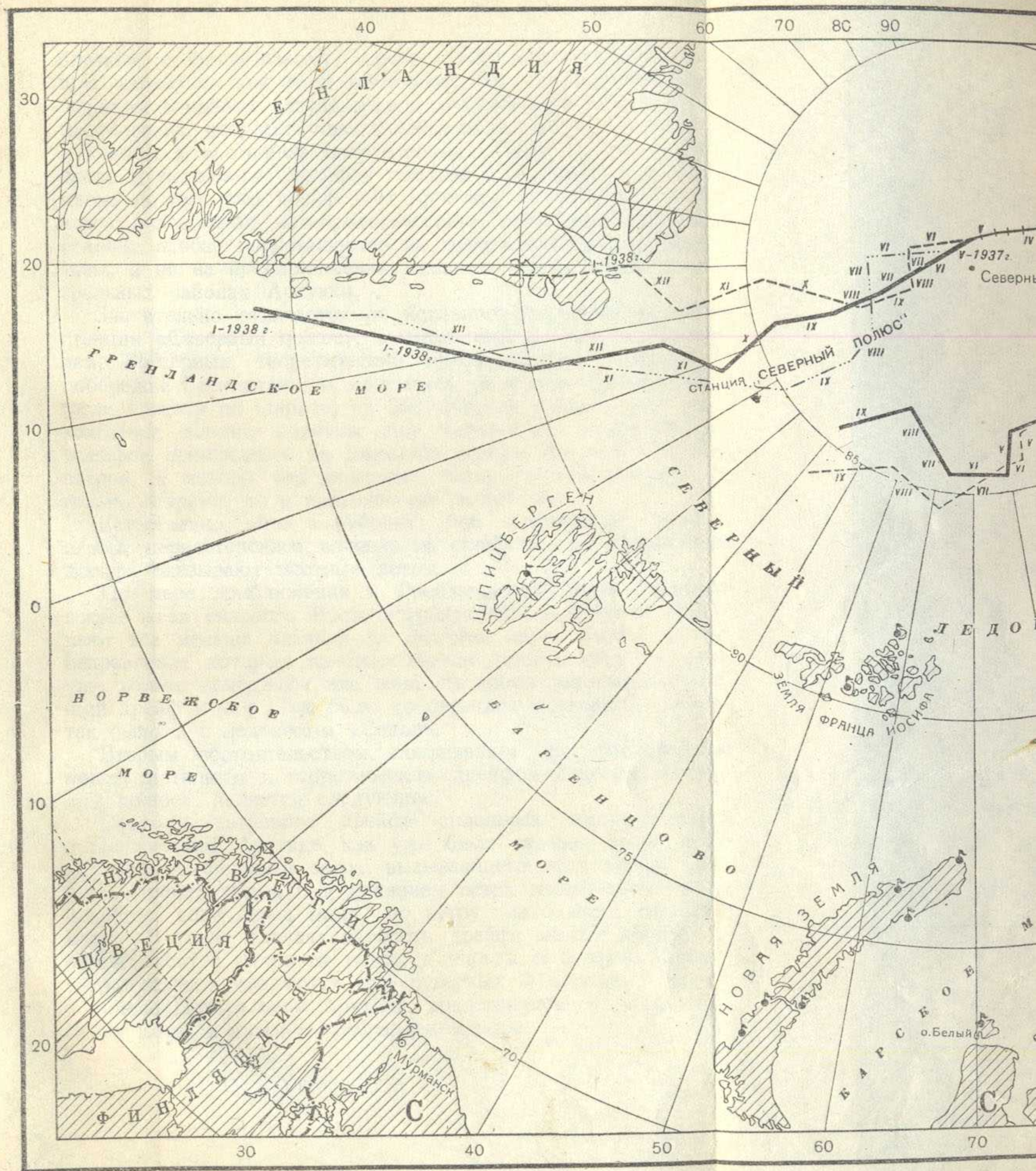


Рис. 35 Фактические и теоретические дрейфы станции „Северный полюс“

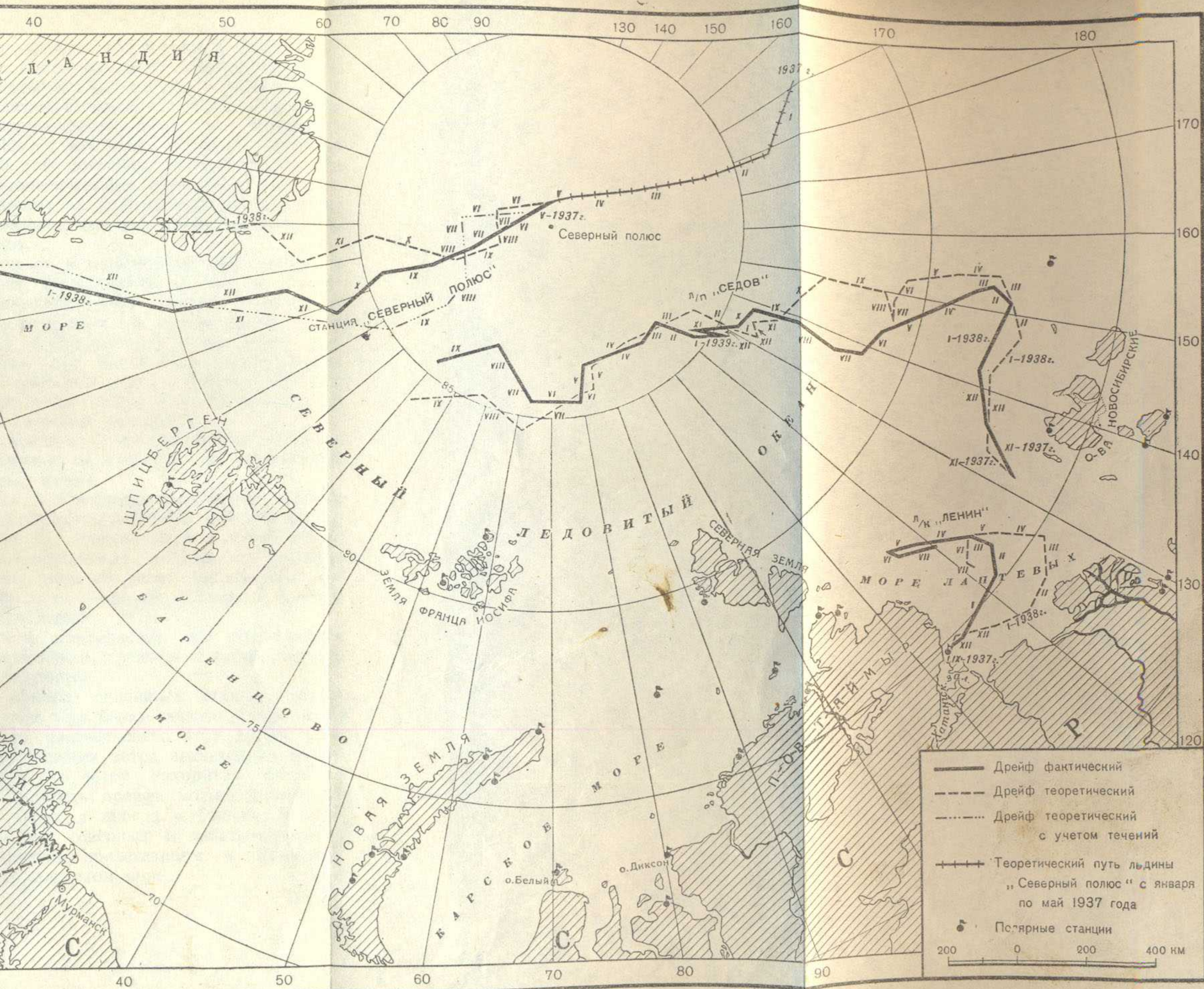


Рис. 35 Фактические и теоретические дрейфы станции „Северный полюс“ и ледоколов „Седов“ и „Ленин“.

близким к фактическому, однако теоретическая линия прошла несколько южнее и восточнее. Это объясняется искажающим влиянием близлежащего материкового берега и Новосибирских островов, препятствовавших дрейфу ледокола в южном и восточном направлениях. Сходство теоретического и истинного дрейфов ледокола «Ленин» особенно ценно потому, что дрейф этот протекал в районе, лучше всего освещенном метеорологическими станциями, где проведение изобар основывается на действительных наблюдениях, а не на предположениях, как это имеет место в центральных районах Арктики.

Значительно отличается от истинного теоретический дрейф станции «Северный полюс», вычисленный по тем же формулам. Во-первых, теоретический дрейф станции выходит на побережье Гренландии, и, во-вторых, он короче фактического (если считать по широте) на 550 морских миль. Такое расхождение вполне понятно: при построении теоретических дрейфов принималось во внимание только влияние местных ветров, а между тем движение льдов обуславливается не только ветрами, но и постоянными течениями.

Естественно, что в районах, где постоянные течения слабы, первостепенное влияние на скорость и направление дрейфа оказывают местные ветры.

По мере приближения к Гренландскому морю местные ветры из-за сильного Восточногренландского течения оказывают все меньше влияния на ледяные поля. Слабые ветры, направление которых противоположно постоянному течению, уже только замедляют или лишь на время задерживают общий дрейф к югу. Так было со станцией «Северный полюс», так было и с ледоколом «Седов».

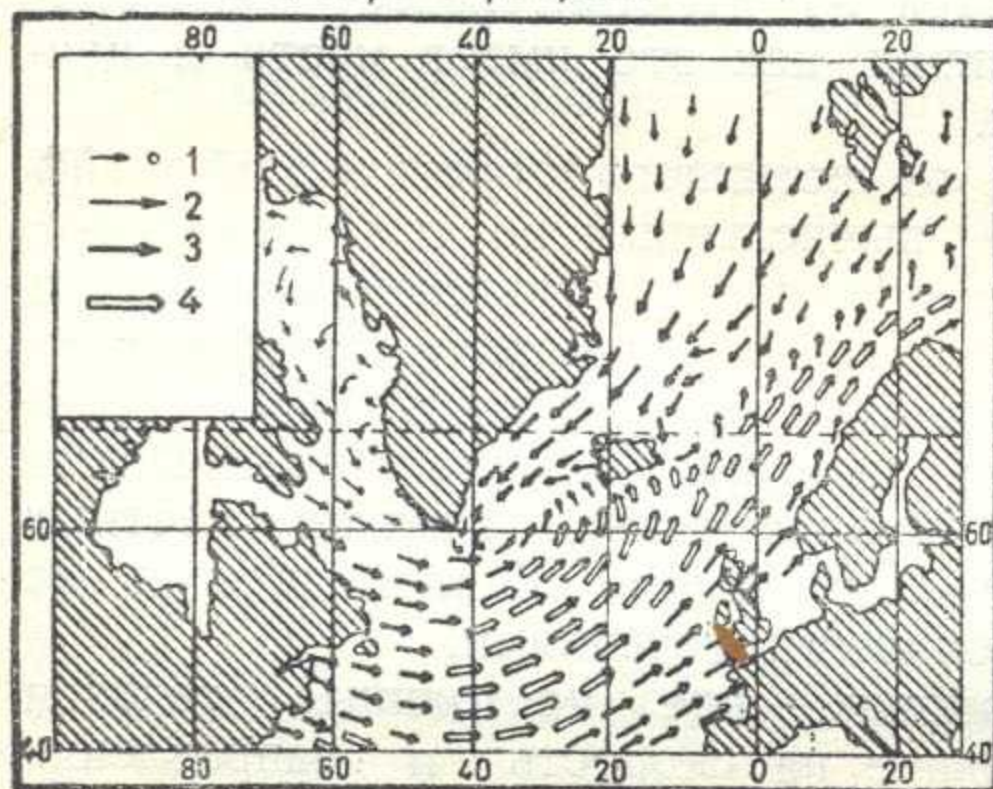
Вторым обстоятельством, повлиявшим на расхождение между истинным и теоретическим дрейфом станции «Северный полюс», является следующее.

Скорость ветрового дрейфа сплошных ледяных полей в Центральной Арктике, как уже было сказано выше, в 50 раз меньше скорости ветра, вызывающего этот дрейф. Скорость дрейфа льдов под влиянием ветра значительно увеличивается, если перед ними по ветру находится открытое море. В таких случаях скорость дрейфа может достигнуть одной десятой скорости ветра, а иногда и больше. Именно такие условия создаются при северных и западных ветрах в районе Центральной Арктики, прилегающем к Гренландскому морю, и в самом Гренландском море.

10. Ледяной поток

Спустившись в своем дрейфе от Северного полюса к югу за 81° с. ш., ледяное поле папанинцев вступило в Гренландское море и в дальнейшем начало двигаться по широкому мелководью, опоясывающему с востока побережье Гренландии.¹

В январе и феврале



В июле и августе

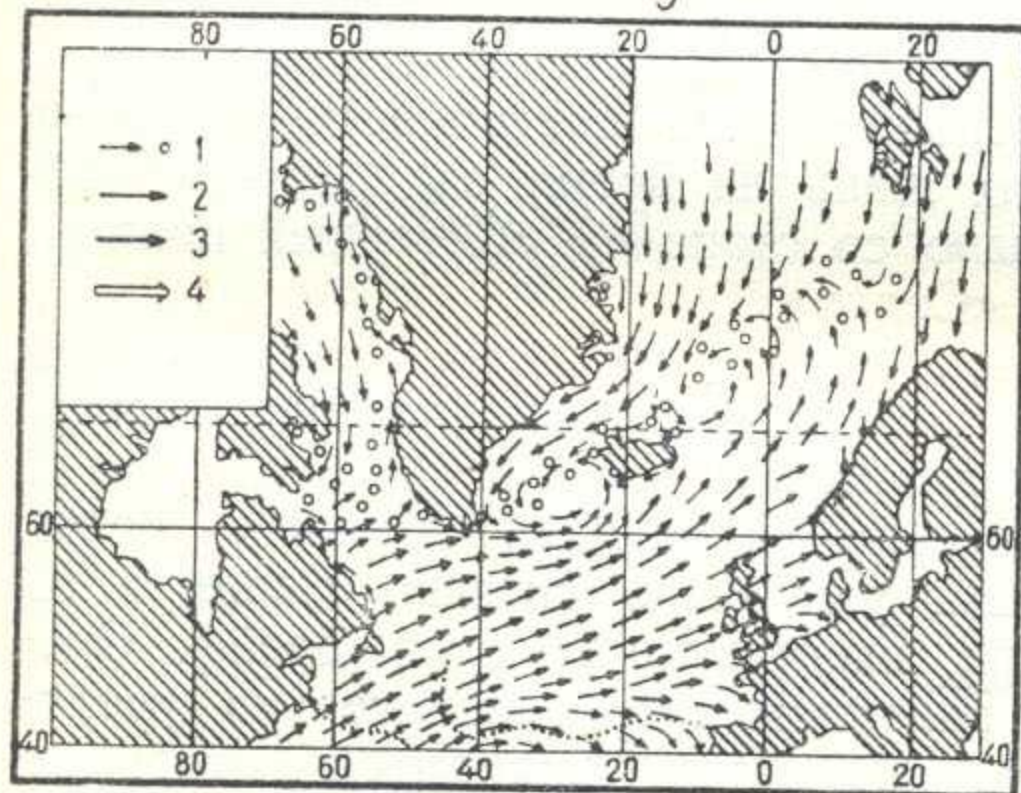


Рис. 36. Распределение ветров по их силе и направлению над северной частью Атлантического океана и Североевропейским (Гренландским) морем в январе и феврале. Толщина стрелок соответствует различным диапазонам скорости ветра: 1—менее 3 баллов; 2—от 3 до 5; 3—от 5 до 6; 4—более 6 баллов.

Здесь оно включилось в знаменитый Гренландский поток льдов, непрерывной лентойдвигающийся вдоль восточного побережья Гренландии, начиная от ее Северо-восточного мыса до ее южного мыса — мыса Фаруэлл, и затем поднимающийся на север вдоль западного побережья Гренландии в Баффинов залив. Этот непрерывный ледяной поток, движущийся с переменной скоростью и зимой и летом, представляет одно из наиболее замечательных явлений природы, явление не менее замечательное, чем Гольфстрим, хотя в значительной степени менее известное.

¹ Ни одно судно не плавало в Гренландском потоке севернее 78° с. ш., и потому все наблюдения, произведенные станцией «Северный полюс» в этом районе, представляют особый интерес.

Происхождение Гренландского потока, или Восточно-гренландского течения, таково. Ежегодно в Северный Ледовитый океан поступает около 5000 куб. км речных вод. Кроме того, в Арктический бассейн через Берингов пролив ежегодно вливается около 30 000 куб. км тихоокеанских вод и из Норвежского и Гренландского морей более 100 000 куб. км. теплых атлантических вод. Небольшая часть этих водных избытков проходит в Баффинов залив через многочисленные, но мелко-водные проливы американского архипелага, основная же масса поступает в Гренландское море через «пролив папанинцев», создавая Восточногренландское течение.

Если мы посмотрим на карты, на которых представлены направления господствующих ветров за январь и июль (рис. 36), и схему постоянных течений в Североевропейском море (рис. 37) и сравним эти карты с картами изобар для летнего и зимнего сезонов, представленными на рис. 33 и 34, то мы увидим, что это течение, будучи в основном сточным течением, является в то же время, дрейфовым течением, обусловленным господствующими ветрами.

Как дрейфовое, Восточногренландское течение настолько сильно, что оно не только выносит весь приток речных вод, поступающих в Арктический бассейн, но и заставляет атлантические воды для компенсации создающегося расхода как бы подсасываться в Арктический бассейн.

Восточная граница Гренландского течения занимает почти неизменное в течение круглого года положение. Она приблизительно совпадает с восточными границами береговой отмели, опоясывающей Гренландию. Таким образом, поток льдов как бы приурочен к малым глубинам.

Льды Гренландского потока разделяются на три параллельных потока. Первый поток, или западный, наиболее



Рис. 37. Схема течений на поверхности Гренландского моря.
(По Нансену.)

близкий к Гренландии, состоит из льдов, образовавшихся в многочисленных фиордах Гренландии и оттуда вынесенных вместе с наполняющими эти фиорды айсбергами. Центральный поток состоит из паковых льдов, выносимых в Гренландское море из Центрального Арктического бассейна.

Наконец, восточный (или внешний) поток, состоит из льдов, вынесенных в Гренландское море из районов Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, Северной Земли, а также из льдов, образующихся в самом Гренландском море.

Скорость Гренландского ледяного потока неодинакова. У 80° с. ш. его скорость около 3—3,5 км в сутки. Постепенно к югу эта скорость возрастает и в Датском проливе (между Гренландией и Исландией) достигает 20—30 км в сутки. Однако скорость каждого из трех параллельных потоков (составных частей общего гренландского потока) также не одинакова. Повидимому, наибольшей скоростью обладает как раз центральный ледяной поток.¹

Неодинаковость скорости потока была известна и раньше, но она особенно ясно доказывается дрейфом станции «Северный полюс». Действительно, в то время, когда ледяное поле дрейфовало в Арктическом бассейне, его положение относительно меридиана почти не изменялось. Таким образом создалось впечатление, что ледяное поле, несмотря на все искривления его пути, участвует в общем движении обширной площади ледяных полей.

После того как ледяное поле вступило в Гренландское море, оно стало неоднократно поворачиваться то в одну, то в другую сторону, что безусловно вызывалось трением, возникавшим вследствие неодинаковой скорости отдельных полей. Вместе с увеличением скорости ледяного потока, по мере продвижения его к югу, уменьшается, понятно, и ширина Гренландского ледяного потока. Если на 80° с. ш. ширина ледяного потока доходит до 400 км, то на 70 параллели она уменьшается до 200 км.

Неоднократно делались попытки подсчитать количество льдов, поступающих через пролив между Гренландией и Шпицбергенем, однако до сих пор они не давали правильных результатов, вследствие отсутствия достаточно точных данных. Во-первых, неизвестна средняя толщина льдов; во-вторых, не были достаточно изучены скорости движения.

¹ В этом центральном потоке и дрейфовало ледяное поле станции «Северный полюс».

в различное время года; в-третьих, было неизвестно, какой процент моря занят льдом и как лед размещается по времени года.

Подсчеты, произведенные немецким океанографом Крюм-мелем, дали цифру 12 700 куб. км льда в год, что составляет приблизительно одну треть всего пакового льда, заполняющего Центральный Арктический бассейн при условии, что $\frac{7}{8}$ его покрыто льдом при средней толщине льдов 5 м. Вычисления В. Ю. Визе дают 8000 куб. км. По очень осторожным подсчетам автора количество выносимых льдов еще меньше. А именно: считая, что Гренландский поток, благодаря соответствующим ветрам, очень устойчив, а скорость его около 8—12 км в сутки, при ширине около 200 км, мы получаем, что этим течением ежегодно выносится из Северного Ледовитого океана до 1 млн. кв. км морских льдов, т. е. от 13 до 20% всей площади льдов центральной части Северного Арктического бассейна.

Примем для осторожности, что средняя толщина выносимых Гренландским потоком льдов равна 3 м, тогда ежегодно вынос льда будет равен 3 тыс. куб. км, или около 3 млн. тонн морского льда. Для того чтобы растопить этот лед, надо затратить более 200×10^{12} грамм-калорий тепла (грамм-калория нагревает на 1° более 3000 куб. см воздуха). Таким образом, в зимнее время холодные воздушные массы вызывают образование льдов, причем освобождается теплота плавления, повышающая температуру этих воздушных масс.

Часть образовавшегося льда выносится в более южные широты, и в результате климат Арктического бассейна смягчается. Таким образом, атлантические, тихоокеанские и речные воды непрерывно вносят в Арктический бассейн тепло, а Гренландский ледяной поток непрерывно выносит из него холод. Как количество вносимого в Арктический бассейн тепла, так и количество выносимого из него холода не остается неизменным и из года в год подвержено значительному изменению. Эти изменения самым существенным образом сказываются на условиях погоды Западной Европы и на условиях ледовитости в западных окраинных морях Советской Арктики.

Наблюдения станции «Северный полюс» тем ценны, что, являясь существенным дополнением к производившимся перед этим советскими исследователями наблюдениям в Гренландском море, они впервые дают возможность подсчитать

количество льдов, выносимых из Центрального Арктического бассейна, и проследить в дальнейшем их судьбу. В то же время результаты наблюдений станции «Северный полюс» выдвигают новые и чрезвычайно важные проблемы. Является ли большая скорость дрейфа папанинцев явлением, обычным для Гренландского потока, или она только связана с особыми климатическими условиями зимы 1937/38 г., и в какой мере она связана с общим потеплением Арктики, наблюдающимся с 1920 г.?

Из истории исследования Арктики известно много случаев дрейфа судов вместе с гренландскими льдами. Так это было, например, с советским судном «Мурманец» во время операции по снятию станции «Северный полюс». Как известно, «Мурманец» был зажат льдами к югу от Ян-Майена и затем вместе со льдами был вынесен через Датский пролив в район к югу от Исландии, где и освободился из льда.

Наиболее замечательными дрейфами судов вместе с гренландскими льдами были следующие: в июне 1777 г. несколько судов голландского китобойного флота были зажаты льдами у 76° с. ш., и их понесло вместе со льдами на юг через Датский пролив со скоростью 18—20 км в сутки; «Ганза» — парусное судно Второй германской арктической экспедиции — вошла в лед 14 сентября 1869 г. на $73^{\circ}25'$ с. ш. и $18^{\circ}39',5$ з. д. в 70 км от восточных берегов Гренландии, и ее вместе со льдами понесло на юг. 22 октября 1869 г. «Ганза» была раздавлена льдами у $70^{\circ}52'$ с. ш. и 21° з. д. (т. е. в точке несколько севернее и несколько западнее той точки, в которой зимовщики станции «Северный полюс» были 19 февраля 1938 г. сняты ледоколами «Мурман» и «Таймыр»). Экипаж «Ганза» продрейфовал на льдине вдоль восточного побережья Гренландии и в конце концов после 200 дней дрейфа на $61^{\circ}21'$ с. ш. и 42° з. д. пересел на три шлюпки и на них достиг побережья Гренландии. Всего за время дрейфа было пройдено почти 2000 км. Совпадение места снятия станции «Северный полюс» и места начала дрейфа экипажа «Ганза» на льдине позволяет нам подсчитать дрейф льдов от самого полюса до юго-западного побережья Гренландии.

Известно было, что ледяные поля центральной части Арктики, вступающие в Гренландское море, имеют сравнительно большие размеры. Но многочисленные наблюдения промысловых и научных судов говорили о том, что в районе между Ян-Майеном и Исландией встречаются только обломки этих полей, размерами приблизительно 30—50 м в попереч-

нике. Эти обломки толстых ледяных полей датчане и норвежцы называли «сторис», что в буквальном переводе значит «большой лед». Таким образом, в Гренландском море между мысом Северо-восточным и Ян-Майеном должен был происходить разлом больших ледяных полей Арктики. Как именно происходит этот разлом, — было неизвестно.

Еще во время челюскинской эпопеи было подмечено, что иногда, особенно во время торошения ледяных полей, по льду как бы пробегали волны, под действием которых ледяные поля начинали покачиваться. Эти обстоятельства хорошо были известны Ширшову и Кренкелю — участникам экспедиции «Челюскина». Поэтому Федоров во время экспедиции особенно внимательно следил за поведением пузырька уровня теодолита, установленного на ледяном поле, надеясь обнаружить эти колебания.

Дрейф ледяного поля станции «Северный полюс», как мы видели, вначале проходил в общем чрезвычайно спокойно. Зимовщики обнаруживали иногда на своем поле трещины, образовавшиеся в связи с изменениями температуры, но торошения, сильных толчков они до конца января не наблюдали. Даже повороты ледяного поля около вертикальной оси были сравнительно, особенно в начале дрейфа, малыми.

Первый сильный толчок был отмечен 20 января, а первые колебания уровня теодолита были обнаружены только 21 января 1938 г., когда ледяное поле находилось в Гренландском море, приблизительно на 77° с. ш. Несомненно, это было связано с тем, что весь январь в Гренландском море был очень штормовым. Скорость ветра нередко достигала 30 м в секунду. В связи с такой силой ветра и с тем, что восточная часть Гренландского моря всегда свободна от льдов, ледяные поля пришли в некоторое движение.

26 января начался шестидневный шторм, и ледяное поле начало испытывать более сильные покачивания. Период этих покачиваний был 10—12 секунд (т. е. приблизительно такой же, какой наблюдается у штормовых морских волн), а наклон ледяного поля доходил до 60 угловых секунд и более. В результате этих покачиваний в ледяном поле создавались напряжения, и в конце концов ледяное поле 1 февраля разломалось по линиям, приблизительно перпендикулярным направлению ветра. Несомненно, что причиной этих колебаний и разлома ледяного поля явилась крупная зыбь, вызванная штормовыми ветрами в ближайших свободных от льдов пространствах Гренландского моря и затем — по общему закону — распространившаяся во всех направлениях.

После разлома ледяного поля зимовщики станции «Северный полюс» оказались на льдине размерами 30 на 50 м, отделенной от других льдин трещинами шириною 1—5 м. Когда ветер стих, льды начали сближаться друг с другом, и 19 февраля расстояние от станции до края поля, на котором она находилась, было уже около 2 км. Но новое поле, составленное из разломанных частей старых ледяных полей, понятно, не было уже таким крепким, как старое, и естественно, что в дальнейшем ветры даже меньшей силы смогли бы его разломать.

За время своего дрейфа станция «Северный полюс» спустилась на юг по широте на 1120 морских миль. Этот путь был совершен под влиянием постоянного течения и местных ветров. Если принять во внимание наблюдения П. П. Ширшова и Е. К. Федорова, произведенные ими во время дрейфа станции «Северный полюс» над направлением и скоростью постоянных течений, то окажется, что около 600 миль из общей протяженности дрейфа приходится на долю попутных морских течений и только 520 миль на долю попутных ветров. Между тем теоретический дрейф «Седова» короче фактического на 550 миль именно потому, что, вычерчивая его, мы принимали во внимание только местные ветры.

Мы предприняли попытку, учтя наблюдения и вычисления П. П. Ширшова и Е. К. Федорова, вычислить суммарный дрейф станции «Северный полюс», обусловленный, с одной стороны, распределением атмосферного давления и, с другой, постоянным течением. Сопоставляя фактическое местонахождение станции «Северный полюс» на 1 февраля 1938 г. с теоретическим, вычисленным по формулам автора при учете постоянного течения, мы получаем, что истинное местонахождение льдины отличалось от теоретического только на 50 миль, т. е. только на 5% от длины дрейфа по широте. Подобное совпадение надо признать лежащим на пределе той точности, с которой получены исходные данные для вычислений. Вместе с тем это совпадение еще раз подчеркивает изумительную точность наблюдений седовцев и папанинцев.

В Центральном бюро погоды ежедневно составляются карты распределения атмосферного давления над Арктическим бассейном, и на них проводятся изобары. С этих карт нетрудно снять направление изобар и расстояние между ними в любой точке земной поверхности. Отсюда нетрудно вычислить по формулам, полученным в результате анализа дрейфа «Седова», с какой скоростью и в каком направлении

движутся льды в любом районе Северного Ледовитого океана.

На рис. 38 показана карта среднемесячного давления атмосферы над Арктическим бассейном в январе 1939 г. На этом же рисунке двойной стрелкой показан фактический дрейф «Седова» за тот же месяц. Как видим, он точно совпадает с изобарой.

Одновременно на том же рисунке показан дрейф льдов в различных районах Арктического бассейна за январь 1939 г. Направления стрелок показывают направление дрейфа льдов, а длина стрелок показывает скорость дрейфа. Из рассмотрения этого рисунка видно, что льды Центрального Арктического бассейна движутся вовсе не как одно целое, а с различной скоростью и по различным направлениям. Существуют зоны быстрого движения и относительного покоя. Там, где стрелки сходятся, происходит сжатие льдов и торшение; там, где стрелки расходятся, льды разрезаются, и между ледяными полями образуются разводья.

Понятно, что если движение полярных льдов таково, что они отодвигаются от Советского арктического побережья, то это означает, что мы можем ожидать благоприятных ледовых условий на трассе Северного морского пути.

Вслед за отходом полярных льдов от наших побережий усиливается вынос местных льдов, образовавшихся в окраинных морях. Наоборот, с придвижением полярных льдов к побережью вынос местных льдов прекращается. Бывает и так, что в окраинные моря заносятся льды из Центрального бассейна. Соответственно ухудшаются, конечно, и условия плавания по трассе Северного морского пути.

Из этого видно, насколько важны новые правила для улучшения ледовых прогнозов, в первую очередь прогнозов долгосрочных. Действительно, следя по новому методу за движениями отдельных частей полярных льдов в течение зимы и весны, мы можем судить об общих ледовых условиях в предстоящую арктическую навигацию.

Не менее важными являются новые правила и для краткосрочных ледовых прогнозов, освещающих расположение льдов на отдельных участках Северного морского пути в течение навигации. Эти прогнозы основываются на наблюдениях метеорологических станций и на ледовой разведке, производимой во время арктической навигации самолетами и дозорными кораблями. Но наблюдения метеорологических станций охватывают только прибрежные участки моря, а наблюдения самолетов и кораблей не могут быть непрерыв-

ными и охватывать все районы. Здесь на помощь должна прийти непрерывная слежка за движением ледяных полей по ежедневно составляемым картам погоды с помощью найденного метода.

В этой возможности — одно из наибольших практических

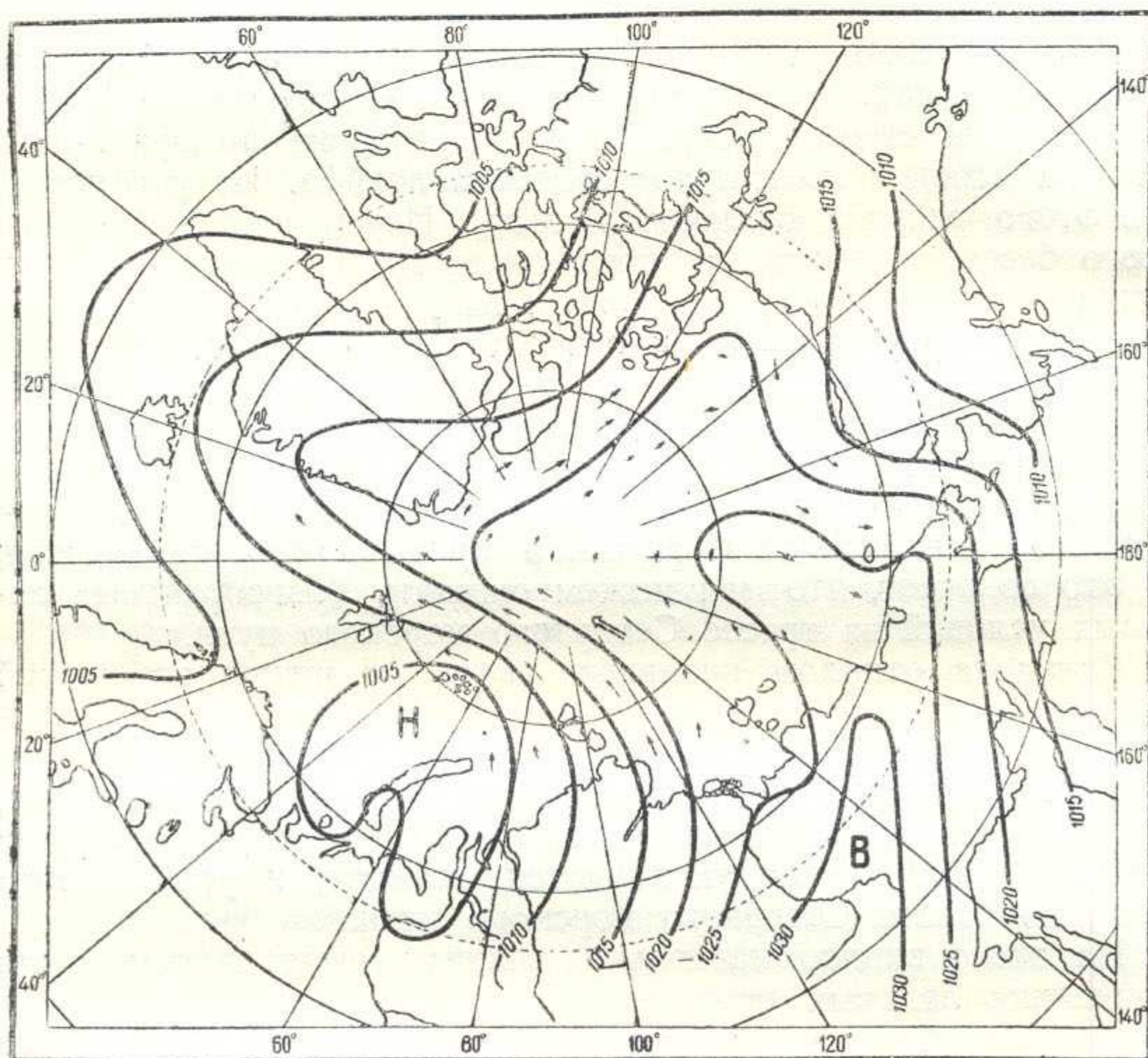


Рис. 38. Карта среднемесячного давления атмосферы над Арктическим бассейном в январе 1939 г.

Стрелками обозначен дрейф льдов; двойной стрелкой — фактический дрейф «Седова».

достижений дрейфа «Седова». Это достижение оказалось возможным благодаря прекрасной работе замечательного коллектива советских полярников, выращенного великим Сталиным, и, в первую очередь, благодаря героической работе экипажа ледокольного парохода «Седов».

У нас много славных имен моряков-исследователей, которыми мы справедливо гордимся. Отныне к таким именам прибавляются имена седовцев. Они в чрезвычайно трудных

условиях не только сумели сохранить свой корабль для советского ледокольного флота, но, кроме того, сумели провести ряд ценнейших наблюдений в районах Арктики, где до них не плавал ни один корабль и не летал ни один самолет, и этим значительно облегчили для советских полярников задачу, поставленную им XVIII Съездом партии и лично товарищем Сталиным: превратить Северный морской путь в нормально действующую морскую магистраль.



V. ПРОБЛЕМЫ АРКТИКИ

1. Арктика и погода

У экватора нижние слои атмосферы сильно нагреваются солнцем, становятся легче, поднимаются кверху и верхними слоями атмосферы текут в полярные области. У полюсов воздушные слои охлаждаются, становятся тяжелее и отсюда растекаются во все стороны по направлению к экватору.

Благодаря этому экватор охватывается полосой пониженного давления атмосферы, а над полярными областями располагаются постоянные области повышенного давления. Эта основная циркуляция атмосферы, объясняемая разницей температур, искажается многими причинами. Так, благодаря влиянию вращения Земли в высоких слоях атмосферы по обеим сторонам экватора между 30 и 35° широты создаются накопления воздушных масс и мощные пояса высокого давления.

То же вращение Земли вызывает отклонение воздушных потоков в их движении от областей повышенного давления к областям пониженного давления вправо в северном полушарии и влево в южном полушарии.

Совокупность этих причин вызывает, например, образование между областями динамического повышенного давления и поясом пониженного давления, охватывающим земной шар по экватору, северо-восточных пассатов в северном полушарии (и юго-восточных пассатов в южном). Эта картина еще больше усложняется распределением по земному шару континентов и океанов.

Континенты зимой более охлаждаются, а летом более нагреваются, чем океан. Благодаря этому в зимнее время над континентами создаются области повышенного давления

атмосферы, летом — пониженного. Морские течения, несущие теплые воды в холодные области земного шара или, наоборот, несущие холодные воды и льды в более теплые области Мирового океана, также нарушают правильное распределение давления атмосферы и вызывают соответствующие аномалии.

Наибольшие аномалии в этом отношении представляет Гренландское море, где, как мы видели, теплые атлантические воды поверхностным течением распространяются вдоль западного побережья Шпицбергена вплоть до 80-й параллели.

В том же Гренландском море вдоль восточного побережья Гренландии и далее на юг, вплоть до соприкосновения с северной границей Гольфстрима, распространяются льды и холодные воды, выносимые из Гренландского моря и Баффинова залива. Температурная аномалия здесь усиливается охлаждающим влиянием ледникового покрова Гренландии и доходит в зимние месяцы до 24° .

Все эти особенности распределения континентов и морских течений создают для Атлантического океана характерные постоянные области повышенного давления — азорский максимум (расположенный между Средиземным морем и Мексиканским заливом) и арктический, охватывающий центральную часть Арктического бассейна, Гренландию и острова Американского арктического архипелага. Эти области являются областями наиболее устойчивой погоды, и здесь происходит формирование воздушных масс. Здесь они приобретают свои основные характерные черты.

Но в Атлантическом океане существует еще одна замечательная область, а именно: так называемый исландский минимум, расположенный к югу от Исландии. Здесь в результате соприкосновения теплых атлантических и холодных арктических вод и льдов зарождаются мощные возмущения атмосферы, или циклоны, с ветрами, дующими против часовой стрелки, если смотреть сверху.

Сформировавшийся в области к югу от Исландии циклон не остается на месте, а быстро передвигается на северо-восток. Обычно одно и то же возмущение атмосферы вызывает не один, а несколько циклонов, следующих один за другим, образуя так называемое семейство циклонов.

В зависимости от многих условий, пути циклонов направляются от Исландии или через Балтийское море в СССР или вдоль западного побережья Норвегии вокруг мыса Нордкап, далее через Баренцево море и иногда забираются даже в море Лаптевых.

Третья группа циклонов огибает с запада и севера Шпицберген и затем теряется в областях Арктического бассейна.

Вслед за каждым циклоном и в особенности за каждым семейством циклонов из Арктики обрушиваются на Европу холодные арктические массы воздуха, образующие антициклоны с повышенным давлением в центре и с ветрами (если смотреть сверху), дующими по часовой стрелке.

Эти антициклоны, образовавшиеся в Арктике, оказывают влияние не только на климат приполярных районов, но и на климат умеренных широт.

Прорывающиеся время от времени на юг холодные и почти лишенные влаги массы арктического воздуха распространяются далеко на юг вплоть до тропиков. Они приносят нам в зимнее время ясную морозную погоду, а в летнее время — знойную и засушливую.

Не имея метеорологических наблюдений в центре Арктики, мы вынуждены были судить об этих процессах, главным образом, по их следствиям. Понятно, что для метеорологических прогнозов — краткосрочных и долгосрочных — необходимы длительные наблюдения как раз в тех районах, где эти массы воздуха формируются.

Необходимость метеорологических наблюдений в центре Арктики именно для этой цели и вызвала мысль об устройстве постоянной станции в центре Арктики и послужила отчасти поводом к организации станции «Северный полюс». Понятно, с каким волнением метеорологические обсерватории всего мира, в особенности обсерватории северного полушария, начали получать и наносить на свои карты погоды регулярные метеорологические наблюдения станции «Северный полюс». Эти наблюдения впервые давали возможность проследить распределение давления во всем Северном Ледовитом океане и связать между собой наблюдения европейского и американского секторов Арктики. Уже первые метеорологические сводки станции «Северный полюс» показали, что наши представления о структуре так называемой «полярной шапки» холодного воздуха или об арктической области повышенного давления во многом ошибочны. На синоптической карте, построенной для 7 часов утра 23 мая (т. е. через два дня после первых наблюдений этой станции), уже оказалось, что у самого полюса расположена область пониженного давления, а области повышенного давления расположены: одна над Гренландией, другая в районе к северу от Берингова пролива.

В дальнейшем оказалось, что погода в районе полюса обуславливалась, главным образом, преобладанием циклониче-

ческой деятельности с центром, расположенным над Карским морем. Отдельные циклонические возмущения проходили через полюс или с востока на запад или с северо-запада на восток, обуславливая в районе полюса неустойчивую погоду: резкие изменения давления, изменения скорости и направления ветров, изменение температуры, а также пасмурное небо, осадки и туман. Все это доказывало, что там, где предполагалась постоянная область высокого давления и, следовательно, более или менее однородные воздушные массы, на самом деле, по крайней мере в летнее время, имеет место постоянная смена воздушных масс.

Наибольшему давлению атмосферы соответствовали наименьшие температуры. Понижение давления соответствовало повышению температуры, т. е. то, что обычно для умеренных широт в зимнее время, в частности для Москвы.

Последующие наблюдения станции «Северный полюс» не только не опровергли, но, наоборот, еще более подтвердили эти начальные выводы.

Метеорологические наблюдения станции «Северный полюс», даже после того как станцию вынесло в Гренландское море, также представляют необычайный теоретический интерес. Они впервые объясняют дрейф ледяных полей с запада на восток у северного побережья Гренландии и необычайно высокую скорость дрейфа ледяных полей вдоль восточного побережья Гренландии (особенно в зимнее время, когда гренландский максимум и исландский минимум особенно ярко выражены) как неизбежное следствие постоянной области повышенного давления атмосферы, расположенной над Гренландией.

Неверно было бы думать, что метеорологические наблюдения станции «Северный полюс» в малейшей степени потеряли свое значение потому, что ледяное поле дрейфовало на юг с большой скоростью. Если, в силу этого дрейфа, не получен круглогодичный цикл наблюдений у самого полюса, то зато впервые получены метеорологические наблюдения для районов, до того совершенно не посещавшихся. Метеорологические процессы развиваются быстро, а синоптические системы перемещаются значительно скорее, чем происходил дрейф, поэтому для каждого синоптического процесса в отдельности мы можем в первом приближении считать станцию «Северный полюс» неподвижной. В этом отношении результаты ее наблюдений ничем не уступают наблюдениям постоянных береговых станций. Но перед наблюдениями последних у станции «Северный полюс» есть одно ни с чем не

сравнимое преимущество: ее наблюдения, проведенные на однообразной ледяной поверхности, не искажены ни рельефом местности, ни разнообразием подстилающей воздух земной поверхности, обстоятельствами столь влияющими на все — кроме давления атмосферы — метеорологические элементы.

Особый интерес представляют метеорологические наблюдения папанинцев, произведенные в Гренландском море. Здесь имеется всего пять постоянных метеорологических станций: одна советская, другая норвежская в Айс-фиорде на западном побережье Шпицбергена (приблизительно на 78° с. ш.), норвежская станция на острове Медвежьем ($74^{\circ}29'$ с. ш. и $19^{\circ}01'$ в. д.), норвежская — на острове Ян-Майен ($70^{\circ}59'$ с. ш. и $8^{\circ}18'$ в. д.) и норвежская в Мюгг-букте на восточном побережье Гренландии ($73^{\circ}29'$ с. ш. и $21^{\circ}34'$ в. д.). Понятно, каким прекрасным дополнением к наблюдениям этих станций послужат наблюдения станции «Северный полюс». Во время операции по снятию папанинцев на четырех кораблях («Мурманце», «Таймыре», «Мурмане» и «Ермаке») также велись тщательные метеорологические наблюдения. В результате получена небывалая до сих пор возможность изучения состояния погоды в январе—феврале 1938 г. в этом районе, совершенно не тронутом соответствующими исследованиями.

Станции «Северный полюс» не удалось осуществить кругло-суточные метеорологические наблюдения в высоких широтах Арктики. Поэтому до дрейфа «Седова» единственными наблюдениями этого рода оставались наблюдения Нансена.

В таблице 10 приводятся средние месячные температуры по наблюдениям во время дрейфа «Фрама», во время санного путешествия Нансена, во время дрейфа станции «Северный полюс» и во время дрейфа парохода «Седов». В таблице показаны наблюдения, произведенные только севернее 83° с. ш.

Из приведенной таблицы видно, как мало у нас еще наблюдений, проведенных в центральной части Северного Ледовитого океана. Но из этой таблицы также видно, что климат центральной Арктики не отличается особой суровостью по своим крайним и средним месячным температурам. Минимальная температура, отмеченная Нансеном, равнялась -52° . Минимальная температура, отмеченная папанинцами, равнялась $-44^{\circ},5$. Минимальная температура, отмеченная седовцами, равнялась $-44^{\circ},1$.

Что касается ветров в секторе Арктики между Гренландией, Северным полюсом и Новосибирскими островами, то они — чем западнее, тем сильнее. Это вполне естественно,

Таблица 10

Месяцы	„Фрам“		Нансен	Ст. „Север- ный полюс“	„Седов“	
	1895 г.	1896 г.	1895 г.	1937 г.	1938 г.	1939 г.
Январь . .	— 33°,4	— 37°,4	—	—	—	— 31°,0
Февраль . .	— 36,8	— 34,7	—	—	—	— 30,1
Март . . .	— 34,8	— 18,7	— 38°,3	—	—	— 37,0
Апрель . .	— 28,7	— 18,1	— 28,9	—	—	— 24,6
Май	— 12,1	— 10,7	— 11,9	—	—	— 13,2
Июнь . . .	— 2,2	— 1,7	—	— 2°,5	—	— 2,4
Июль . . .	— 0,3	—	—	— 0,0	—	— 0,2
Август . .	— 2,6	—	—	— 1,2	—	— 1,8
Сентябрь .	— 9,5	—	—	— 12,1	— 3°,7	— 8,8
Октябрь . .	— 21,2	—	—	— 20,8	— 12,8	— 17,4
Ноябрь . .	— 30,9	—	—	— 24,7	— 21,6	— 21,9
Декабрь . .	— 33,0	—	—	—	— 22,4	—
Год	— 20,6	—	—	—	—	— 17,6

так как на западе больше чувствуется влияние проникающих из Атлантического океана воздушных масс. Это обстоятельство сказывается еще на том, что, по наблюдениям Нансена, сильные ветры в зимнее время всегда сопровождаются некоторым повышением температуры.

Зимнее время в Центральной Арктике отличается ясностью и полным отсутствием облаков. Иная картина на побережье. Действительно, у берегов, благодаря стгонным ветрам, то и дело открываются большие пространства чистой воды, а туманы являются неизбежными спутниками соприкосновения воды и льдов. Зато в летнее время, особенно когда на льдах появляются озерки талой воды, туманы случаются очень часто. Так, по наблюдениям станции «Северный полюс», в июле и августе 1937 г. туманы были отмечены в 50% случаев наблюдений.

Помимо общего и теоретического интереса, метеорологические наблюдения станции «Северный полюс» уже принесли практическую пользу. Они сыграли большую роль во время состоявшихся летом 1937 г. трансарктических перелетов самолетов Чкалова и Громова, открывших новую эру в деле овладения Арктикой, в деле организации Великого Северного воздушного пути.

Метеорологические наблюдения, произведенные станцией «Северный полюс», хотя уже и использованы для составления карт погоды, однако полностью еще не обработаны. Наблюдения

ния «Седова» также использованы пока только по метеосводкам. Несомненно, что, когда материалы наблюдений будут полностью обработаны, результаты этих наблюдений, произведенных в центре Арктики, помогут наметить наиболее правильные пути для совершения трансарктических перелетов в различные времена года.

Парусные и паровые суда, пересекающие океаны, благодаря изученности воздушных и морских течений следуют заранее рекомендованными — в зависимости от сезона и условий погоды — курсами. Не всегда кратчайшее расстояние между двумя точками является минимальным по времени, которое необходимо кораблю или самолету, чтобы это расстояние преодолеть.

Материалы наблюдений станции «Северный полюс» и «Седова», как указывалось, пока еще полностью не обработаны. Это затрудняет возможность каких бы то ни было обобщений. Одно только можно подчеркнуть, а именно, что сама извилистость дрейфа «Седова» доказывает неустойчивость погоды в Центральной Арктике.

Кто-то пустил в обиход фразу «Арктика — это кухня погоды». Звучит это, быть может, хорошо, но по существу это совершенно неверно.

Погода зависит от многих факторов, и если уже говорить о том, где именно создается погода Европейской части Союза, погода самой Арктики и ледовитость советских окраинных морей, то мы должны обратить наши взоры прежде всего туда, где теплая «река в океане» соприкасается с «ледяным потоком», иными словами — в район исландского минимума, в район, где зарождаются циклоны, распространяющиеся затем и на территории Советского Союза, и в окраинные моря Советской Арктики, и к самому Северному полюсу.

2. Потепление Арктики

Всех мореплавателей давно поражает, что количество льдов, встречаемое в период летней навигации в отдельных окраинных морях Арктики, сильно меняется из года в год. После периода, когда льдов очень мало и навигация в очень высоких широтах доступна для кораблей любого типа, наступают годы, когда в те же районы не могут проникнуть даже самые мощные ледоколы. Помимо колебаний ледовитости в каждом отдельном море (фазы которых для некоторых морей почти совпадают, а для других, даже рядом лежащих морей или районов могут быть прямо противоположны), в последние

годы, начиная примерно с 1920, наблюдается весьма интересное явление — общее потепление Арктики, сказывающееся на повышении температур воздуха и воды и на уменьшении количества льдов. Главнейшими доказательствами этого общего потепления Арктики являются следующие факты.

1) Отступление ледников и растаивание островов

По исследованиям Вегенера, приблизительно с начала нынешнего столетия все ледники Гренландии, впадающие в бухту Северо-восточную и Диско (на западном побережье Гренландии), отступают. В частности, ледник Якобхавн за период 1880—1920 г. отступил почти на 20 км. Между тем ледники этих двух заливов доставляют главные массы гренландских айсбергов.

Отступление ледников за последнее время наблюдается также на Шпицбергене, на Земле Франца-Иосифа и на Новой Земле. Замечательно, что на Земле Франца-Иосифа за последние годы некоторые острова как бы раскололись на-двое. Как оказывается, до этого были они соединены ледяными перешейками.

В море Лаптевых, к северу от мыса Борхая и к западу от мыса Столбового, расположены небольшие острова — Семеновский и Васильевский, состоящие главным образом из ископаемого льда. Эти острова были точно положены на карту в 1823 г., затем их съемка была повторена в 1913 и в 1936 гг. За это время остров Семеновский по длине уменьшился в 8 раз, а остров Васильевский, длина которого в 1823 г. была около 7 км, в 1936 г. обнаружен вовсе не был. На его месте оказалась лишь небольшая подводная банка.

Как известно, на севере Сибири громадную область занимает «вечная мерзлота» — слой промерзшего грунта, который никогда не оттаивает и который является остатком древнего оледенения. Оказывается, за последние годы южная граница «вечной мерзлоты» неуклонно отступает на север. Так, например, в 1837 г. эта граница проходила несколько южнее города Мезени. В 1933 г. эта граница была обнаружена лишь у села Семжа, в 40 км севернее.

2) Повышение температуры воздуха

С 1920 г. средняя температура зимних месяцев на побережьях Баффинова залива, Гренландского, Баренцова и Кар-

ского морей неуклонно повышается. Даже в зиму 1928/29 г., при жестоких холодах в Европе, зимняя температура на Шпицбергене и острове Медвежьем была только немного ниже нормы.

Начиная с 1930 г. во всем секторе Арктики, от Гренландии и до мыса Челюскина, не было ни одной отрицательной аномалии средних годовых и месячных зимних температур, а положительные аномалии достигали очень высоких значений. Так, например, зимой 1934/35 г. положительные аномалии средних месячных температур в районе от острова Диксона до мыса Челюскина достигали $4-10^{\circ}$. В ноябре 1935 г. положительная аномалия температуры воздуха на Шпицбергене достигла 10° . Из таблицы 10 мы видим, что во времена Нансена температура зимних месяцев была на несколько градусов ниже, чем сейчас.

3) Повышение температур атлантических вод, поступающих в Арктический бассейн

Как мы видели, в Баренцево море поступает ветка атлантических вод под названием Нордкапского течения. Начиная с 1900 г. температуры этого течения от поверхности и до дна более или менее регулярно измерялись. Особенно интенсивно наблюдения над Нордкапским течением начали проводиться в советское время. И вот оказалось, что в среднем температуры Нордкапского течения за период с 1921 по 1936 г. на $0,7^{\circ}$ выше, чем в среднем за период 1900—1906 г. Из этого следует, что в среднем столбик воды Нордкапского течения, поперечным сечением в 1 кв. см и высотой 200 м, обладает в настоящее время запасом тепла на 14 000 грамм-калорий больше, чем это было в начале текущего столетия.

Потепление атлантических вод в Арктике сказывается также и в районах, прилегающих к Земле Франца-Иосифа и Шпицбергену.

Известно, что повсюду в Арктике теплые атлантические воды прикрыты сверху слоем очень холодных и сравнительно мало соленых полярных вод. В прошлом столетии нижняя граница этих полярных вод у Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа наблюдалась на глубине 150—200 м. Сейчас эта граница в тех же районах расположена на глубине 75—100 м. Еще резче выявляется потепление атлантических вод при сравнении температурных наблюдений на глубоководных станциях, сделанных в центральной части Арктики. Так, например, ни на одной из станций «Фрама» в Арктическом бассейне тем-

пературы глубинных атлантических вод не превышали $1^{\circ},13$. Экспедиция на «Садко» в 1935 г. наблюдала температуру атлантических вод до $2^{\circ},68$, а «Седов» получал температуры атлантических вод до $1^{\circ},8$ в районах к северу и востоку от дрейфа «Фрама», где холоднее. Если сравнить станции «Садко» с близлежащими станциями «Фрама», то окажется, что в центральной части бассейна в настоящее время тепла почти на 80 000 грамм-калорий больше, чем это было во времена Нансена.

Температуры, измеренные станцией «Северный полюс» у самого полюса, а также температуры, измеренные седовцами, оказались неожиданно высокими, и это безусловно также надо связать с общим потеплением Арктики.

4) Биологические признаки потепления Арктики

За последние годы промысловые рыбы распространяются все далее на север. Так, например, начиная с 1929 г. у берегов Шпицбергена и Новой Земли появилась в больших количествах треска, и в связи с этим рыболовство в северных водах усилилось. В Баренцовом море вылов рыбы европейскими промысловыми судами увеличился с 30 000 тонн в 1924 г. до 97 000 тонн в 1930 г. У берегов Гренландии промысел с 3000 тонн в 1926 г. возрос до 48 000 тонн в 1930 г.¹

В водах, омывающих Норвегию, остров Медвежий и Шпицберген, сейчас вылавливается до 20% от всего количества рыбы, добываемой северо-западной Европой в Атлантическом океане. В 1924 г. общая добыча здесь составила 544 000 тонн, в 1930 г. — уже 753 000 тон. Увеличение вылова рыбы идет, главным образом, за счет освоения северных промысловых районов.

Таким образом, за последние годы центр тяжести мирового рыболовства постепенно перемещается в арктические воды, и это безусловно надо в значительной степени приписать потеплению этих вод. Но рыбы постоянно совершают путешествия (миграции) из одного района в другой. Неподвижные донные организмы за последнее время также указывают на потепление Арктики. Многие теплолюбивые формы, в частности иглокожие, которых Северная научно-промысловая экспе-

¹ Траловый советский лов в Баренцовом море вырос с 36 000 ц в 1921 г. до 1 045 000 ц в 1934 г., но это увеличение надо приписать не столько потеплению Арктики, сколько увеличению числа тральщиков, лучшей организации и механизации лова, а также плановости работы.

диция, работавшая в Баренцовом море с 1900 по 1906 г., в северных районах Баренцова моря не находила, сейчас встречаются здесь в больших количествах.

5) Уменьшение ледовитости

Об уменьшении количества льдов за последние годы в Гренландском и Баренцовом морях можно судить по специальным картам, на которых показано положение южной границы полярных льдов в этих морях за отдельные годы. Оказывается, что в среднем за летние месяцы (апрель — сентябрь) в Баренцовом море, например, льдами было покрыто в 1900—1919 гг. 54% всей площади моря, а за период с 1920 по 1933 г. всего 42%. Таким образом, средняя площадь льдов в Баренцовом море за последние годы уменьшилась на 12%.

6) Плавание судов

Достижение кораблями высоких широт в Северном Ледовитом океане не всегда является доказательством большей или меньшей ледовитости этого района. Надлежащий выбор курса и срока прохода может обеспечить успех плавания, в то время как неправильный выбор этих условий судами того же типа может создать впечатление о полной непроходимости данного района из-за льдов.

Кроме того, очень трудно сравнивать плавания, в частности по Северному морскому пути, в начале текущего столетия и в настоящее время уже потому, что сейчас Северный морской путь гораздо лучше освоен. Широко развитая сеть радио- и метеостанций, ледовые разведки (судовые и самолетные), навигационные карты, маяки и знаки и, наконец, накопленные знания и опыт делают сейчас плавание значительно более легким, чем в былые времена. Но все же можно указать на ряд примеров, которых мы не имели в предшествующие холодные периоды. Сюда относятся плавания парусно-моторного бота «Книпович» вокруг Земли Франца-Иосифа в 1932 г., сквозные плавания обыкновенных пароходов вдоль всего Северного морского пути в 1935 г., причем льдов на этом пути совершенно не было, и т. д.

Известно также, что, начиная с 1930 г., не было ни одного года, когда нельзя было бы обогнуть Новую Землю с севера даже на судне, совершенно не приспособленном для плавания во льдах. В то же время известно, что попытка адмирала Макарова в 1901 г. обойти на ледоколе «Ермак» мыс Жела-

ния (северная оконечность Новой Земли) с запада кончилась неудачей, хотя «Ермак» почти месяц потерял на борьбу со льдами у северо-западных берегов Новой Земли. Можно напомнить также 1912 г., когда судно экспедиции Седова «Св. Фока» не смогло пробиться к Земле Франца-Иосифа и вынуждено было зазимовать у северо-западных берегов Новой Земли. В том же году у берегов Ямала было зажато льдами судно экспедиции Брусилова, вынесенное затем дрейфом льдов в Центральный Арктический бассейн.

Условия плавания, по крайней мере, в наиболее изученных в ледовом отношении морях, как Гренландское, Баренцово и Карское, за последние 10—15 лет стали несравненно легче, чем в предшествующие годы.

Более углубленные исследования показали, что климат Европы постепенно становится более морским, что сказывается, главным образом, в повышении зимних температур. За последние 50 лет температура воздуха, например, в Европе неуклонно повышается. Так, например, в Ленинграде средняя температура воздуха начиная с 10-летия 1890—1899 г. повысилась почти на 1° .

Еще более замечательным является тот факт, что потепление Арктики не относится к какому-нибудь отдельному ее району, а охватывает весь земной шар. Действительно, у Берингова пролива и в Тихом океане¹ обнаруживаются такие же признаки потепления гидросферы и атмосферы, как в Атлантическом океане.²

Какие причины вызвали потепление Арктики и сколь долго оно продолжится, пока еще совершенно не выяснено. Множество гипотез — скорее остроумных, чем верных — построено по этому поводу.

Несомненно лишь, что потепление Арктики вызвано общим усилением циркуляции атмосферы и гидросферы.

За период с 1920 по 1930 г. в среднем давление атмосферы в Исландской и Алеутской областях пониженного давления атмосферы понизилось почти на 5 миллибар, а так как атмосфера подобна весам, то давление во всей субтропической зоне повышенного давления соответственно возросло. Соот-

¹ Одним из наилучших показателей этого потепления является отмечающееся за последние годы продвижение на север рыбы «иваси» — сельди Тихого океана. Еще сравнительно недавно промысел «иваси» был почти не известен у берегов советского Дальнего Востока; сейчас промысел «иваси» является здесь одним из основных промыслов.

² Повидимому, одновременно идет потепление Антарктики, хотя данных для надежного и исчерпывающего суждения об этом пока нет.

ветственно с этим возрос и перенос теплого морского воздуха из Атлантики на Баренцово море и далее в Арктику, что само по себе уменьшает количество вновь образующихся льдов.

Но усиление в северной Атлантике западных и юго-западных ветров влечет за собой усиление потоков атлантических вод, поступающих в Арктику поверхностными и глубинными течениями, усиление северных ветров вдоль Гренландии и усиление потоков вод и льдов, выносимых из Арктики. Уже отмечено, что повышение температуры атлантических вод несомненно связано с увеличением скорости их поступления.

Об увеличении скорости дрейфа льдов мы располагаем менее точными данными. Одно обстоятельство необходимо, однако, отметить. За последние годы советскими морскими экспедициями было выброшено в морях Гренландском, Баренцовом, Карском и Лаптевых множество специальных буев для изучения морских течений и дрейфа морских льдов. Много этих буев впоследствии было найдено на берегах Гренландии, Исландии и Норвегии, причем оказалось, что все буи, сброшенные после 1933 г., при соответствующих подсчетах дают скорости течений и дрейфа в 3—4 раза большие, чем это было до 1933 г. Как известно, скорость дрейфа станции «Северный полюс» оказалась также в 2—4 раза больше, чем это ожидалось. Дрейф «Седова» начался значительно южнее, протекал же значительно севернее и закончился значительно южнее дрейфа «Фрама», а между тем дрейф «Фрама» длился 1055 дней, а дрейф «Седова» всего 812 дней. Таким образом, несомненно, что за последние годы идет усиленная разгрузка Центрального Арктического бассейна от мощных полярных льдов.

Таким образом, усиление общей циркуляции гидросферы и атмосферы, приведшее в конечном итоге к потеплению Арктики, можно считать доказанным. Однако это не есть решение задачи, а лишь замена одного вопроса другим, так как вопрос — чем вызвано это усиление циркуляции, остается нам неизвестным.

Явления потепления и похолодания Арктики бывали отмечены в летописях человечества. Некоторые исследователи связывали эти явления с астрономическими причинами.

Так, по мнению Симпсона, только последовательными изменениями количества поступающего к нам от солнца тепла можно объяснить периодичность ледниковых и межледниковых периодов. Клейтон указывает на влияние количества

солнечных пятен (имеющих 11-летний период) на распределение атмосферного давления и отсюда на распределение осадков.¹

При изучении векового хода уровня океана приходится учитывать следующие два факта: во-первых, что средние годовые уровни отдельных частей океана, в особенности отдельных полузамкнутых морей, отличаются друг от друга более или менее значительно; во-вторых, что средний годовой уровень изменяется в одну сторону на большом протяжении берега. Характернее всего это явление, понятно, сказывается в почти замкнутых морях. Так, например, на всем побережье Балтийского моря, включая и его заливы, средний годовой уровень был ниже среднего многолетнего в 1891, 1897, 1901 и 1904 гг. и т. д. и выше в 1893, 1899, 1903 гг. и т. д.

Последние американские исследования показали, что повышение и понижение годового уровня океана происходят на всем побережье Североамериканских соединенных штатов, как на Атлантическом,² так и на Тихоокеанском. Во всех тихоокеанских портах повышение и понижение среднего годового уровня приходится на одни и те же годы. Во всех атлантических портах эти изменения среднего годового уровня приходятся также на одни и те же годы, но не совпадающие с соответствующими годами на Тихоокеанском побережье.

Специальные французские исследования показали, что вековые колебания уровня периодичны и что главный период этих колебаний равен 18,6 года, т. е. равен периоду перемещения узлов лунной орбиты. Другие обнаруженные этими исследованиями периоды оказались равными: 8,85; 11,11; 18,6; 93 годам, т. е. также связаны с периодами обращения Луны вокруг Земли.

Таким образом, можно считать несомненным, что вековые изменения уровня океана, во всяком случае в некоторой своей части, связаны с вековыми изменениями приливообразующей силы Луны и Солнца. Но изменения уровня океана, и притом одновременно на большом пространстве, связаны с большими перемещениями соответствующих водных масс. Эти перемещения по своему характеру напоминают перемещения при

¹ Колебания уровня некоторых озер, зависящие, главным образом, от количества осадков, действительно дают удивительное совпадение с ходом солнечных пятен. Ладожское озеро более многоводно при минимуме пятен, в то время как озеро Виктория в Африке, наоборот, более многоводно при максимуме, что объясняется разным распределением атмосферного давления, создающимся для этих озер в результате солнечной деятельности.

² На Атлантическом побережье США наибольший уровень приходился на 1902, 1910 и 1919 гг.

ветровых сгонах и нагонах вод. Наступающие на берег или в отдельные моря поверхностные воды повышают уровень. Одновременно усиливается отток глубинных вод в противоположном направлении в открытый океан. При отступлении поверхностных вод явления происходят в обратном порядке. Сходство приливо-отливных и сгонно-нагонных явлений заключается еще в том, что сравнительно малые изменения поверхностного уровня сопровождаются очень большими по амплитуде поднятиями и опусканиями глубинных вод.

Впервые на явление приливо-отливных внутренних волн большого периода обратил внимание Петерсон при изучении сезонных вертикальных колебаний солености в датских проливах и одновременно связал периоды этих колебаний с периодами астрономических явлений. Изучая вековые колебания улова рыбы в Датском проливе, Петерсон нашел период 111 лет. Дарси-Томпсон нашел, что максимальный улов рыбы у Эдинбурга случается через 18—16 лет, и т. д.

Наибольший астрономический период, влияющий на ледовитость Атлантического сектора Арктики, по исследованиям Петерсона, равен 1800 годам. Через каждые 1800 лет Солнце, Луна и Земля находятся в одной плоскости и на одной прямой, при условии наименьшего расстояния Земли от Солнца. В такие моменты приливообразующая сила достигает своей максимальной величины, и отсюда как в атмосфере, так и в гидросфере наблюдается максимальное нарушение равновесия.

Такое взаимоположение небесных светил имело место в 3600 и 2100 годах до нашей эры и в 1433 г. нашей эры.

Исторические исследования Петерсона показывают, что около этих лет в Северной Атлантике происходили большие климатические и гидрологические изменения. Как рассказывают исландские саги, норвежские викинги в X—XI вв., повидимому, не встречали затруднений из-за льдов при своем плавании на утлых суденышках к Гренландии. Эрик Красный во время своих плаваний в 984—987 гг. проходил вдоль восточного побережья Гренландии от Ангмагссалика до мыса Фаруэлл — южного мыса Гренландии, не встречая льдов. В те времена, по мнению Петерсона, мимо мыса Фаруэлл гренландские льды в Баффинов залив не проходили. Климат Гренландии напоминал теперешний климат Норвегии в тех же широтах.

Начиная с 1261 г. появляются первые письменные указания о ледяной блокаде Исландии. Вследствие ухудшения из-за льдов сообщения с Европой, норвежские колонии в Южной

Гренландии, основанные Эриком Красным и достигшие цветущего состояния, в XI—XIII вв. начали приходить в упадок и были разорены эскимосами, — западная группа в 1341—1370 гг., южная — в проливах мыса Фаруэлл — в 1418 г.

Одновременно с ледяной блокадой Исландии начались очень суровые зимы в Норвегии и катастрофические наводнения на восточных берегах Северного моря.

Исследования геологов показали, что климат «бронзового века» (от 1700 до 600 г. до нашей эры) был благоприятнее, чем даже во времена викингов, и что резкая перемена зимних условий произошла в III или IV в. до нашей эры. Одновременно были опустошены наводнениями берега Северного моря. Суровые зимы этого периода отразились в северной мифологии под названием «фимбульвинтер» и послужили одной из причин первого переселения народов.

Вопрос о потеплении Арктики является вопросом перво-степенного значения. Для его разрешения пока сделано еще очень мало. Ключ к его разрешению лежит в Северной Атлантике и в самой Арктике. Несомненно, что обширные и разносторонние исследования, произведенные станцией «Северный полюс» и ледокольным пароходом «Седов» в дополнение к результатам предшествовавших советских экспедиций и советских полярных станций, если не разрешат, то во всяком случае наметят пути к разрешению этого важного вопроса.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Когда мы оглядываемся назад в историю исследования полярных стран, то невольно поражаемся тому, как много сделано, в особенности русскими и особенно в советское время, для освоения Арктики.

С глубокой благодарностью и уважением вспоминаем мы и великих, и малых, и известных, и неизвестных, положивших так много упорного труда, настойчивости и сил — а иногда отдавших и свою жизнь — на исследование полярных областей.

И все же, когда мы смотрим вперед, мы видим, как много предстоит еще сделать для того, чтобы окончательно познать Арктику.

До сих пор остаются невыявленными сезонные и вековые изменения геофизических элементов, остаются неразрешенными такие важные проблемы, как, например, колебания климата и потепления Арктики и др. Более того, даже и в наиболее хорошо изученном секторе Арктики — между Гренландией, Северным полюсом и Новосибирскими островами — остается еще ряд неосвещенных вопросов. Так, например, до сих пор остается неизвестной граница материковой отмели между 20° и 87° в. д. Изученность этого громадного сектора Арктики можно считать законченной лишь в первом приближении.

До сих пор, например, нельзя с уверенностью ответить на вопрос: существует ли земля Джиллиса, усмотренная капитаном Джиллисом в 1707 г. на северо-восток от Семи островов у северо-восточного Шпицбергена? Ведь зарисовал же эту землю Макаров, когда плавал здесь в 1899 г. на ледоколе «Ермак», казалось же английскому капитану Уорслею в 1925 г., что он видел здесь «подобие земли», казалось же и нам,

когда мы плавали здесь в 1934 и 1935 гг., что мы «что-то» видим.

Значительно хуже обстоит дело с исследованием азиатского и американского секторов Арктики: здесь только узкая прибрежная полоса охвачена обследованием, остальная часть громадных пространств, в частности район полюса недоступности, фактически остается и по сию пору совершенно неизвестной.

Понятно поэтому, как влекут и манят к себе полярных исследователей эти «белые пятна» Арктики. Понятны стремления и мечты полярников побывать в действительном центре Арктики. Понятно, почему ряд советских и зарубежных полярных исследователей мечтает о повторении дрейфов, зимовок и экспедиций при помощи использования всех последних средств передвижения — воздушных, надводных и подводных кораблей и новейших усовершенствованных автоматических приборов — самописцев и передатчиков.

Изучение Арктики необходимо для развития и использования всех ее естественно-производительных сил, для понимания метеорологических процессов над большей частью территории Европы и Советского Союза, для освоения Великого Северного морского пути. Необходимо это изучение и для освоения пути ближайшего будущего — Великого Северного воздушного пути, соединяющего Европу с Северной Америкой.

Краткий перечень экспедиций к Северному полюсу

№ № п/п.	Год	Руководитель экспедиции	Какой страной экспедиция снаряжена	Средства передвижения	Предельная северная широта, достигнутая экспедицией	Дата достижения предельной точки	Примечание
1	1607—1608	Г. Гудсон	Англией	Барка „Hopewell“	80° 23'	—	
2	1765—1766	В. Чичагов	Россией	Корабли „Чичагов“, „Панов“, „Бабаев“	80 30	18 июля 1766 г.	
3	1773	Дж. Фипс	Англией	„Race-Horse“ и „Carcass“	80 48	—	
4	1818	Д. Бухан и Дж. Франклин	„	„Trent“ и „Dorothea“	80 34	—	
5	1827	Э. Парри	„	„Hecla“	82 45	23 июля 1827 г.	
6	1853—1855	К. Кэн	США	„Alvanc“	80 40	24 июня 1854 г.	
7	1860—1861	И. Хейс	„	„United States“	81 35	18 августа 1860 г.	

8	1868	К. Кольдевей	Германией	Яхта „Германия“	81 04 ,5	14 сентября 1868 г.	
9	1869	К. Кольдевей и Гегеман	„	Пароход „Germa- nia“ и парусное судно „Hansa“	75 26	—	Так называемая „Вто- рая немецкая по- лярная экспедиция“. Широта, достигну- тая на судне „Ger- mania“.
							Судно „Hansa“ было раздавлено льдами на 70°52' с. ш. и 21° з. д.
10	1868—1873	А. Э. Нор- деншельд	Швецией	„София“	81 42	4 октября 1868 г.	Широта, достигнутая на судах
				Судно „Polhem“	79 50	3 сентября 1872 г.	
				Парусное судно „Gladan“	80 42		Широта, достигнутая в санном походе
11	1871—1873	Ч. Галл (Холл)	США	„Polaris“	82 11	4 сентября 1871 г.	Судно на 77°35' с. ш. затонуло

(Продолжение)

Краткий перечень экспедиций к Северному полюсу

№№ п/п.	Год	Руководитель экспедиции	Какой страной экспедиция снаряжена	Средства передвижения	Предельная северная широта, достигнутая экспедицией	Дата достижения предельной точки	Примечание
12	1875—1876	Г. Нэрс	Англией	„Alert“ и	82 24	1 сентября 1875 г.	Широта, впервые достигнутая свободно плавающим судном („Alert“)
				„Discovery“	83 20	12 мая 1876 г.	Широта, достигнутая на санях - лодках участником экспедиции Маркаму
13	1879—1881	Де Лонг	США	Паровая яхта („Pandora“), названная „Жаннетта“	77°15'	12 июня 1881 г.	„Жаннетта“ была раздавлена льдами
					77 46		Широта, достигнутая в походе
14	1893—1896	Фр. Нансен	Норвегией	„Фрам“	86 14	7 апреля 1895 г.	Широта, достигнутая Нансеном в лыжном походе
					85 56	15 ноября 1895 г.	Достигнуто судном в дрейфе
15	1897	С. Андрэ	Швецией	Воздушный шар „Орлен“ (Орел)	82 56	14 июля 1897 г.	

16	1899—1900	Герцог Абруццкий	Италией	„Stella Poire“	86 34	25 апреля 1901 г.	Санная партия участ- ника экспедиции Каньи
					82 04		Широта, достигнутая судном
17	1899—1901	С. Макаров	Россией	Ледокол „Ермак“	81 28	—	
18	1903—1905	А. Фиала	Италией	Пароход „America“	82 14		Экспедиция известна под названием экс- педиции Фиала — Циглера
							В январе 1904 г. судно раздавлено льдами
					82 00	23 марта 1905 г.	Широта, достигнутая 4-й санной группой
19	1898—1909	Р. Пири	США	Пароход „Рузвельт“	90 00	6 апреля 1909 г.	В первой экспедиции 1900 г. Пири достиг 83°54', во второй — 1902 г. — 84°17', в третьей — 87°06'
20	1912—1914	Г. Я. Седов	Россией	„Св. Фока“	81 00	5 марта 1914 г.	Смерть Седова на о. Рудольфа в его по- ходе на санях к Се- верному полюсу

(Продолжение)

Краткий перечень экспедиций в Северному полюсу

№№ п/п.	Год	Руководитель экспедиции	Какой страной экспедиция снаряжена	Средства передвижения	Предельная северная широта, достигнутая экспедицией	Дата достижения предельной точки	Примечание
21	1918—1925	Р. Амундсен	Норвегией	„Мод“	77 00	Летом 1923 г.	Войти в дрейф через Центральный Арктический бассейн судну не удалось
				Два самолета „Дорнье-Валь“, № 24, 25	87°44'	21 мая 1925 г.	
22	1926	Р. Бэрд	США	Самолет сист. Фокер — „Джозефина Форд“	90 00	9 мая 1926 г.	Полет от Шпицбергена к полюсу и обратно — 14 час. 40 мин.
23	1926	Р. Амундсен, Элсворт, Нобиле	Норвегией, Италией и США	Дирижабль „Норвегия“	90° 00	13 мая 1926 г.	
24	1928	Уилкинс	США	Самолет	85 40'	16 апреля 1928 г.	
25	1928	У. Нобиле	Италией	Дирижабль „Италия“	90 00	24 мая 1928 г.	Гибель дирижабля при возвращении с полюса

26	1931	Уилкинс	США	Подводная лодка „Наутилус“	81 59	28 августа 1931 г.	
27	1937	О. Шмидт	СССР	4 самолета „СССР Н-169“ „СССР Н-170“ „СССР Н-171“ „СССР Н-172“	90 00	21 мая 1937 г.	Во время 15-дневного пребывания на полюсе была организована научная станция на дрейфующей льдине в составе 4 человек во главе с И. Д. Папаниным, просуществовавшая с 6/VI 1937 г. по 19/II 1938 г.
28	1937	В. Чкалов	„	Самолет	90 00	19 июня 1937 г.	Первый беспосадочн. перелет Москва — США через Северный полюс—63 часа 25 мин. в воздухе; 12 000 км воздушного пути
29	1937	М. Громов	„	Самолет	90 00	13 июля 1937 г.	Второй беспосадочн. перелет Москва — США через Северный полюс—62 часа 17 мин. в воздухе; 11 500 км воздушного пути

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Введение: Что такое Арктика и чем замечателен Северный полюс .	5
1. Центр Арктики, полюс недоступности, магнитный полюс, полюса холода	5
2. Что же представляет собою Северный полюс ?	10
I. Из истории борьбы за Северный полюс	19
1. Почему человечество стремилось к полюсу	19
2. К полюсу по льду	21
3. К полюсу по чистой воде	26
4. К полюсу с дрейфующими льдами	29
5. К полюсу подо льдами	34
6. К полюсу по воздуху	39
II. Русские в борьбе за освоение Арктики	47
1. Великая Северная экспедиция	48
2. К полюсу напролом	50
3. Первая русская экспедиция к Северному полюсу	54
4. Советские полярники завоевывают Арктику	58
5. Станция „Северный полюс“	64
6. На дрейфующем ледяном поле	66
7. Трансарктические перелеты	74
8. Дрейф ледокольного парохода „Седов“	79
III. Некоторые физико-географические черты Центральной Арктики	90
1. Сила тяжести	90
2. Глубины Северного Ледовитого океана	97
3. Грунты океана	106
4. Земля как магнит	110
5. Полярные сияния	117
IV. Воды и льды Центрального Арктического бассейна	125
1. Воды океана	125
2. Вода и Солнце	133
3. Река в океане	141
4. Жидкое дно	148
5. Приливы	152

6. Морские льды	166
7. Айсберги	179
8. Лед и жизнь	184
9. Дрейф льдов	188
10. Ледяной поток	204
V. Проблемы Арктики	214
1. Арктика и погода	214
2. Потепление Арктики	220
Заключение	230
Приложение: Краткий перечень экспедиций к Северному полюсу	232

Ответственный ред. *С. Я. Миттельман.*
Технический редактор *А. А. Соловейчик.*
Корректор *С. И. Шаталов.*

Сдано в набор 8/X 1939 г. Подписано
к печати 17/VI 1940 г. Бумага 62×94 $\frac{1}{16}$ см.
156 000 тип. зн. в 1 б. л. Объем 7 $\frac{1}{2}$ бум. л.
+5 вкл. 15 печ. л.; 16 авт. л. Тир. 1000 экз.
Инд. П-182. Леноблгорлит № 229.
Зак. № 3718.

Типография Лениздата № 3 им. „Комин-
терна“, Ленинград, Красная ул., 1



О П Е Ч А Т К И

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине опечатка
18	14 сверху	Соверной	Северной	Типографии
39	5 снизу	открытие	открытые	"
156	3 снизу	для	два	"

Зубов — В центр Арктики.



7р. 50к.

Переплет 2р. 50к.