

НАУЧНЫЕ СБОРНИКИ  
МОСКОВСКОГО ФИЛИАЛА  
ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА СССР,  
основанные в 1946 г.  
по инициативе и под руководством  
Н. Н. БАРАНСКОГО

---

**ВОПРОСЫ ГЕОГРАФИИ**

**СБОРНИК СТО ПЕРВЫЙ**

---

**АРКТИЧЕСКИЕ  
ДРЕЙФУЮЩИЕ  
СТАНЦИИ**

**ИССЛЕДОВАНИЯ  
ОКЕАНА**



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МЫСЛЬ»  
Москва · 1976

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**С. А. КОВАЛЕВ** (председатель), **Ю. К. ЕФРЕМОВ**, **А. М. КОМКОВ**,  
**В. Г. КРЮЧКОВ** (ученый секретарь), **Ю. В. МЕДВЕДКОВ**,  
**Э. М. МУРЗАЕВ**, **В. В. ПОКШИШЕВСКИЙ**, **Ю. Г. САУШКИН**,  
**Н. А. СОЛНЦЕВ**, **Б. В. ЮСОВ**

Ответственные редакторы  
сто первого сборника:

**Е. М. СУЗЮМОВ**, **Г. С. ТИХОМИРОВ**, **Б. В. ЮСОВ**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В этом сборнике помещена серия статей, отражающих результаты географических работ в связи с основными этапами жизни и деятельности И. Д. Папанина.

Имя И. Д. Папанина получило широкую известность в связи с работами первой в мире дрейфующей станции «Северный полюс».

В мае 1937 г. героическая четверка советских полярников во главе с И. Д. Папаниным начала уникальные исследования на дрейфующей льдине, прошедшей более 2500 км от Северного полюса до Гренландского моря.

В сборнике помещены биографические очерки участников этого исторического дрейфа и ряд статей о научных результатах исследований, проведенных на дрейфующих станциях «Северный полюс» от первой станции до наших дней.

Эту работу продолжили другие советские полярники — за минувшие десятилетия в Арктике сменилось более 20 станций «Северный полюс». В сборнике рассказывается о работах арктических экспедиций.

В послевоенные годы деятельность И. Д. Папанина связана с созданием отечественного научно-исследовательского флота и развитием советских экспедиционных исследований морей и океанов.

Поэтому вполне закономерно в сборнике нашли место статьи, в которых отражаются история создания советских кораблей науки, их роль в развитии отечественной океанологии, освещаются основные научные результаты, достигнутые советскими учеными в экспедиционных работах, проведенных на обширнейших акваториях океанов и морей.

Успехи полярной географии и океанологии в течение нескольких десятилетий прямо или косвенно связаны с деятельностью И. Д. Папанина как полярника, географа, организатора науки, общественного деятеля, и выпуск сборника № 101 является знаком внимания и признания заслуг И. Д. Папанина в развитии советской науки.

Эти причины легли в основу решения президиума Московского филиала Географического общества СССР о выпуске специального сборника «Вопросы географии», посвященного 80-летию бессменного председателя филиала Ивана Дмитриевича Папанина.

## ПЕРВАЯ ДРЕЙФУЮЩАЯ

Е. СУЗЮМОВ

## ИВАН ДМИТРИЕВИЧ ПАПАНИН

26 ноября 1974 г. исполнилось 80 лет со дня рождения известного общественного и научного деятеля доктора географических наук, дважды Героя Советского Союза контр-адмирала Ивана Дмитриевича Папанина.

Имя Папанина получило широкую известность в нашей стране и во всем мире в конце тридцатых годов в связи с героическим дрейфом четырех советских полярников на льдине в Северном Ледовитом океане. Но это была лишь одна глава из его жизни, богато насыщенной разными событиями. Читатели семидесятых годов, особенно молодое поколение, мало знают о Папанине, а между тем его биография может служить прекрасным примером жизни и деятельности сына трудового народа, пробужденного к активной деятельности Великой Октябрьской социалистической революцией и тесно связавшего свою судьбу с судьбой своей страны. Папанин прошел нелегкий жизненный путь вместе со всем советским народом, путь борьбы и побед, начиная от октября 1917 г. и вплоть до наших дней. Это типичная биография нашего современника, рядового члена партии, представителя самого старшего поколения советских людей — той когда-то многочисленной когорты беззаветных бойцов за Советскую власть, получивших путевку в большую жизнь после революции.

В биографии И. Д. Папанина можно выделить три основных этапа его жизненного пути. Первый из них связан с активным участием в борьбе за установление Советской власти; второй — с периодом героических усилий советских полярников по завоеванию Арктики и освоению районов Крайнего Севера и третий — с развитием советских исследований морей и океанов и созданием советского экспедиционного флота.

Родился Папанин в 1894 г. в г. Севастополе в семье портового матроса. Иван Дмитриевич — потомственный моряк, его дед,

участник Крымской войны, пал смертью храбрых в 1855 г. при защите Севастополя.

Тяжелое детство выпало на долю И. Д. Папанина. Семья была большая — девять человек детей, а кормилец один отец. К тому же отец часто пил и порой пропивал почти весь заработок. Мать вынуждена была искать поденную работу (работала прачкой, стирала матросское белье), и ее скудные случайные заработки поддерживали бюджет семьи. Надорванная постоянной нуждой и тяжелым, изнурительным трудом мать рано сошла в могилу. Иван Дмитриевич свято хранит в своем сердце светлую память о матери — единственном человеке в семье, от кого он получал нежную заботу и ласку. Иван Папанин был способным мальчиком (хорошо учился в школе, особенно по математике), но нужда заставила его рано бросить школу и пойти на заработки. Этого потребовал отец: Иван был старшим среди детей и вынужден был зарабатывать деньги, чтобы помогать большой семье.

Свою трудовую жизнь Папанин начал 14-летним подростком учеником токаря в мастерских Севастопольского военного порта. Вскоре он стал квалифицированным токарем и в поисках лучшего заработка переехал в Ревель (Таллин), где поступил на механический завод. Там застала его первая империалистическая война, и там же в 1915 г. он был призван на военную службу и отправлен в Черноморский флот. По примеру отца и деда он становится моряком.

Октябрьскую революцию И. Д. Папанин встретил в Севастополе. В январе 1918 г. он вступает в первый революционный Черноморский отряд и с оружием в руках сражается с войсками крымского контрреволюционного курултая и белогвардейцами за освобождение Симферополя. Так начался боевой революционный путь И. Д. Папанина в красногвардейских отрядах, а затем в Красной Армии и Военно-Морском Флоте. Он прошел с винтовкой в руках по Крыму и степям Украины, воевал с гайдамаками и петлюровцами под Александровском (ныне г. Запорожье) и Лозовой, с белогвардейцами под Белгородом, с немецкими оккупантами в Крыму.

В январе 1919 г., находясь в личном составе Заднепровской бригады бронепоездов, громившей деникинские беловоиска на Украине, Папанин вступает в члены Коммунистической партии. Эта бригада была сформирована из моряков Черноморского флота.

Из большого числа эпизодов тех огненных лет, когда мужал и закалялся в боях защитник Советской Родины матрос, а затем командир Иван Папанин, можно сказать о двух.

Весной 1918 г. немецкие войска оккупировали Украину и начали занимать Крым. Большевики Черноморского флота получили указание В. И. Ленина увести боевые корабли из Севастополя в Новороссийск, чтобы они не достались врагу. Между тем



И. Д. Папанин

скрытыми врагами молодого Советского государства на кораблях велась среди экипажей усиленная агитация за оставление кораблей в Севастополе. Враги шли на прямой обман и старались убедить моряков, что в Крым вступили не немцы, а части украинской армии и что в Севастополь идут якобы братья — украинцы. В эти дни отряд революционных моряков, которым командовал Папанин, захватил под Севастополем немецкого разведчика. Матросы хотели его тут же пристрелить, но Папанин защитил пленного, привез его в Севастополь и сдал в штаб Военно-революционного комитета Черноморского флота. Председатель комитета большевик Гавен радостно воскликнул:

— Ты даже не представляешь себе, Ваня, какую услугу нам оказал! Вези скорее своего пленного на «Волю», и пусть матросы убедятся, какие «братья украинцы» к нам идут...

Тут же Папанина вместе с пленным немцем усадили в катер и быстро доставили на дрездноут «Воля», где уже несколько часов шел митинг: уходить или не уходить в Новороссийск. Папа-

нин выступил перед тысячной толпой матросов. В доказательство, что их пытаются обмануть и спровоцировать, он привел пленного. Тот рассказал через переводчика о вступлении немецких войск в Крым, о предстоящей оккупации ими Севастополя и о планах захвата флота. Возмущенные обманом моряки дредноута «Воля» единодушно постановили выполнить указание В. И. Ленина и следовать в Новороссийск. Затем Папанина с пленным переправили на другой линкор — «Свободная Россия», на котором моряки приняли то же решение — уходить в Новороссийск.

30 апреля 1918 г. линкоры «Воля» и «Свободная Россия» и шесть миноносцев вышли из Севастополя и направились в Новороссийск. Предательские планы командующего Черноморского флота изменника Саблина, украинских националистов и меньшевиков оказались сорванными благодаря настойчивости и воле большевистского ядра черноморских моряков, и в этом успехе немалая заслуга принадлежит И. Д. Папанину.

Второй эпизод относится ко времени оккупации Крыма белогвардейцами в 1920 г.

Папанин принимал активное участие в крымском партизанском движении, являлся членом Реввоенсовета Крымской повстанческой армии, действовавшей во врангелевском тылу. Командование повстанческой армии решило послать в Реввоенсовет Южного фронта к М. В. Фрунзе представителя, чтобы проинформировать о положении в Крыму и попросить помощи оружием и деньгами. Выбор пал на Папанина. Самолетов тогда не было, железнодорожный путь был перерезан, и единственная возможность покинуть Крым была морем. Не так-то легко было выйти к морю. Папанину предстояло пробраться на побережье, минуя отряды белогвардейской охраны и заслоны врангелевской контрразведки. Партизаны сумели договориться с турецкими контрабандистами о перевозке Папанина в Турцию (в те времена турки добирались на своих мотопарусных лайбах до Крыма и скупали у белогвардейцев по дешевке муку и другое продовольствие). Тогда Папанин был не только маленького роста, но и очень худым. Его посадили в мешок из-под муки и пронесли на плечах вместе с другими мешками на турецкую шхуну мимо белогвардейских постов. Но в Турции его высадили на берег не в Трапезунде, как было условлено с турками, а в Синопе. И вот Папанину пришлось, не зная языка и без денег, под видом нищего пробираться к своим, затем его уже быстро перебросили в Харьков, где находился тогда штаб Южного фронта.

Папанин доложил М. В. Фрунзе о положении в Крыму, получил от него необходимые указания и помощь. В качестве дорогой реликвии того времени И. Д. Папанин до сих пор бережно хранит мандат Закордонного отдела ЦК Компартии Украины, наделивший его особыми полномочиями. В этом документе написано:

**«КОММУНИСТИЧЕСКАЯ ПАРТИЯ (БОЛЬШЕВИКОВ)  
УКРАИНЫ**

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ. ЗАКОРДОННЫЙ ОТДЕЛ.**

**СЕКРЕТАРИАТ 11 ОКТЯБРЯ 1920 г.**

**№ 477/с гор. ХАРЬКОВ**

**МАНДАТ**

Предъявитель сего тов. Иван Дмитриевич Папанин есть действительно уполномоченный Закордона ЦК КПУ.

На тов. Папанина возложены важные секретные задачи, почему всем начальствующим лицам и учреждениям военного и гражданского ведомства предлагается оказывать ему полное содействие при исполнении возложенных на него обязанностей.

Тов. Папанину разрешается иметь при себе неограниченную сумму денег и ценностей, которые ни в коем случае конфискации и отобранию не подлежат.

Сим же мандатом тов. Папанину присваивается право на ношение и хранение разного огнестрельного и холодного оружия и право свободного передвижения во всякое время дня и ночь во всех городах и местностях района Южного фронта, объявленных на военном и осадном положениях, равно как и в районе военных действий.

Тов. Папанину разрешается пользование прямыми телеграфными проводами и телефонами и подача простых и шифрованных телеграмм, соответствующими подписями, право проезда в штабных, служебных и особо ему предоставленных вагонах на всей территории Южного фронта.

Всем особым отделам и чрезвычайным комиссиям предлагается не задерживать тов. Папанина с получением необходимых в различных случаях пропусков, предоставлять в его распоряжение конфискованную одежду и обувь, также всякие белогвардейские документы, равно содействовать в размене денег на другую валюту и способствовать переправке за границу соотрудников.

Всем организациям КП(б)У предоставлять в его распоряжение партийных работников, давать всякие необходимые сведения, неисполнение чего будет считаться явным государственным преступлением, направленным на подрыв наших рядов, и будет караться строгостью действующих законов военного времени.

Настоящий мандат имеет силу по . . . 1920 года, что подписью и приложением печати удостоверяется.

**Зам. начзакордона ЦК КПУ — ПАВЛОВ»**

На обороте этого мандата члены Реввоенсовета Южного фронта Гусев и Фрунзе дополнили свое предписание:

«Подтверждая мандат Закордонного отдела ЦК КП Украины, данный тов. Папанину 11-го октября 1920 года за № 477-с,

Революционный Военный Совет Южного фронта, имея в виду важность заданий, возложенных на тов. Папанина, предлагает всем войсковым частям, управлениям, учреждениям и заведениям Южного фронта оказывать ему полное содействие.

Изложенное удостоверяется подписями и приложением печати.

Реввоенсовет Южного фронта — ГУСЕВ, ФРУНЗЕ

19 октября 1920 г.

г. Харьков»

Окрыленный такой поддержкой, Папанин возвращался на Черное море, увозя оружие и деньги для бойцов повстанческой армии и неизгладимое впечатление о славном полководце Красной Армии Михаиле Васильевиче Фрунзе. В короткий срок Папанин организовал в Новороссийске десант, пересек штормовое Черное море и высадился на Южном берегу Крыма. Командовал десантом Папанин, а комиссаром отряда был кадровый военный моряк большевик Всеволод Вишневский, ставший впоследствии известным писателем. Отряд Папанина присоединился к крымским партизанам. Они дошли до Алушты, взяли ее с бою и соединились затем с регулярными частями Красной Армии, громившими в Крыму врангелевские войска.

Вероятно, большинство читателей смотрели в разное время и в разных театрах историческую драму «Любовь Яровая» и сделанный по этой пьесе фильм. Но мало кто знает, что автор пьесы драматург Константин Тренев, когда создавал образ веселого и отважного матроса Шванди, многое позаимствовал из облика матроса Ивана Папанина периода гражданской войны.

После изгнания белогвардейцев из Крыма Папанин работал в органах Крымской ЧК, а затем в штабе командования флота Черного и Азовского морей.

Отгремели бои гражданской войны. Папанин возвращается к мирной жизни, к участию в мирном строительстве Советской страны. Несколько лет он работает в Наркомате связи СССР, но его зовут к себе неизведанные дали. В 1925 г. он возглавляет далекую и весьма сложную экспедицию в глухие районы Якутии — на реку Алдан. Экспедиция проводит изыскания, а затем и строительство мощной радиостанции в районе Алданских золотых приисков. Здесь к Папанину приходит окончательный выбор дальнейшего жизненного пути первопроходца и исследователя. С 1931 г. начинается новый период жизни Ивана Дмитриевича, связанный с Арктикой. В этом году он участвует в качестве представителя Наркомсвязи СССР в экспедиции на ледокольном пароходе «Малыгин» на Землю Франца-Иосифа (в бухту Тихая) во время трансарктического перелета дирижабля «Граф Цепелин».

Арктика увлекла и пленила Папанина, и он твердо решил посвятить свою дальнейшую жизнь работе в советском Заполярье.

В 1932 г. он оставляет учебу во Всесоюзной плановой академии и снова отправляется в Арктику, на этот раз уже в качестве начальника полярной станции на Земле Франца-Иосифа, в знакомой ему бухте Тихой.

В течение нескольких лет Папанин возглавляет крупные полярные станции. Под его руководством проведено строительство образцовых советских полярных станций в бухте Тихой, на мысе Челюскина и на самом северном участке советской земли — острове Рудольфа. Здесь, в суровых полярных условиях, где от людей требовались великое мужество и железная выдержка, широко развернулась кипучая энергия Папанина. Уже тогда он приобрел большую известность как опытный полярный исследователь и прекрасный организатор. Поэтому не случайно, когда возникла идея высадки на льды Центрального полярного бассейна научной дрейфующей станции, на Папанина пал выбор в качестве ее руководителя.

22 марта 1937 г. из Москвы стартовала на четырех самолетах воздушная экспедиция под руководством начальника Главсевморпути, выдающегося ученого и полярного исследователя Отто Юльевича Шмидта. Самолеты вели испытанные полярные летчики М. В. Водопьянов, В. С. Молоков, А. Д. Алексеев, И. П. Мазурук, а приданным к экспедиции легким разведывательным самолетом командовал полярный воздушный ас Н. Н. Головин. Только два месяца спустя (21 мая) самолеты смогли сесть на льдину в районе Северного полюса и высадить на нее персонал первой в мире дрейфующей научной станции: начальника станции И. Д. Папанина, геофизика Е. К. Федорова, океанографа П. П. Ширшова и радиста Э. Т. Кренкеля. История работы и дрейфа четырех отважных папанинцев широко освещалась советской и зарубежной печатью\*, а книга И. Д. Папанина «Жизнь на льдине» выдержала в СССР шесть изданий и выпущена в переводе на иностранные языки во многих странах мира.

Станция «Северный полюс-1» находилась в дрейфе 274 дня и прошла из района Северного полюса до берегов Гренландии 2500 км. Каждый из этих дней был наполнен тяжелым изнурительным трудом всех четырех ее участников: ведь в те годы все работы выполнялись только с применением физического труда. Чего стоило, например, опускать и поднимать затем с глубины около 4 км с помощью ручной лебедки приборы, опускаемые на стальном тросе на дно Северного Ледовитого океана. Коварная Арктика воздвигала не только трудности для четырех исследователей, но почти ежедневно готовила им хитрые ловушки, создавала смертельные опасности. Эти опасности особенно усили-

---

\* Достаточно сказать, что библиография публикаций о станции «Северный полюс-1», Папанине и папанинцах насчитывает более 2000 названий! И это только в СССР.

лись, когда течением вынесло льдину из Центрального полярного бассейна к берегам Гренландии и льдина стала раскалываться. Вся страна пришла на помощь терпящим бедствие советским полярникам. В Арктику были посланы самолеты и корабли, и 19 февраля 1938 г. моряки ледоколов «Таймыр» и «Мурман» пробились через перемычки льда к льдине с лагерем папанинцев и успешно провели его эвакуацию.

Партия и правительство высоко оценили подвиг И. Д. Папанина и его товарищей: всем четверым было присвоено почетное звание Героя Советского Союза и ученая степень доктора географических наук.

С момента дрейфа в Арктическом бассейне И. Д. Папанина и его товарищей прошло более 35 лет. Те мальчишки, что играли в предвоенные годы в папанинцев, стали теперь умудренными опытом зрелыми мужчинами. Подросло новое поколение, для которых дрейф папанинской льдины — уже далекая история. Каждая эпоха рождает своих героев, и для того времени работа четверки полярных исследователей на станции «Северный полюс» — проявление высшего героизма. Это был подвиг во имя науки. Огромный вклад в изучение Центральной полярной области станции «Северный полюс» был единодушно признан всей мировой научной общественностью. Папанин и его товарищи оказались героями заключительного периода эпохи Великих географических открытий, когда начали стираться последние «белые пятна» на карте мира в наиболее труднодоступных районах земного шара.

Станция «Северный полюс-1» (приставка цифры появилась позднее, когда в Центральном полярном бассейне начали работать последующие дрейфующие полярные станции «Северный полюс») ознаменовала собой новый важный этап в изучении и освоении советскими людьми Арктики. Следом за окраинными арктическими морями, через которые пролегает трасса Северного морского пути, наступила очередь исследований центральной части Северного Ледовитого океана. Как показали последующие годы, для этого был избран совершенно правильный путь: сбор данных на долговременно действующей научной станции, расположенной в высоких широтах Арктики. А так как земли там обнаружено не было, то пришлось пойти на оправданный риск — создавать станцию непосредственно на дрейфующих льдах.

Если сейчас участники воздушных экспедиций и дрейфующих станций «СП», вылетающие в Центральную Арктику, заранее знают, что их там может ожидать, то в 1937 г. папанинцы шли на этот первый в мире ледовый дрейф в полной неизвестности, ибо центральная часть Северного Ледовитого океана была в то время областью, полной загадок и тайн.

Приходится поражаться, как такой маленький коллектив (всего четыре человека) смог выполнить такой огромный объем

научных наблюдений, какого напряжения сил и затрат времени им это стоило.

Дрейф первой станции «Северный полюс» прежде всего доказал возможность жить и работать длительное время на льду. Был собран уникальный для того времени научный материал, который впервые в истории дал возможность сорвать завесу таинственности над районом Северного полюса и получить достоверные данные о природе этого района и процессах, там происходящих.

Научная программа станции включала регулярное проведение наблюдений и сбор данных по метеорологии, гидрологии и гидрохимии, измерение глубин океана, взятие проб грунта и гидробиологических проб, проведение магнитных и гравитационных измерений, астрономические определения координат льдины, измерение атмосферного электричества.

В течение девяти месяцев в Арктике работала самая северная в мире метеорологическая станция, которая регулярно, четыре раза в сутки, передавала по радио в Москву метеосводки; эти сводки использовались при составлении карт и прогнозов погоды. До работы станции СП-1 среди ученых не было единого мнения о погоде в приполюсном районе, но большинство придерживалось концепции наличия там «шапки холодного воздуха» с постоянной областью высокого давления. Наблюдения станции СП-1 показали, что в этом районе существует довольно активная циклоническая деятельность, а среднемесячные температуры воздуха оказались относительно высокими.

Станция СП-1 опровергла прежнее представление о крайней бедности жизни в высоких широтах Арктики. Папанин и его товарищи наблюдали птиц даже в районе Северного полюса, а затем еще не один раз в последующие дни дрейфа их льдину навещали птицы; белые медведи посетили папанинцев на 88-м градусе северной широты, а однажды полярники заметили в полярной лахтаки. Планктонные сетки приносили из глубин полярного океана даже в районе полюса обильные сборы, а в летние месяцы океанские воды были заполнены фитопланктоном и кишели моллюсками, личинками, рачками, медузами. Разные виды зоопланктона доставлялись сетью даже с глубин в три тысячи метров. Участники станции СП-1 сделали важный вывод, что слой льда, покрывающий поверхность океана, не является препятствием для проникновения света в воду, как считали в то время, и, следовательно, через лед проникает достаточно света, необходимого для развития планктона.

Особенно большой интерес представляют выполненные во время дрейфа СП-1 океанографические наблюдения: сбор данных по гидрологической характеристике и химическому составу водных масс на разных горизонтах, по поверхностным и глубинным течениям, дрейфу льдов, рельефу дна и составу донных отложений. Обработка гидрологических станций внесла много но-

вого в познание о структуре и динамике вод Арктического бассейна. Папанинцы доказали, что относительно теплые атлантические воды доходят до полюсного района и составляют там довольно мощную прослойку — около пятисот метров, а по мере продвижения льдины на юг мощность этого глубинного потока увеличивалась. Собранный впервые станцией СП-1 материал по течениям и дрейфу льдов дал ученым новые важные данные для расчета баланса полярных льдов и познания циркуляции поверхностных вод Арктического бассейна; эти данные были использованы рядом ученых для разработки генеральной схемы циркуляции льдов в Арктике. Весьма интересные данные были впервые получены о механизме воздействия ветра на лед и на верхний слой воды, а также о возникновении на глубинах от пятидесяти до ста пятидесяти метров обратных течений.

Новые важные сведения были получены о рельефе дна Северного Ледовитого океана по маршруту дрейфа льдины. В районе Северного полюса впервые была измерена глубина океана, она оказалась равной 4290 метрам. Сделанные промеры глубин подтвердили предположение Нансена о существовании подводного хребта между Гренландией и Шпицбергенем по всей ширине Гренландского моря\*. Ценные материалы впервые были получены по измерению абсолютных величин элементов земного магнетизма и вариаций этих элементов. Данные гравитационных измерений после обработки показали, что в районе полюса и по маршруту продвижения льдины сила земного притяжения оказалась несколько выше, чем считалось ранее на основании теоретических расчетов. Наконец, важную часть в исследованиях физических полей Земли составили измерения напряжения атмосферного электричества. Выполненные астрономические наблюдения отличаются высокой точностью и дают полную картину направления и скорости дрейфа в разные времена года в разных районах Арктики.

С 1938 г. И. Д. Папанин на руководящей работе в Главном управлении Северного морского пути при Совете Народных Комиссаров СССР: он назначается заместителем начальника, а в 1939 г. — начальником Главсевморпути и принимает на себя руководство всей научной и хозяйственной работой по освоению советской Арктики и Северного морского пути. Под руководством Папанина была проведена большая и весьма результативная работа по дальнейшему изучению и освоению советскими полярниками Арктики и по развитию нормального судоходства на трассе Северного морского пути.

Этот период деятельности Главсевморпути ознаменован вводом в строй мощных ледоколов и транспортных судов, строи-

---

\* Позднейшими советскими исследованиями в Арктике было установлено, что непосредственно в географической точке Северного полюса глубина оказалась 4033 м (1948 г.), а порог Нансена недалеко от Гренландии прорезается глубоководным желобом «Лены».

тельством механизированных арктических портов, увеличением числа полярных станций и научных обсерваторий на побережье и на островах Северного Ледовитого океана, прокладкой новых воздушных трасс над арктическими просторами, широкой разведкой минеральных богатств советского Заполярья и организацией промышленного освоения новых заполярных районов. Эту созидательную работу выполнил многотысячный коллектив полярников, проводивший наступление на Арктику широким фронтом от Мурманска до Чукотки, от Баренцева до Берингова моря. Многие из них уже имели за плечами большой полярный опыт, другие же пришли в Арктику по комсомольскому призыву. Большую воспитательную и организаторскую работу в этих коллективах проводили политотделы, созданные во всех крупных арктических организациях и на предприятиях. Главным командиром этой многотысячной армии советских полярников в 1939—1946 гг. был И. Д. Папанин.

В 1940 г. Главсевморпуть по заданию правительства организует экспедицию по выводу из льдов Арктики ледокольного парохода «Георгий Седов», экипаж которого под командованием капитана К. С. Бадигина в течение двадцати семи месяцев дрейфовал в Северном Ледовитом океане. Возглавить эту сложную экспедицию правительство поручает И. Д. Папанину. В трудных зимних условиях он организовал вывод корабля из льдов Гренландского моря. За успешное выполнение задания и проявленные при этом героизм и мужество Иван Дмитриевич в 1940 г. вторично был удостоен звания Героя Советского Союза.

Началась Великая Отечественная война. Вся деятельность Главсевморпути была подчинена интересам обороны страны. В октябре 1941 г. Папанин назначается уполномоченным Государственного комитета обороны СССР по перевозкам на Севере. Под его руководством Мурманский, Архангельский и Северодвинский порты в короткий срок были перестроены и оснащены современной механизацией, а грузооборот их увеличился в десятки раз. В годы войны эти порты сыграли выдающуюся роль в обороне советского Заполярья.

Организация транспортных операций на трассе Северного морского пути в годы войны и ледокольные проводки транспортных и военных судов зимой в Белом море осуществлялись под руководством И. Д. Папанина.

После окончания войны, в 1946 г., Папанин тяжело заболел и в течение двух лет находился на лечении.

С 1948 г. начинается третий период в жизни Ивана Дмитриевича Папанина, связанный с развитием советских морских исследований. Он приступил к работе в Академии наук СССР: директор созданного в 1945 г. Института океанологии академик П. П. Ширшов пригласил его на работу в свой институт на должность заместителя директора по экспедициям, а в 1951 г. И. Д. Папанин назначен начальником вновь организованного

отдела морских экспедиционных работ Академии наук СССР, где и трудится до сих пор. При его активном участии за короткий срок в научных учреждениях Академии наук был создан большой исследовательский флот и развернуты экспедиционные работы в Мировом океане, в морях Советского Союза и на внутренних водоемах. Иван Дмитриевич Папанин был одним из основных инициаторов и организаторов первой советской научной экспедиции в Антарктику: в 1954 и 1955 гг. в отделе морских экспедиционных работ под его руководством проходили заседания инициативной группы, которая разрабатывала план проведения и программу предстоящей экспедиции в Антарктику.

Когда на страницах газет и журналов, в научной литературе мы читаем названия кораблей науки «Витязь», «Михаил Ломоносов», «Академик Курчатов», «Дмитрий Менделеев» и многих других, мы знаем, что в их создание и организацию их экспедиционных рейсов вложена большая доля труда И. Д. Папанина.

Если 20 с лишним лет назад академический исследовательский флот мог гордиться только одним «Витязем», то сейчас на просторах Мирового океана ведут научный поиск уже серийные корабли науки типа «Академик Курчатов», настоящие плавучие институты, оснащенные самой современной техникой для океанологических и геофизических исследований. В этом заслуга прежде всего И. Д. Папанина и возглавляемого им отдела морских экспедиционных работ Академии наук СССР.

В этом отделе ведется планирование экспедиций, контроль за движением академического исследовательского флота, обсуждаются итоги экспедиционных рейсов и намечаются пути движения кораблей науки по океанам и морям, работает творческая мысль над созданием новых экспедиционных судов и ведется наблюдение за их проектированием и строительством. Каждое утро сюда поступают радиogramмы от каждого судна, находящегося в рейсе, диспетчерские донесения, и морской инспектор передвигает на большой карте Мирового океана в кабинете Папанина символические фигурки кораблей. Мирное наступление на Мировой океан ведется широким фронтом, и корабли академического флота являются его участниками. С борта этих судов проводится сбор материалов для разработки теоретических основ современной океанологии, морской геологии и геофизики, которые потом послужат основой для разработки практических мероприятий по использованию богатейших энергетических, биологических и минеральных ресурсов океанов и морей и их транспортного освоения.

С именем И. Д. Папанина связано развитие одного из крупнейших в системе Академии наук периферийных биологических институтов: в январе 1952 г. Папанин был назначен уполномоченным президиума Академии наук и директором биологической станции «Борок», находящейся в районе Рыбинского моря. Папанин правильно оценил большое значение биологического изуче-

ния наших искусственных водохранилищ и постарался вложить много энергии и труда в коренную реорганизацию этой биологической станции. Под его руководством за короткий срок она превратилась в крупное научно-исследовательское периферийное учреждение, занимающееся вопросами биологического изучения и народнохозяйственного освоения искусственных водохранилищ и внутренних водоемов. Это учреждение носит теперь название Института биологии внутренних вод и является головным учреждением Советского Союза по изучению продуктивности и хозяйственного использования внутренних вод. Папанин в течение 20 лет был его директором.

Иван Дмитриевич Папанин на протяжении всей своей жизни ведет активную общественную работу. В течение десяти лет он являлся членом Ревизионной комиссии ЦК КПСС, избирался членом Московского городского комитета КПСС. Он дважды избирался депутатом Верховного Совета СССР, несколько раз — депутатом местных Советов, в том числе Моссовета. Как избранник народа, он держал всегда самую тесную связь со своими избирателями, чутко откликаясь на все их запросы и нужды. В архиве Папанина хранится множество писем трудящихся, которые благодарят его как своего депутата за помощь, оказанную в устройстве их производственных, общественных и личных дел. И хотя последние годы он уже не является депутатом, но все равно по-прежнему потоком идут к нему письма, ежедневно посещают его разные люди со своими нуждами и просьбами, не имеющими никакого отношения к служебной деятельности Ивана Дмитриевича.

С 1945 года Папанин бессменный председатель Московского филиала Географического общества СССР и за это время многое сделал для создания материальной базы филиала, объединяющего географов — научных работников, преподавателей географии и участников географического изучения нашей планеты, живущих и работающих в Москве и в 14 областях и автономных республиках Центральной части РСФСР. Московский филиал Географического общества СССР тесно связан с Госпланом СССР и областными советскими организациями и принимает активное участие в разработке планов развития производительных сил и охраны природы.

Папанин часто выступает в печати, по радио и телевидению, перед советской общественностью, но особенно любит выступать перед молодежью и детьми. Помимо бесед об истории освоения Арктики и о своей жизни на дрейфующем льду любимая тема его выступлений перед комсомольцами и пионерами о советском патриотизме. Не случайно во многих городах и селах нашей страны есть школы, пионерские дружины и пионерские отряды имени Папанина.

Имя Папанина значится на географической карте Арктики и Тихого океана, его именем названы пароходы.

За заслуги перед Советским государством И. Д. Папанин награжден двумя Золотыми Звездами Героя Советского Союза, восемью орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, двумя орденами Красного Знамени, орденом Нахимова 1-й степени, орденами Трудового Красного Знамени, Красной Звезды и девятью медалями.

Вспоминается день 26 ноября 1964 г., когда советская научная общественность и полярники широко отметили семидесятилетие со дня рождения И. Д. Папанина. Советское правительство за заслуги перед Родиной наградило его орденом Ленина. В переполненном просторном зале Дома ученых в Москве происходило чествование юбиляра, в его адрес поступило около девяти-сот приветственных адресов, писем и телеграмм со всех концов Советского Союза и из-за рубежа. Одним из первых тепло поздравила своего старого товарища по работе в Арктике Герой Советского Союза академик Е. К. Федоров. Затем, обратившись к присутствующим в зале, Евгений Константинович сказал: «Я занимал и занимаю высокие посты, имею разные почетные звания, но одним из них я горжусь больше всего—званием «папанинец»...»

Ивану Дмитриевичу Папанину исполнилось 80 лет. Несмотря на такой почтенный возраст, он продолжает трудиться с большим напряжением сил, вкладывая много инициативы и энергии в любое порученное ему дело. Он полон новых творческих планов, и претворять их в жизнь ему помогает тот неиссякаемый источник веры в светлое будущее, которая сопровождала всю его жизнь. Всю свою сознательную жизнь он находился на переднем крае, будь то фронты гражданской войны, наступление советских людей на суровую Арктику, изучение морей и внутренних водоемов или раскрытие тайн Мирового океана. Так учила его Коммунистическая партия, в рядах которой он состоит 55 лет, таков его долг коммуниста перед советским народом, из гущи которого он вышел в большую жизнь.

Ф. ШИПИЛОВ

### ПЕТР ПЕТРОВИЧ ШИРШОВ

Петр Петрович Ширшов — известный океанограф и гидролог, вложивший много сил и таланта в исследование Арктики и развитие арктического мореплавания, блестящий организатор, крупный государственный и общественный деятель, академик, внесший неоценимый вклад в науку.

Петр Петрович родился 26 декабря 1905 г. в Днепропетровске в семье рабочего-переплетчика железнодорожной типографии. С 13 лет ему пришлось вечерами работать в библиотеке, а днем учиться. Окончив реальное училище, Петр Ширшов в 1921 г. поступил на биологическое отделение Днепропетровского института народного образования.

В 1923 г. он вступил в ряды ВЛКСМ. В том же году он перевелся с биологического на социально-экономическое отделение того же института.

Осенью 1926 г. Ширшов оставил социально-экономическое отделение и вернулся на биологическое, но уже Одесского института народного образования. Одновременно Петр Петрович был зачислен аспирантом Днепропетровской биологической станции в Одесском ботаническом саду. Курс социально-экономических дисциплин значительно расширил научный кругозор будущего ученого и во многом способствовал развитию и формированию его организаторских способностей.

Весной 1929 г. П. П. Ширшов окончил Одесский институт по биологическому отделению, а в октябре того же года завершил аспирантскую подготовку, специализируясь по пресноводной гидробиологии при Днепропетровской биологической станции под руководством профессора Д. О. Свиренко.

Научная работа П. П. Ширшова началась с экспедиции по южным рекам с целью санитарно-биологического обследования рек Донбасса. Затем были исследованы с той же целью реки Днепр, Южный Буг и ее приток Кодыма.

В конце 1929 г. П. П. Ширшов перешел в Ботанический институт Академии наук СССР в Ленинграде, где продолжал работать в области гидробиологии. Он провел ряд гидробиологических исследований реки Невы.

В 1930 г. Ширшову поручили возглавить экспедицию Ленинградского ботанического института по гидробиологическому обследованию реки Туломы и Нотозера на Кольском полуострове. Затем в течение лета 1931 г. он тщательно исследовал два больших залива Новой Земли — Крестовую губу и Северную Сульменеву губу.

Как результат первых экспедиций П. П. Ширшова на Кольском полуострове и на Новой Земле появилось несколько печатных работ, посвященных эколого-географическому описанию водорослей.

Начиная с 1932 г. П. П. Ширшов принимает участие во всех крупных полярных экспедициях. В 1932 г. он участвовал в качестве гидробиолога в историческом рейсе ледокольного парохода «Александр Сибиряков», прошедшего в одну навигацию вдоль всего Северного морского пути.

Вскоре мы видим его в знаменитой экспедиции на пароходе «Челюскин».

Вынужденная зимовка на пароходе «Челюскин» и последовавшая затем двухмесячная жизнь на льду позволили П. П. Ширшову осуществить систематические наблюдения над жизнью Ледовитого океана в течение всего зимнего периода, чего раньше не представлялось возможным.

Вскоре после челюскинской эпопеи П. П. Ширшов вновь участник комплексной арктической экспедиции на ледоколе «Красин», направлявшейся в район Чукотского моря. И здесь он продолжал изучать планктон.

За многочисленные работы по гидробиологии арктических морей осенью 1935 г. Петру Петровичу Ширшову присвоено ученое звание кандидата биологических наук.

Отто Юльевич Шмидт, официально рекомендуя П. П. Ширшова в экспедицию на Северный полюс, писал: «Гидробиолог и биолог Петр Петрович Ширшов — мой товарищ по экспедициям на ледокольном пароходе «Александр Сибиряков» и пароходе «Челюскин», где он показал себя не только выдающимся научным работником, но и замечательным стойким человеком».

В конце 1934 г. в Арктическом институте шла разработка плана экспедиции на Северный полюс.

В мае 1937 г. на Северном полюсе начала работать советская экспедиция.

Работы, проведенные П. П. Ширшовым и Е. К. Федоровым на станции «Северный полюс», общеизвестны и по заслугам принесли ее участникам и географической науке нашей страны мировую славу. На станции «Северный полюс» П. П. Ширшов вел разнообразные океанологические наблюдения, включая гидро-



П. П. Ширшов

химию, гидробиологию, наблюдая за скоростью и направлением течений, изменениями глубин, изучением морского дна и т. д.

Работая гидробиологом и биологом на станции «Северный полюс», П. П. Ширшов доказал, что воды Ледовитого океана и поверхность льда в околополюсном районе вовсе не безжизненны, как предполагали раньше многие ученые. Известно, что жизнь животного мира открытого моря в конечном счете зависит от развития в море фитопланктона. Ясно, что белый медведь не питается непосредственно водорослями. Но он живет охотой на тюленей. Тюлень питается мелкой рыбой, а также планктонными рачками. Эти же в свою очередь питаются более мелкими представителями животного планктона, развивающимися уже непосредственно за счет водорослей планктона. Растительный планктон, таким образом, — первоисточник органической пищи,

за счет которой существует весь животный мир моря, подобно тому как на суше животный мир существует за счет наземных растений.

Для развития водорослей необходимы солнечный свет и некоторые питательные соли. В летний период, когда с поверхности льдов стает снег, льды становятся прозрачными благодаря тому, что талая вода стекает с поверхности льдин в трещины, таким образом создаются условия, благоприятные для проникновения света в воду, и наступает интенсивное развитие растительного планктона. Достаточно развивается здесь и животный планктон. Наличие его дает возможность существовать и животному миру. Таким образом представление о крайней бедности жизни в центральной части Ледовитого океана оказалось необоснованным.

Океанографическими работами на станции «Северный полюс» подтвержден факт распространения теплых вод из Северной Атлантики далеко в глубь Центрального Арктического бассейна. Атлантические воды, входящие в Полярный бассейн на глубинах от 200 до 1000 м, продвигаясь на север и на восток, охлаждаются, становятся более тяжелыми и плотными, а потому и опускаются в глубину океана. Эти охлажденные воды составляют основную водную массу всей многокилометровой толщи Центрального Арктического бассейна.

П. П. Ширшову удалось не только подтвердить и проследить теплое течение Гольфстрима, которое вливается мощным потоком в Арктический бассейн, но и определить массу этого течения, уходящего под слой холодных поверхностных вод океана, простирающихся на глубину 200—250 м. По мере продвижения к северу и востоку мощность Атлантического течения уменьшается. В южных районах на глубине 250—800 м она достигает 600 м, в районе полюса не превышает 500 м, а восточнее — 300—200 м.

Количественный и качественный анализы атлантических течений в районе полюса и дальше на восток очень важны для характеристики водных масс арктических морей.

Во время этих экспедиций и в период подготовки к ним П. П. Ширшов, будучи уже крупным ученым, знатоком гидробиологии, одновременно овладел методами гидрологии, включая гидрохимию, и стал крупнейшим специалистом-океанографом. Владение разнообразными научными методами позволило П. П. Ширшову по-новому осветить гидробиологические явления.

Блестящим примером такого типа исследований служат работы П. П. Ширшова «Планктон как индикатор ледового режима» и «Сезонные явления в жизни фитопланктона полярных морей в связи с ледовым режимом». Проведенные П. П. Ширшовым во время экспедиций исследования влияния льдов на распределение растительного планктона позволили ему подметить сезон-

ные изменения в составе фитопланктона полярных морей и выявить зависимость этих изменений от состояния льдов.

П. П. Ширшовым совместно с членом-корреспондентом АН СССР В. Г. Богоровым было дано новое объяснение наличию большого количества фитопланктона вблизи кромки недавно вскрывшихся льдов. Ранее это явление объясняли тем, что в упомянутых районах существуют какие-то особенно благоприятные условия для развития планктона, создающиеся за счет опреснения вод при таянии льдов и снега и поступления при этом в море различных питательных солей, необходимых для развития растений.

П. П. Ширшовым была доказана роль в сезонных изменениях количества планктона. Было установлено, что лед, препятствуя проникновению света в воду, тем самым ограничивает развитие растительного планктона, а так как льды распределены в полярных морях неравномерно, то и количество планктона, так же как и его состав, сильно отличается в различных районах в зависимости от того, когда эти районы «вскрылись» ото льдов, то есть стало возможным проникновение света под воду. Эта теория П. П. Ширшова пользуется заслуженным вниманием.

За самоотверженную работу на станции «Северный полюс» П. П. Ширшов был избран депутатом Верховного Совета СССР. Указом Президиума Верховного Совета СССР ему было присвоено высокое звание Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина. А за выдающиеся заслуги и ценный вклад в науку 17 марта 1937 г. Высшей аттестационной комиссией по делам высшей школы при СНК СССР П. П. Ширшову присвоена ученая степень доктора географических наук без защиты диссертации.

В мае 1938 г. П. П. Ширшов был назначен директором Всесоюзного арктического института Главсевморпути. В июне 1938 г. П. П. Ширшов был принят в члены ВКП(б). В 1939 г. он становится первым заместителем начальника Главного управления Северного морского пути при СНК СССР.

На этом посту П. П. Ширшов во многом способствовал организации и развитию в широком масштабе систематических воздушных разведок льдов Центрального Арктического бассейна, морей советской Арктики и всей трассы Северного морского пути. С 1939 г. в Арктике начались зимние разведки льдов на больших площадях, со следующего года ставшие регулярными. Для проведения таких разведок льдов на трассу вышли самолеты с большим радиусом действия. Начиная с 1940 г. стала введаться аэрофотосъемка полярных льдов.

В январе 1939 г. П. П. Ширшов был избран действительным членом Академии наук СССР.

Деятельность П. П. Ширшова в годы Великой Отечественной войны занимает особое место. В эти трудные годы проявился его талант организатора, крупного государственного деятеля.

С первых дней Великой Отечественной войны П. П. Ширшов стремился уйти в ряды Красной Армии, однако Иван Дмитриевич Папанин считал, что присутствие П. П. Ширшова в Главсевморпути в первое время было крайне необходимо. Ему поручались важные государственные задания.

В конце февраля 1942 г. П. П. Ширшова назначают министром морского флота.

На этом посту он проявил себя также талантливым руководителем и организатором.

По инициативе П. П. Ширшова в начале 1941 г. была организована при Академии наук СССР лаборатория океанологии, которая занималась обработкой материалов наблюдений, собранных на дрейфующей станции «Северный полюс». В составе лаборатории насчитывалось всего 12 человек. В январе 1946 г. президиум Академии наук СССР, согласно постановлению Совнаркома СССР от 24 декабря 1945 г., создал на базе этой небольшой лаборатории Институт океанологии. В задачу института входило: разработка теоретических проблем океанологии, проведение исследований океана и морей на базе представлений о единстве происходящих в морях и океанах физических, химических, биологических и геологических процессов и проведение специальных исследований по проблеме колебаний уровня Каспийского моря.

Ныне Институт океанологии — ведущее научное учреждение страны в этой области знаний, работы которого широко известны и высоко оцениваются мировой наукой.

По инициативе П. П. Ширшова институт получил морское грузовое судно водоизмещением 5720 т. Оно было переоборудовано в научно-исследовательское судно и получило название «Витязь». За 25 с лишним лет работы «Витязь» провел 55 рейсов. Итоги исследований «Витязя» стали фундаментальным вкладом в изучение океанов и морей, благодаря которым советская океанографическая наука заняла одно из ведущих мест в исследованиях Мирового океана.

Институт океанологии стал координационным центром со странами СЭВ в проведении океанологических исследований.

Дальнейшие исследования института направлены на углубление и расширение изучения динамики водной толщи и рельефа морского и океанического дна, законов распространения света, теплового излучения проникающей радиации, аномалий, гидродинамических, гравитационных и магнитных полей в океане.

Первым директором Института океанологии был академик П. П. Ширшов, и он оставался его бессменным руководителем до конца своей жизни. В 1967 г. институту присвоено его имя.

П. П. Ширшову принадлежит идея создания для наших морей подробных транспортно-географических монографий, которые могли бы содействовать навигации и решению многих хозяйственных задач по наиболее полному использованию морей

и океанов. Над этой идеей Петр Петрович работал в последние годы, но преждевременная смерть не дала ему довести начатое дело до конца.

П. П. Ширшов был тяжело болен, но продолжал вести научную работу. Петр Петрович Ширшов ушел от нас в расцвете своих творческих сил, не дожив даже до 50 лет.

П. П. Ширшов обладал редким даром обаяния. Он располагал к себе с первого знакомства, с первого слова. При всем этом, несмотря на свое высокое положение, был необычайно прост. П. П. Ширшов заслуженно пользовался общей любовью всех тех, кто с ним сталкивался в работе.

Именем Ширшова названы бухта на острове Земля Георга и озеро на острове Харли в архипелаге Земля Франца-Иосифа.

Имя Ширшова носят два научно-исследовательских судна.

И. ПАПАНИН

### ЕВГЕНИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ ФЕДОРОВ

Евгений Константинович Федоров — академик, крупный советский ученый в области геофизики, известный государственный и общественный деятель. Более сорока лет связывает нас крепкая дружба, начало которой было положено в 1932 г. Тогда я готовился ехать в Арктику начальником полярной станции в бухте Тихой на Земле Франца-Иосифа. На далеком архипелаге, занимающем ближайшие подступы к Северному полюсу, нужно было значительно расширить научную обсерваторию в связи с проведением 2-го Международного полярного года. Хлопот было много, и целые дни приходилось проводить в кабинетах и на складах Арктического института в Ленинграде. Там, в коридоре, я однажды увидел молодого художавого паренька, печально сидевшего у дверей кабинета одного из начальников. Я поинтересовался, кто он и что привело его сюда.

— Евгений Федоров, физик, — отрекомендовался он. — Только что окончил Ленинградский университет. Не хотят в Арктику посылать. А я все-таки добыюсь своего, буду в Арктике! — упрямо сверкнув глазами, добавил он.

Такое настойчивое стремление попасть в Арктику молодого специалиста пришлось мне по душе. Я сразу почувствовал, что за его скромной внешностью скрыты сильная воля и упорство, а именно такие люди и нужны в Арктике.

— Пойдешь со мной на Землю Франца-Иосифа? Мне как раз геофизик нужен, — предложил я ему.

Не откладывая дела на долгий срок, я тут же повел Женю Федорова в отдел кадров, и на другой день он уже числился научным сотрудником обсерватории в бухте Тихой на Земле Франца-Иосифа.

Так произошло мое знакомство с Евгением Константиновичем, так начался его путь в Арктику и в науку.

Мне пришлось работать с Евгением Константиновичем плечом к плечу на трех полярных станциях. За эти годы я хорошо узнал его, и между нами, несмотря на 15 лет разницы в возрасте, завязалась крепкая дружба, продолжающаяся уже более 40 лет.

Евгений Федоров рос и мужал как человек, коммунист, полярный исследователь, ученый. И я от всей души радовался его успехам, ибо в моих глазах он олицетворял собой поколение советской молодежи 20—30-х годов, таланты и творческие возможности которой могли развернуться в полную силу только благодаря нашему социалистическому строю.

Как же начинался его жизненный путь?

Родился Евгений Константинович в 1910 г. в маленьком городке Бендеры, где его отец нес военную службу в местном гарнизоне. Кадровый военный, отец Жени с первых дней Великой Октябрьской социалистической революции перешел на сторону новой власти и прошел боевой путь командира Красной Армии. Среднюю школу Женя окончил в Горьком, а затем поступил на физический факультет Ленинградского университета. О его первых шагах после окончания университета я уже говорил.

Первые месяцы жизни и работы в бухте Тихой я присматривался к молодому геофизику и с удовольствием отмечал, что он оказался в своей стихии, мужественно переносит суровые природные условия Арктики и неплохо справляется с работой. А нагрузка на его плечи легла большая: он вел магнитные, астрономические и метеорологические наблюдения, выходил со всеми на авралы, нес полярные вахты, участвовал в походах на соседние острова.

В 1934 г. меня назначили начальником полярной станции на мысе Челюскин. В составе нового коллектива был и геофизик Евгений Федоров. Поехал он на мыс Челюскин уже не один, а с женой Анной Викторовной, которая тоже окончила Ленинградский университет и на полярной станции стала работать магнитологом.

Мы построили на мысе Челюскин жилые дома, магнитный павильон, который воздвигался под руководством Е. Федорова.

Тот год оказался очень напряженным. Нам было поручено вместо маленькой станции построить на самом северном выступе Евразии большую, хорошо оснащенную полярную станцию, чтобы вести геофизические наблюдения, обеспечивать данными о текущей и ожидаемой погоде и радиосвязью навигацию в этом районе. На наши плечи легла двойная нагрузка: строить станцию и вести регулярные наблюдения. Евгений Константинович и здесь подавал всем пример в работе. Его не останавливали ни непроглядная темень полярной ночи, ни лютая стужа, ни свирепая пурга. В точно назначенное время он выходил снимать показания приборов, и мне или кому-либо из наших товарищей приходилось отпраиваться вместе с ним для подстраховки.

Когда правительство вынесло решение создать на Северном полюсе дрейфующую научную станцию и я был назначен ее начальником, первой, без всяких сомнений, была названа кандидатура Е. К. Федорова. Наша дружная четверка прожила на дрейфующей льдине с мая 1937 по февраль 1938 г.

История самой первой в мире дрейфующей станции «Северный полюс» хорошо известна, о ней написано много книг. Мне хочется только отметить, что в этом дрейфе ярко проявился талант Евгения Константиновича как полярного исследователя, ученого и просто мужественного человека. Он выполнял обязанности астронома, геофизика и метеоролога и вместе с тем успевал помогать в работе остальным.

Поистине великой была работоспособность Федорова на нашей льдине, и собранный им материал явился действительно уникальным.

За время дрейфа льдины с 21 мая 1937 по 18 февраля 1938 г. Федоровым было произведено 620 определений координат положения льдины, то есть почти по три определения в сутки. И это делал только один наблюдатель, причем одновременно он вел магнитные, гравиметрические и метеорологические наблюдения. Правда, в наблюдениях помогали ему по возможности другие товарищи, но основная нагрузка по этим разделам научной программы легла на него. На полях его рабочей тетради мы сплошь и рядом читаем: «Облака... густой туман... снег... дымка...» Тяжелые условия очень осложняли его работу, и он пользовался каждым прояснением, чтобы взять высоту солнца или звезд и рассчитать координаты льдины. Каждый день и каждый час мы точно знали, в какой точке Северного Ледовитого океана находится льдина. Таким образом, работа Федорова по определению координат и расчету дрейфа льдины предопределяла другие научные наблюдения, так как материалы по гидрологии, магнитометрии, гравиметрии и др. представляли ценность только в том случае, когда были привязаны к точным координатам.

К обработке и обобщению собранного на льдине материала он приступил после окончания нашего дрейфа, и его научный отчет занял солидную часть первого тома «Трудов дрейфующей станции «Северный полюс»», выпущенного в свет в 1940 г. издательством Главсевморпути.

Читая этот отчет, можно видеть, с какой скрупулезностью вел Е. К. Федоров астрономические наблюдения и расчет дрейфа льдины. Можно смело сказать, что в этих исследованиях он проявил себя новатором в науке, и разработанные им методы нашли потом широкое применение на дрейфующих станциях «Северный полюс», организованных в послевоенные годы.

За научные исследования, выполненные на льдине и опубликованные в «Трудах дрейфующей станции «Северный полюс»», Е. К. Федоров был удостоен в 1946 г. Государственной премии СССР.



Е. К. Федоров,

Партия и правительство высоко оценили наш труд на станции «Северный полюс-1». Всем было присвоено звание Героя Советского Союза. Имя Е. К. Федорова как ученого получило самую широкую известность и признание во всем мире, и в январе 1939 г. он был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. В том же году он был назначен директором Арктического института, но пробыл в этой должности недолго: через месяц его назначили начальником Главного управления Гидрометеослужбы при Совнаркоме СССР.

Это была не только почетная, но и очень трудная работа. По существу гидрометеорологическая сеть в Советском Союзе только создавалась, и здесь проявился талант Е. К. Федорова как организатора.

В годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. Гидрометеорологическая служба вошла в состав Вооруженных Сил и выполняла ответственную работу по обслуживанию нужд фронта, боевых действий авиации и Военно-Морского Флота. Началь-

ником Гидрометеослужбы был генерал-лейтенант Е. К. Федоров.

Кончилась война, отгремели бои, страна перешла к восстановлению разрушенного войной народного хозяйства. На мирные, гражданские цели переключилась и Гидрометеослужба под руководством Е. К. Федорова.

В 1947 г. Евгений Константинович оставил административную деятельность и перешел целиком на научную работу в Геофизический институт Академии наук СССР, который возглавлял тогда академик О. Ю. Шмидт. В нем Е. К. Федоров успешно работал по исследованию верхних слоев атмосферы, по практическому применению геофизики в народном хозяйстве. По существу он создал самостоятельное направление в советской геофизике и в 1954 г. организовал Институт прикладной геофизики АН СССР, став его первым директором.

В 1959 г. Е. К. Федоров был избран академиком и назначен на должность главного ученого секретаря президиума Академии наук СССР. В течение трёх лет Евгений Константинович возглавлял в Академии наук СССР большую научно-организационную работу и во многом способствовал дальнейшему развитию таких наук, как геофизика, океанология, метеорология.

С 12 октября 1962 г. Евгений Константинович вновь назначается начальником Гидрометеослужбы при Совете Министров СССР. Трудно коротко рассказать о той огромной организационной работе, которую проводил Евгений Константинович в эти годы.

Перестройке подверглась вся Гидрометеорологическая служба на принципиально новой технической и организационной основе. Обсерватории и метеостанции были оснащены современными автоматическими приборами, были созданы вычислительные центры, широкое внедрение получила спутниковая метеорология. Метеорологические центры получали информацию о погоде и спутниковые фотографии синоптических процессов со всего земного шара, и этот поток метеорологической и аэрологической информации обрабатывался на электронно-вычислительных машинах.

Главное управление Гидрометеослужбы — одно из самых крупных «судовладельцев» экспедиционного флота, и «корабли погоды» стали вести наблюдения за гидрометеорологическими процессами и взаимодействием океана с атмосферой с акватории Мирового океана. Расширились и технические перевооружились институты Гидрометеослужбы и превратились в подлинно научные центры. Е. К. Федоров умеет подбирать себе помощников, и в этой большой созидательной работе по перестройке деятельности Гидрометеослужбы ему активно помогали такие крупные организаторы науки, как Г. И. Голышев, Ю. А. Израэль, А. А. Ющак, М. А. Петросянц, В. А. Бугаев, Г. И. Матвейчук и др.

12 лет возглавлял Е. К. Федоров Главное управление Гидрометслужбы при Совете Министров СССР, и в 1974 г. он назначается директором Института прикладной геофизики АН СССР, который он создал в послевоенные годы и был первым его директором. Евгений Константинович остался членом коллегии ГУГМС, и в его руках сосредоточено руководство научной работой всей советской гидрометеослужбы.

Говоря о Е. К. Федорове, нельзя не сказать о его общественной деятельности. Евгений Константинович избирался депутатом Верховного Совета СССР и Моссовета, председателем Антифашистского комитета советской молодежи, был участником крупных международных совещаний: Всемирной конференции демократической молодежи, нескольких Пагоушских совещаний, межправительственных совещаний по прекращению испытания ядерного оружия, конференции движения за ядерное разоружение, межправительственной конференции по океанографическим исследованиям и др. На многих международных конференциях и совещаниях Евгений Константинович возглавлял советские делегации. Он избирался членом постоянного Пагоушского комитета, Международного комитета по исследованию космического пространства и других международных научно-общественных организаций. В настоящее время Е. К. Федоров — депутат Верховного Совета СССР, заместитель председателя Советского комитета защиты мира, член Президиума Всемирного Совета Мира, один из вице-президентов Всемирной метеорологической организации.

Являясь членом бюро отделения, а также секции наук о Земле, Евгений Константинович продолжает активную работу в Академии наук СССР. С 1968 г. он председатель Советского комитета океанографов при Госкомитете Совета Министров СССР по науке и технике. Занятый государственной и общественной деятельностью, Евгений Константинович, однако, не прерывает своей научной работы. Его перу принадлежат труды о новых методах исследований ночного спектра в атмосфере, водном балансе облачной системы, искусственном воздействии на облака и туманы, покорении космического пространства, путях искусственного воздействия на метеорологические процессы, исследованиях высоких слоев атмосферы с помощью спутников и др.

Советское правительство высоко оценило заслуги Евгения Константиновича перед Родиной: он удостоен звания Героя Советского Союза, награжден пятью орденами Ленина, двумя орденами Отечественной войны I степени, орденом Кутузова II степени, двумя орденами Трудового Красного Знамени.

И еще мне хочется отметить одну черту Евгения Константиновича — его глубокую человечность и простоту.

Сейчас ему 65 лет, но он полон энергии и творческих сил, и я глубоко уверен, что Евгений Константинович внесет еще немалый вклад в развитие советской науки.

Б. КРЕМЕР

**ЭРНСТ ТЕОДОРОВИЧ КРЕНКЕЛЬ**

Что же за человек был Эрнст Теодорович Кренкель, какие обстоятельства и личные качества выдвинули его в ряды выдающихся полярников нашего времени?

На протяжении всей жизни Кренкель отличался неудержимой страстью к романтике, дальним путешествиям, приключениям. В юности это выразилось в жгучем интересе к произведениям Майн Рида, Фенимора Купера, Джека Лондона, а затем и в выборе профессии радиста, которая в те времена воспринималась как нечто граничащее с волшебством. Однажды, когда Кренкель после окончания московских годичных курсов радиотелеграфистов работал на Люберецкой приемной радиостанции, он рассказывал дома, что слышал Испанию. Сообщение произвело настоящую сенсацию, и отец Кренкеля, преподаватель Московского коммерческого института, немедленно оповестил всех родственников и друзей: «Эрнст собственными ушами слышал Испанию». И это звучало не менее впечатляюще, чем современное сообщение о пребывании людей на Луне или особо выдающемся космическом полете. В 1924 г. та же романтика привела двадцатилетнего Кренкеля на полярную станцию «Матшар», за год до этого построенную на северном берегу новоземельского пролива Маточкин Шар.

Вторая смена «Матшара» включала тринадцать человек, в том числе пятерых научных работников и двух радистов. Большинство из них, как и Кренкель, в Северном Ледовитом океане были новичками. Несмотря на это, все они со своими обязанностями справлялись успешно, и станция работала нормально. Кренкель помимо радиовахты, которую он делил с радистом К. А. Сысолятиным, ходил вместе со своими товарищами в дальние экскурсии, занимался ловлей песцов, охотился на белого медведя, промысловых птиц, морского зверя.

Необычная природа сурового арктического острова, его ледники и живописные горы, свирепые новоземельские ураганы и непередаваемая красота полярных сияний, глухая полярная ночь и буйство птичьих базаров в летнее время — все это произвело на Кренкеля неотразимое впечатление. В то же время сам Кренкель, еще недавно типичный городской житель, москвич, оказался словно созданным для нелегкой работы в Арктике. Трудолюбивый, общительный и доброжелательный, с остро развитым так ценным для полярников чувством юмора, он сразу же органически вписался в коллектив станции.

Первая зимовка на «Матшаре» была решающей в жизни Кренкеля. С этого времени Север стал для него основной ареной интересов и стремлений.

В 1927 г. Кренкель, отбывавший к тому времени срочную военную службу в отдельном радиотелеграфном батальоне во Владивостоке, на Клязьме, снова вернулся на полярную станцию «Матшар». Теперь это был уже не только романтически настроенный молодой человек, но и опытный полярник, инициативный и смелый экспериментатор, которому суждено было внести значительный вклад в развитие радиосвязи в северных районах.

В то время станция «Матшар» была оснащена лишь длинноволновой радиоаппаратурой. Громоздкий искровой радиопередатчик позволял передавать корреспонденцию только на полярную станцию «Юшар», которая передавала ее в Архангельск. Прямой связи с Архангельском, а тем более с Московской не было, и радиограммы в эти адреса шли с большим замедлением. Готовясь к зимовке, Кренкель решил провести на «Матшаре» опыты по радиосвязи на коротких волнах, которые на полярных станциях еще никем не применялись и не испытывались. Своей идеей Кренкель сумел заинтересовать специалистов Гидрографического управления и Нижегородской радиолaborатории, которая выделила ему из своего имущества превосходный комплект коротковолновой радиостанции.

Непредвиденное происшествие едва не сорвало эксперименты Кренкеля еще до их начала. В «Матшаре», когда разгрузка парохода была закончена, шлюпку, в которой находилась аппаратура Кренкеля, оставили у берега и пошли ужинать в дом. Внезапно кто-то крикнул: «Шлюпку уносит!» Положение казалось безвыходным: другой шлюпки на станции не было, а пароход уже ушел. Тогда, не раздумывая, Кренкель сбросил на бегу ватную куртку и тяжелые сапоги, бросился в ледяную воду и вконец догнал шлюпку уже на довольно значительном расстоянии от берега.

Этот поступок Кренкеля заслуживает особого внимания. Непримиимый враг какого бы то ни было лихачества, он к тому же никогда не отличался склонностью к спорту. Но когда требовали интересы дела, он не колеблясь пошел не только на тяжелое для себя испытание, но и на немалый риск. Эта черта ха-

рактера Кренкеля была присуща ему на протяжении всей его последующей жизни.

Результаты испытания коротковолновой радиостанции превзошли самые смелые ожидания Кренкеля. Уже при первой попытке была установлена связь с радиолюбителем-коротковолновиком города Баку. Вслед за тем удалось связаться с радиолюбителями Москвы, Парижа и многих других городов Советского Союза и Европы. Экспериментами Эрнста Кренкеля заинтересовались многие работники радиостанции в Архангельске, и они собственными силами построили коротковолновые радиопередатчик и приемник, с помощью которых установили прямую двустороннюю радиосвязь с «Матшаром». С этого времени радиокорреспонденция «Матшара», как правило, стала передаваться прямо в Архангельск, минуя промежуточную станцию в Югорском Шаре. Вскоре по примеру Кренкеля начали работать на коротких волнах радисты полярной станции «Остров Диксон». Продолжая экспериментировать с короткими волнами, Кренкель, зимую уже в составе первой смены полярной станции «Бухта Тихая» на Земле Франца-Иосифа, 12 января 1930 г. установил прямую двустороннюю связь с радистом американской антарктической экспедиции Р. Бэрда, зимовавшей на шельфовом леднике Росса. Это был мировой рекорд дальней радиосвязи, который сам Кренкель справедливо оценивал как событие в своей жизни радиста.

Следующим большим этапом в становлении Кренкеля-полярника было его участие в знаменитой экспедиции 1932 г. на ледокольном пароходе «Александр Сибиряков», заврадио на котором был один из самых выдающихся морских арктических радистов Е. Н. Гиршевич. Ко времени плавания «Александра Сибирякова» нормальная радиосвязь поддерживалась только на самом западном участке трассы Северного морского пути, где имелось несколько береговых полярных станций. Огромное протяжение трассы, от Диксона до Берингова пролива, было почти пустым. Только-только начинала появляться в эфире строящаяся станция в Тикси, да еще кое-где работали небольшие радиостанции. Чтобы обеспечить связь «Сибирякова» с Большой землей, Гиршевич и Кренкель, сменяя друг друга, круглосуточно прослушивали эфир и при каждой возможности связывались с дальними материковыми и судовыми радиостанциями; передавали через них корреспонденцию экспедиции и принимали от них корреспонденцию в свой адрес, включая скудную, но тем не менее очень важную информацию о погоде и ледовой обстановке.

Если плавание на «А. Сибирякове» стало для Кренкеля своеобразным университетом, то его участие в следующей экспедиции, предпринятой в 1933—1934 гг. на пароходе «Челюскин», можно оценить как суровый экзамен, где впервые во всей полноте и с наибольшей силой проявились незаурядные качества Кренкеля как полярника и морского радиста.



Э. Т. Кренкель

Экспедиция на «Челюскине» вышла в плавание 16 июня 1933 г. из Ленинграда и в обход Скандинавии и Кольского полуострова направилась по Северному морскому пути в Тихий океан. Как и годом раньше, начальником экспедиции был О. Ю. Шмидт, капитаном судна—В. И. Воронин. Группу радистов на «Челюскине» возглавлял Эрнст Теодорович Кренкель.

Пройдя более или менее благополучно большую часть арктической трассы, «Челюскин» получил во льдах Восточно-Сибирского и Чукотского морей серьезные повреждения корпуса. В начале ноября судно, вмёрзшее к тому времени в большую льдину, вынесло дрейфом в Берингов пролив. Всего в двух-трех милях простиралась открытая вода и был свободный путь на юг, но пробить своим слабым корпусом ледяную преграду «Челюскин» не смог. Подхваченный вскоре встречным Берингоморским течением, пароход был вынесен обратно в Чукотское море, где

13 февраля 1934 г. во время сильного ледового сжатия получил непоправимые повреждения и затонул приблизительно в 80 милях от Чукотского полуострова. В разгар арктической зимы на дрейфующий лед Чукотского моря сошло 104 человека, в том числе десять женщин и двое детей.

Аварийную станцию Кренкель монтировал в холодной, еще не отапливавшейся брезентовой палатке при скудном свете керосинового фонаря, который держал в руках художник Ф. П. Решетников. Переохлажденные плоскогубцы, нож, провода обжигали обнаженные руки. В низкой тесной палатке нельзя ни встать во весь рост, ни вытянуть ноги и работать приходилось стоя на коленях.

Кренкель не обманул возлагавшихся на него надежд: связь с берегом была установлена, и уже на следующий день после гибели парохода в Москве была получена аварийная радиограмма Шмидта и была создана правительственная комиссия, немедленно приступившая к организации спасения челюскинцев.

В 1935 г. Кренкель был назначен начальником небольшой, но очень ответственной полярной станции, второй по счету североземельской станции.

Сотрудниками станции тогда были: один из лучших радистов того времени, ранее зимовавший под руководством И. Д. Папанина в бухте Тихой А. А. Голубев; потомственный архангельский помор, зарекомендовавший себя в арктических плаваниях и на полярных станциях механик Н. Г. Мехреньгин и я, метеоролог, в Арктике новичок.

На мысе Челюскина Кренкель познакомил меня с И. Д. Папаниным, который в это время передавал новой смене возглавлявшуюся им полярную станцию. Всегда в движении, в порыве, он производил впечатление какого-то сгустка энергии. Эта озабоченность разгрузкой стоявших на рейде пароходов и уборкой грузов станции была настолько велика, что казалось, это не он сдает станцию новому начальнику, а сам остается здесь на зимовку. Меньше всего я мог тогда думать, что этот изумительный человек сыграет в моей жизни столь же значительную роль, как и Кренкель, что по поручению Папанина, начальника Главсевморпути, весной 1945 г. я буду возглавлять ответственную экспедицию на мыс Арктический, что в грозные годы Великой Отечественной войны Папанин, начальник Главсевморпути и уполномоченный Государственного комитета обороны по Северу, окажет мне величайшее доверие, поручив восстановить и обеспечить нормальную работу полярной станции на острове Домашнем. Тогда же на мысе Челюскина я впервые встретил магнитолога Е. К. Федорова и гидролога Я. С. Либина.

Характерной особенностью Кренкеля была его вера в людей, с которыми он работал, и замечательная способность внушать им уверенность в своих силах и возможностях. Мою работу метеоролога-наблюдателя он не проверял никогда, и это застав-

ляло меня работать в полную меру своих сил, не за страх, а за совесть. Посмотрев как-то на сделанный мной для себя рабочий столик (отнюдь не шедевр столярного искусства), Кренкель вполне серьезно сказал: «Здорово! Теперь сооруди большой стол для кухни...» И я соорудил, тоже, конечно, не шедевр, но работа была одобрена, и он, этот самый стол, прослужил нам в течение всей зимовки.

Помимо работы по прямой специальности мы должны были вести все несложное, но хлопотливое и очень трудоемкое в тех условиях домашнее хозяйство. Нужно напилить снега или наколоть льда для воды (работа примерно равноценная: снег настолько уплотнен, что лопата его не берет), нужно истопить печь и поддерживать в доме чистоту, хотя бы раз в две недели отогреть насквозь промерзшую баню, чтобы в ней можно было и помыться, и выстирать белье, нужно разделать тушу убитого медведя или нерпы, накормить собак и т. д. Придавая большое значение полноценному питанию, Кренкель помимо всех этих работ постоянно выполнял обязанности повара.

Но всего этого Кренкелю казалось мало, и мы по его предложению решили включиться в стахановское движение. Для начала сразу же после окончания полярной ночи мы совместно с гидрологами полярной станции «Мыс Челюскина» Б. И. Даниловым и Ю. М. Барташевичем провели сверх всяких программ рейдовые гидрологические исследования в проливе Шокальского. Вслед за тем Кренкель и Мехренгин, оставив на уже обжитом мысе Оловянном Голубева и меня, вылетели на двух прибывших с мыса Челюскина самолетах Р-5 на остров Домашний и расконсервировали там первую североземельскую станцию, бездействовавшую с 1934 г. Так мы четверо вместо одной полярной станции обеспечили работу хотя и маленьких, но двух полярных станций.

Восстановление работы станции на острове Домашнем досталось Кренкелю и Мехренгину дорогой ценой. В промерзшем домике станции, после того как его начали отапливать, еще долго держалась противная сырость и очень тяжелый, нездоровый воздух, невыносимо воняли размороженные и разлившиеся лекарства из оставленной прежними зимовщиками аптеки. Очень плохо обстояло дело с продовольствием. Малая грузоподъемность самолетов Р-5 позволила Кренкелю взять с собой помимо аварийного радиооборудования только ящик мясных консервов, несколько буханок хлеба, соль, сахар и спички. Ассортимент продуктов, имевшихся на острове Домашнем, оказался скудным и в основном состоял из перемороженных мясных и рыбных консервов, топленого масла, сахара, лежалых, затхлых круп, муки и галет.

В середине июля Мехренгин, а вслед за ним и Кренкель заболели цингой. Болезнь протекала в тяжелой форме: ноги опухли и приобрели странный багрово-синий цвет, появлялась сла-

бость, физическая работа, которая раньше давалась легко, стала непосильно трудной, малейшее напряжение вызывало одышку и головокружение. Иногда удавалось убить медведя, и тогда до отвала ели свежее мясо и, преодолевая отвращение, пили теплую медвежью кровь, но и это уже не помогало.

К счастью, пробившись сквозь очень тяжелые в том году льды, 1 сентября к острову Домашнему неожиданно подошел «А. Сибиряков», на борту которого находилась новая смена станции, теперь уже в составе семи человек. Командовал «Сибиряковым» М. Г. Марков — старый товарищ Кренкеля по экспедиции 1932 г. на том же «А. Сибирякове» и по Челюскинской эпопее 1933—1934 гг. Сибиряковцы приняли Кренкеля и Мехреньгина с самым большим радушием. В их распоряжение было предоставлено все, чем располагали моряки и чего в течение долгого времени были лишены Кренкель и Мехреньгин: прекрасное питание, благоустроенная ванна с изобилием горячей воды и хорошим мылом, чистое белье. Большую радость доставили письма от родных и друзей. И цинга постепенно отступила.

Весной 1937 г. знаменитый советский полярный летчик М. В. Водопьянов, стартовав с острова Рудольфа, впервые в истории доставил на самолете в район Северного полюса научно-исследовательскую станцию «Северный полюс». Радиостом станция был Эрнст Теодорович Кренкель.

Рабочая нагрузка Кренкеля, как и всех его товарищей по дрейфу, была чрезвычайно велика. Четыре раза в сутки он передавал по радио через полярную станцию на острове Рудольфа сводки метеорологических наблюдений и время от времени — обширные донесения, содержащие предварительные отчеты о всех проводившихся дрейфующей станцией научных наблюдениях и исследованиях. Большая радиокорреспонденция шла в адреса центральных и местных газет: люди всего мира проявляли большой интерес к жизни и работе советских полярников на дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана, и не считаться с этим было нельзя. Помимо этого Кренкель занимался наблюдениями за прохождением радиоволн, поддерживал связь с радиолюбителями-коротковолновиками Советского Союза, Европы, Америки, Австралии, Новой Зеландии; вместе с Папаниным и Федоровым он помогал Ширшову в трудоемких глубоководных гидрологических наблюдениях, которые выполнялись тогда с помощью ручной лебедки и требовали многих часов изнурительной работы.

Но самое тяжелое испытание обрушилось на Кренкеля уже в конце дрейфа, в южной части Гренландского моря, когда в результате сильных штормов льдина, на которой находилась дрейфующая станция, распалась на куски, разделенные трещинами и широкими разводьями. Жилую палатку, под которой прошла одна из бесчисленных трещин, пришлось покинуть, а радиостанцию Кренкеля разместить на нартах, чтобы в любой момент ее можно было перевезти из опасного места. Работать на телеграф-

ном ключе под открытым небом, в мороз и ветер было мучительно трудно. Немало хлопот доставляла антенна. Обломок льдины, на котором теперь ютились папанинцы, не превышал по размерам 50 на 30 метров, и, чтобы поставить антенну надлежащей длины, ее приходилось натягивать в виде буквы «Г» или ставить вторую мачту на соседнюю льдину. Но это сооружение было ненадежным, так как льдины все время перемещались.

Кренкель с честью выдержал и это испытание. 19 февраля 1938 г., ориентируясь на радиостанцию Кренкеля, к дрейфующей станции подошли ледокольные пароходы «Гаймыр» и «Мурман», и уже через считанные часы все участники дрейфа и все имущество станции, включая уникальные материалы научных наблюдений, были на борту этих кораблей.

Можно с полной уверенностью утверждать, что, если бы в этих условиях Кренкелю не удалось сохранить радиостанцию в рабочем состоянии, судьба четверки отважных полярников была бы почти наверняка трагической. Не получая радиосообщений Кренкеля о месте дрейфующей станции, корабли-спасатели в зимнем Гренландском море, на границе между сплоченными и разреженными льдами, их бы не нашли.

После окончания дрейфа Кренкель в течение десяти лет работал в центральном аппарате Главсевморпути, был начальником Управления полярных станций Главсевморпути, заместителем начальника и членом коллегии главка. В 1948 г. Кренкель оставил Главсевморпуть и некоторое время работал директором радиозавода. В 1951 г. он перешел в Научно-исследовательский институт гидрометеорологического приборостроения, где проработал до последних дней своей жизни. Одновременно Кренкель вел большую общественно-государственную работу: был депутатом Верховного Совета СССР первого созыва, председателем Федерации радиоспорта СССР, председателем Всесоюзного фиделистического общества. Но при всех неоспоримо очень больших заслугах Кренкеля в московский период его деятельности главным делом его жизни была работа на Северном морском пути — на полярных станциях и в арктических экспедициях.

За большие заслуги в исследовании и освоении Северного морского пути Кренкелю было присвоено звание Героя Советского Союза. Кроме того, он был награжден двумя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени, двумя орденами Красной Звезды, медалями «За оборону Москвы», «За оборону Советского Заполярья», «За победу над Германией», значком «Почетному полярнику». Всесоюзное географическое общество избрало Кренкеля своим почетным членом, Высшая аттестационная комиссия присвоила ему ученую степень доктора географических наук без защиты диссертации.

8 декабря 1971 г. Эрнста Теодоровича Кренкеля не стало. Он скончался в Москве на шестьдесят восьмом году жизни и похоронен на Ново-Девичьем кладбище.

## ИССЛЕДОВАНИЯ НА ДРЕЙФУЮЩИХ ПРОДОЛЖАЮТСЯ...

Н. И. БЛИНОВ, В. Ф. ЗАХАРОВ,  
Б. А. КРУТСКИХ

### РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АРКТИКЕ

Создание на дрейфующих льдах в мае 1937 г. станции «Северный полюс» открыло новую эпоху в исследовании Северного Ледовитого океана. Именно эпоху, потому что все последующие исследования в той или иной мере явились естественным продолжением, логическим развитием этого выдающегося эксперимента. Время, разумеется, вносило свои поправки. Расширялся круг изучаемых явлений и процессов, развивалась измерительная техника, становилась более совершенными снаряжение и оборудование. Претерпели определенные изменения и методы исследований. Но сегодня, как и прежде, дрейфующие станции остаются одним из наиболее эффективных средств изучения центральных районов Арктики.

Идея о создании научно-исследовательской станции на льдах вблизи географического полюса впервые была высказана замечательным норвежским ученым и полярным исследователем Ф. Нансеном. Он указывал на большие преимущества, которые давала бы такая станция для организации длительных систематических наблюдений в океане. В 20-е годы текущего столетия эта идея имела среди полярных исследователей уже много сторонников. Международное общество по изучению Арктики с помощью воздушных средств сообщения «Аэроарктик» (в него входили двадцать стран, в том числе и Советский Союз) одну из главных своих целей видело в организации стационарных наблюдений в Центральной Арктике посредством создания там дрейфующей станции. Открытие станции предполагалось приурочить к Международному полярному году, т. е. к 1932/33 г. Однако этот проект так и не был осуществлен.

Одним из существенных препятствий в создании станции на дрейфующих льдах была неясность, каким образом в район полюса будут доставлены люди и снаряжение будущей станции. Одни считали, что лучше всего это можно сделать с помощью

дирижабля. Другие предлагали использовать самолет, но имели в виду не его посадку на лед, а выброс в район будущей станции людей и снаряжения на парашютах. Третьи настаивали на создании станции с помощью самолета, совершающего посадку в намеченном районе.

Каждая из этих точек зрения имела как положительные, так и отрицательные стороны. Например, посадка на лед самолета без предварительной подготовки посадочной полосы в то время совсем не казалась очевидной. Больше того, по сведениям такого полярного авторитета, каким являлся Р. Амундсен, поверхность льда в Центральной Арктике была исключительно неровной, непригодной для посадки самолетов. Вместе с Я. Рисер-Ларсеном он предупреждал, основываясь на опыте полетов над арктическими льдами: «Не летайте в глубь ледяных полей, пока аэропланы не станут настолько совершенными, что можно будет не бояться вынужденного спуска». Даже спустя более чем десять лет с момента, когда Амундсен начал совершать свои полеты, даже после блестящих полетов советских летчиков в лагерь Шмидта, созданный на льдах после гибели парохода «Челюскин», вопрос о посадке на лед в районе полюса оставался открытым. В этом отношении весьма показательны слова выдающегося полярного летчика П. Г. Головина, летавшего в начале мая 1937 г. с острова Рудольфа в район полюса для выяснения там возможности посадки. Можно сесть или нельзя «было единственным большим вопросом, решения которого никто не знал».

У нас в Советском Союзе горячими поборниками и пропагандистами создания станции в районе Северного полюса были О. Ю. Шмидт и В. Ю. Визе, настойчиво подчеркивающие огромное значение станции для науки. Несмотря на крупные успехи в изучении природы окраинной Арктики, достигнутые к середине 30-х годов, дальнейший прогресс арктической науки был невозможен без распространения исследований на океанические районы. Знания тех лет о Центральной Арктике были совершенно неудовлетворительными, несмотря на чрезвычайно ценные сведения, собранные Ф. Нансеном во время его знаменитого дрейфа на «Фраме», а также Пири при его походе по льдам к Северному полюсу и Амундсеном, Бэрдом, Нобиле, Вилкинсом во время полетов над океаном. Тогдашние представления о строении дна океана, водных массах, ледяном покрове, циркуляции атмосферы, циркуляции вод и льдов, магнитном поле Земли и т. д. большей частью все еще носили гипотетический характер.

Необходимость организации такой станции диктовалась и практическими потребностями, прежде всего запросами развивающегося арктического мореплавания. Освоение Северного морского пути было совершенно немыслимым без глубокого изучения природных условий в арктических морях, и в особенности их ледового режима.

После двухмесячного дрейфа лагеря челюскинцев и многочис-

ленных посадок самолетов на льды в период эвакуации этого лагеря были предприняты практические шаги по созданию в ближайшем будущем в районе полюса научно-исследовательской станции. Предпосылки для выполнения этой задачи были налицо. Выросли кадры полярников и летчиков, обладавших большими знаниями и опытом работы в сложных арктических условиях. Была создана надежная авиационная техника, проведены ее испытания во время полетов в высоких широтах, приобретен опыт посадок самолетов на дрейфующие льды.

Наконец, 21 мая 1937 г. четырехмоторный самолет Н-170; пилотируемый М. В. Водопьяновым и М. С. Бабушкиным, впервые в истории совершил посадку на Северном полюсе. Он доставил сюда весь состав создаваемой станции, получившей название «Северный полюс»: И. Д. Папанина, П. П. Ширшова, Е. К. Федорова и Э. Т. Кренкеля, а также часть снаряжения. Через несколько дней здесь совершили посадку еще три самолета, пилотируемые В. С. Молоковым, А. Д. Алексеевым и И. П. Мазуруком. Оставив на льду героическую четверку исследователей, 6 июня все четыре самолета взяли курс на Большую землю.

Дрейф станции «Северный полюс» завершился успешно. Научные результаты, полученные во время дрейфа, неизмеримо расширили представления о природе Арктического бассейна. Было доказано, что в районе Северного полюса нет и не может быть никакой земли, что теплые атлантические воды, проникающие в Арктический бассейн из Гренландского моря, распространяются до самого полюса, водная толща океана в приполюсном районе населена живыми организмами. Большой интерес вызвали данные о рельефе дна по пути дрейфа, о метеорологических условиях, о морских течениях, дрейфе льда и ветре, силе тяжести, склонении и горизонтальной составляющей силы земного магнетизма, об атмосферном электричестве и полярных сияниях. Успешное завершение дрейфа вместе с тем означало победу нового метода исследований Центральной Арктики.

Широкие перспективы в деле изучения Северного Ледовитого океана открывал также опыт применения авиации при создании станции «Северный полюс». Стало ясно, что научные результаты воздушных экспедиций могут быть значительно углублены и расширены, если наряду с дрейфующими станциями одновременно будут проводиться кратковременные наблюдения в возможно большем числе точек океана. «Опыт нашей экспедиции показал, — писал О. Ю. Шмидт вскоре после возвращения из экспедиции 1937 г., — что возможности самолета как орудия исследования значительно выше, чем предполагалось. Наряду с возможным повторением высадки на лед такой станции, как папанинская, на полюсе или в другом месте Центрального бассейна Арктики можно будет широко применять временные посадки самолета на льдину для производства научных работ в течение нескольких дней или недель. Такая летучая обсерватория сможет

в один сезон поработать в разных местах Арктики. Например, высадившись у «Полюса недоступности» в море Бофорта или в других местах, обсерватория может дать цельную картину процессов во всей Арктике.

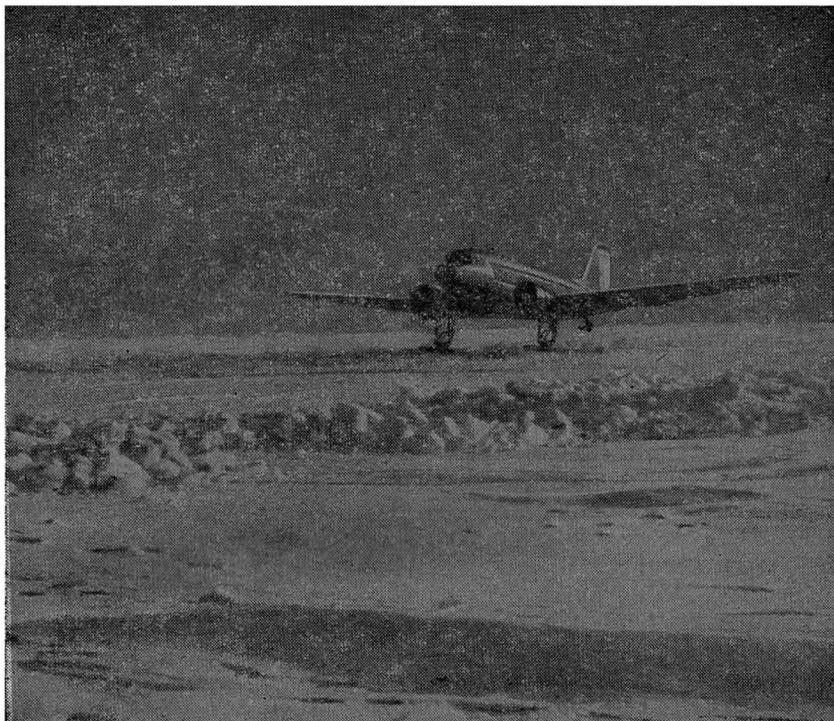
...Выгода такого метода состоит в том, что самолет можно послать в ту именно точку, изучение которой особенно нужно для данной конкретной научной задачи. Притом полеты можно повторять в случае сезонного хода явлений по временам года. А что самолет сумеет сесть в показанном ему районе, в этом теперь уже не может быть сомнений».

Весной 1941 г. самолет «СССР Н-169», пилотируемый И. И. Черевичным, совершил три посадки в районе «Полюса недоступности». Этот район представлял «белое пятно». Гидролог Я. С. Либин, геофизик М. Е. Острекин и метеоролог Н. Т. Черниговский в каждой из этих точек выполнили серию наблюдений над гидрологическими, метеорологическими и геофизическими элементами, измерили глубину океана. Наблюдения показали, что атлантические воды распространяются по всему Арктическому бассейну. Глубина океана здесь значительно меньше измеренной Вилкинсом поблизости от этого района. Температура холодных вод, располагающихся под атлантическими водами, оказалась в районе «Полюса недоступности» несколько выше, чем в районе дрейфа «Фрама», а позднее «Седова»). Успешное завершение работ этой экспедиции показало огромные возможности нового метода исследований Арктического бассейна. «Этот новый способ исследования... является более активным в отношении выбора пунктов исследования, более простым в смысле подготовки и организации станции на дрейфующих льдах и, наконец, более дешевым», — писали участники экспедиции.

Итак, накануне Великой Отечественной войны в Центральной Арктике были опробованы два новых метода исследования: дрейфующие станции, которые позволяли проводить систематические наблюдения над различными природными явлениями и процессами в течение длительного времени, и воздушные экспедиции с посадками на лед в различных районах океана для изучения пространственных закономерностей в распределении различных геофизических элементов. Оба метода дополняли друг друга и служили одной цели — познанию природы районов, долгое время находившихся за пределами человеческих возможностей.

Война прервала исследования в Центральной Арктике по существу в самом их начале.

Только весной 1948 г. Арктический научно-исследовательский институт организует высокоширотную воздушную экспедицию «Север» — так стали именовать экспедицию по изучению Северного Ледовитого океана путем кратковременных наблюдений. Во время этой экспедиции было совершено восемь посадок на лед в приполюсном районе и выполнены разнообразные наблюдения. 27 апреля при выполнении гидрологических работ была



Высокоширотная экспедиция «Север».

измерена неожиданно малая для этих мест глубина — 1290 м. Это измерение положило начало открытию и изучению подводного хребта Ломоносова и коренному пересмотру прежних представлений о рельефе дна Северного Ледовитого океана. На батиметрической карте Арктического бассейна, составленной Я. Я. Гаккелем сразу по возвращении экспедиции в Ленинград, впервые была намечена подводная горная система, протянувшаяся через весь океан от Новосибирских островов к о-ву Элмира. В повестку дня был поставлен вопрос, в значительной мере определивший работу экспедиции на многие годы: обследование этой подводной горной системы.

Результаты работ экспедиции «Север» показали высокую эффективность исследований океана посредством посадок самолетов в заранее намеченные пункты и выполнения там комплекса научных наблюдений. Применение этого метода позволяло за сравнительно короткий срок обследовать весь Арктический бассейн, стереть с географических карт северного полушария обширное «белое пятно». Чтобы добиться этого, следовало расширить масштабы проводимых исследований, распространить их на еще

не изученные районы. Это неизбежно потребовало бы проведения ряда важных организационных мероприятий, связанных прежде всего с использованием большого числа самолетов и с огромной удаленностью районов работ от береговых баз. Кроме того, и это, пожалуй, самое главное, вставал вопрос о кадрах научных работников и полярных летчиков, способных в этих невероятно сложных природных условиях выполнить поставленную задачу.

Все эти вопросы удалось решить в очень короткое время. С каждой новой экспедицией расширялась площадь исследуемых районов, росло число посадок, увеличивался объем научных наблюдений. В одном только 1956 г. (начальник экспедиции Е. И. Толстикова) исследования были выполнены в 160 точках, а с начала работ экспедиции «Север» — свыше 400. Каждая посадка на лед сопровождалась измерением глубины океана, температуры воды на различных горизонтах, отбором проб грунта и воды на химический анализ, измерением элементов земного магнетизма, исследованием физико-механических свойств льда, метеорологическими наблюдениями. В точках, которые служили базами для экспедиции, программа предусматривала долговременную регистрацию различных гидрометеорологических и геофизических элементов.

Работы выполнялись сразу несколькими научными группами на специально приспособленных самолетах. Эти группы высаживались на лед на заранее намеченных точках и выполняли запланированные исследования. Продолжительность пребывания в каждой из точек колебалась от нескольких часов до 2—3 суток и зависела от объема и продолжительности наблюдений.

Ограниченная грузоподъемность самолетов, используемых в экспедиции, потребовала разработки специальных портативных приборов и в целом всего экспедиционного снаряжения.

Впервые в практике океанологических исследований начиная с 1950 г. в экспедициях «Север» нашли применение автоматические метеорологические станции и радиовехи, устанавливаемые на льдах в различных точках Северного Ледовитого океана. Они значительно расширяли возможности изучения дрейфа ледяного покрова и обеспечивали арктические бюро погоды метеорологическими данными из труднодоступных районов.

Работы экспедиции «Север» ознаменовались крупными географическими открытиями, которые не только внесли существенные изменения в географические карты Северного Ледовитого океана, но и в сильнейшей степени изменили и уточнили представления о происходящих в нем природных процессах. Благодаря широкой комплексности исследований, отличающей работу этих экспедиций с самого их начала, представилось возможным изучать одновременно широкий круг взаимосвязанных явлений и процессов в высоких широтах.

Промерами глубин рассеяны многочисленные легенды о мифических землях в Арктическом бассейне: Земле Макарова, Зем-

ле Санникова, Земле Крокера, Земле Андреева и др. Ушло в прошлое представление о рельефе дна Северного Ледовитого океана как о единой глубоководной чаше. Открыта особая аномалия магнитного поля Земли в Арктическом бассейне. Собраны обширные данные о характере ледяного покрова (сплоченности, возрасте, торосистости, заснеженности), а также физико-механических свойствах льда. Изучена вертикальная структура вод, выявлены условия распространения водных масс в пределах Арктического бассейна и их теплосодержание. Получены сведения о течениях в океане. Собраны данные о метеорологических условиях, о вертикальной структуре атмосферы, воздушных течениях и т. д.

В конце 50-х годов произошел некоторый, впрочем вполне объяснимый, спад исследований, выполняемых экспедицией «Север». Это касается главным образом наблюдений в Арктическом бассейне. Цель, поставленная перед этой экспедицией на ее первом этапе, — получить достаточно полное представление о наиболее крупных физико-географических особенностях центральных районов Арктики — была достигнута. Теперь требовалось время, чтобы осмыслить и обобщить полученные данные, до конца разобраться в том обилии фактов, которые собрала экспедиция в течение ряда лет. Возобновить в широком масштабе работы в Арктическом бассейне следовало лишь после того, как на основе уже имеющихся данных могла быть сформулирована новая крупная научная задача.

Кроме того, высокоширотная воздушная экспедиция в силу ряда причин не могла ответить на многие важные вопросы гидрометеорологического режима Северного Ледовитого океана. Она позволяла получить ясную картину распределения элементов этого режима по всей акватории Арктического бассейна или отдельных его районов, но только в весенний период. В другое время года посадки на лед просто невозможны или сопряжены с громадным риском. А между тем для понимания физической стороны явлений и процессов, для выявления существующих в природе взаимосвязей необходимы длительные систематические наблюдения. Такие наблюдения могли быть поставлены только на дрейфующих станциях. Кроме того, уже давно ощущалась острая потребность в систематических метеорологических данных из районов Центральной Арктики. Отсутствие этих данных затрудняло, если не сказать исключало вовсе исследование атмосферных процессов за пределами окраинной Арктики. Нужны были эти данные и в повседневной прогностической практике.

Именно поэтому центр тяжести в исследованиях переносился теперь на дрейфующие станции, которые могли, опираясь на результаты высокоширотных воздушных экспедиций, изучать процессы и явления в их развитии и взаимосвязи.

В апреле 1950 г. примерно в 600 км к северо-востоку от острова Врангеля Арктический научно-исследовательский институт

создал первую после папанинской дрейфующую станцию «Северный полюс-2». Возглавил эту станцию М. М. Сомов. Спустя год станция закончила свою работу в точке 81°45' с. ш., 163°48' з. д., получив весьма ценные материалы по океанографии, метеорологии, аэрологии, геофизике, физике льда этого района океана.

После трехлетнего перерыва в 1954 г. наблюдения на дрейфующих льдах были продолжены. Было признано целесообразным, чтобы одновременно в Арктическом бассейне работали две дрейфующие станции, выполняя широкий комплекс стандартных и специальных наблюдений. Во исполнение этого решения высокоширотная воздушная экспедиция под руководством В. Ф. Бурханова создала на дрейфующих льдах две станции: «Северный полюс-3», возглавляемую А. Ф. Трешниковым, и «Северный полюс-4», возглавляемую Е. И. Толстиком. Первая из этих станций начала свой дрейф в приполюсном районе, вторая — к северу от острова Врангеля.

С тех пор на дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана постоянно несут научную вахту две советские станции «Северный полюс».

С начала работы первой такой станции в 1937 г. и до настоящего времени — сейчас функционируют станции «Северный полюс-21» и «Северный полюс-22» — суммарная продолжительность работ составила около 18 000 суток.

Современная дрейфующая станция по своим задачам, по широте и объему выполняемых исследований, по оснащению приборами и оборудованием представляет собой в полном смысле этого слова научно-исследовательскую обсерваторию.

Она оснащена совершенной научной аппаратурой, всевозможным техническим и бытовым оборудованием. Обычными стали: быстродействующая аппаратура, дистанционные устройства, радиолокаторы, глубоководные электрические лебедки, измерители высоты облачности, автоматические метеорологические приборы, дизельные электростанции, гусеничные тракторы, разборные щитовые домики и т. п. Естественно, что вес снаряжения и оборудования такой станции в 10, а то и в 15 раз превосходит вес всей папанинской станции.

Лагерь современной дрейфующей станции представляет собой небольшой поселок из разборных домиков, палаток и павильонов, общее число которых иногда достигает 25—30. В них размещаются: кают-компания, камбуз, амбулатория, радиостанция, различные лаборатории, дизельная электростанция, баня, гараж для транспорта. На случай угрожающих ситуаций (разломы, торожения) имеются аварийно-спасательные средства, включая надувные клиперботы, сани-волокуши с многодневным запасом продовольствия, газа, радиостанцией, климатической одеждой и т. п.

Коллективы станций насчитывают теперь в среднем 15—20 человек, из которых 12—15 научных сотрудников, непосред-

ственно отвечающих за выполнение программы наблюдений, специалистов различных отраслей науки: океанологи, ледоисследователи, гидробиологи, метеорологи, магнитологи и т. п.

Специфические условия выполнения научно-исследовательских работ в высокоширотных воздушных экспедициях и на дрейфующих станциях потребовали создания легких портативных и прочных приборов и оборудования. Особенно это касалось океанологической техники, которая у нас в стране и за рубежом разрабатывалась применительно к судовым условиям, где вес не играл существенного значения. В Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте под руководством Ю. К. Алексеева была сконструирована и построена целая серия океанологических приборов, начиная с лебедки для глубоководных наблюдений и кончая посыльными грузиками. Эти приборы сразу же нашли широкое применение в практике исследований Арктического бассейна и окраинных морей, так как они удовлетворяли всем предъявляемым требованиям и в то же время были удобны в обращении и транспортировке.

Лебедка «Северный полюс» для глубоководных гидрологических наблюдений весом около 120 кг обеспечивала работы со льда до глубин свыше 5000 м. Она была снабжена бензиновым или электрическим мотором, что целиком исключало ручной труд при подъеме приборов на поверхность. Облегченные батометры ААНИИ каждый весом 1,3 кг позволили выполнить наблюдение на больших глубинах в две серии, что существенно сокращало время производства станции. Для измерения течений были созданы буквопечатающие самописцы течений конструкции Ю. К. Алексеева (БПВ-2, БПВ-2р, БПВ-6).

Приборы позволяли автоматически производить регистрацию элементов течения на любой глубине через заданные интервалы времени без подъема их на поверхность. Для непрерывной регистрации дрейфа льда М. В. Извековым были разработаны два вида дрейфографов: маятниковый и шагающий. Для измерения глубины места на дрейфующих станциях Ю. Гробовиковым (гидрографическое предприятие ММФ) был создан глубоководный эхолот «Полюс». Широкое применение в практике гидрологических работ нашли мотобур, электромагнитный измеритель толщины льда, бифелярная электровертушка Н. И. Теляева, многократный батометр, фототермограф, грунтовые трубки и т. д. В ААНИИ была разработана дрейфующая автоматическая радиометеорологическая станция для регистрации и передачи в эфир данных о ветре, температуре, давлении и влажности.

Серия приборов была создана для геофизических наблюдений. Среди них магнитная вариационная станция, ионосферная станция, станция наклонного зондирования, риометры.

Исследования на дрейфующих станциях дали в руки ученых богатый фактический материал, который послужил основой для многих обобщений в области полярной метеорологии, аэрологии,

океанологии, геофизики, геологии, биологии океана. Данные о погоде служили также оперативным целям и широко использовались в прогностической практике, ибо позволяли судить о характере атмосферных процессов на просторах океана. Особую ценность они приобретали в навигационный период, когда осуществлялось плавание транспортных судов по трассе Северного морского пути. Собранные на дрейфующих станциях материалы позволили вскрыть ряд механизмов взаимодействия океана и атмосферы, показать, что атмосферные процессы в высоких широтах теснейшим образом связаны с процессами над всем северным полушарием. Было также доказано, что гидрометеорологические условия в Арктическом бассейне, как и в окраинных морях, претерпевают значительные межгодовые колебания. Установление этого факта привело к необходимости исследования причин колебаний, так как прогресс в области долгосрочного прогнозирования невозможен без знания факторов, регулирующих изменчивость явлений. Учитывая, что как атмосферные, так и океанические процессы в Северном Ледовитом океане тесно связаны с процессами вне Арктики, и в особенности вне умеренных широт, стало ясно, что изучение причин межгодовой изменчивости различных гидрометеорологических условий невозможно без широких экспериментальных исследований по специальной программе.

В конце 60-х годов ААНИИ совместно с другими учреждениями ГУГМС предпринял попытку разработать такую программу (программа НЭВ — натурный эксперимент взаимодействия). Позднее, в 1970 г., под руководством А. Ф. Трешникова эта программа была значительно усовершенствована и получила название ПОЛЭКС (полярный эксперимент). Практические шаги по претворению в жизнь этой программы были сделаны уже весной 1973 г., когда приступила к работе крупнейшая в истории арктических исследований высокоширотная воздушная экспедиция «Север-25» (начальник экспедиции Н. И. Блинов). Цель экспедиции — получить данные о состоянии атмосферы и гидросферы в Арктическом бассейне и в северных районах окраинных морей. Поставленная задача решалась посредством океанологической съемки, включающей наблюдения в 182 точках, и сопровождавших эту съемку метеорологических наблюдений.

Полученные в экспедиции материалы предусматривалось сразу же использовать в ряде теоретических моделей, описывающих некоторые физические процессы, происходящие в океане и атмосфере в отдельности и в их взаимодействии.

В ближайшие годы предполагается продолжить исследования Северного Ледовитого океана в рамках программы полярного эксперимента. Эти исследования позволят ученым лучше понять физические причины изменения во времени и в пространстве различных гидрометеорологических элементов и в целом климатических и ледовых условий этого района Мирового океана.

А. Ф. ТРЕШНИКОВ, Е. Г. НИКИФОРОВ,  
Н. И. БЛИНОВ

## ИТОГИ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ДРЕЙФУЮЩИХ СТАНЦИЯХ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС»

Зачем мы летели на полюс? Нашей задачей не было только достижение Северного полюса. Люди там бывали и до нас...

Успех не был случайным... Мы верили в свои силы и знали, что за нами — вся наша родная страна. Нас интересовало все.

*И. Д. Папанин.* ДАН СССР, 1938,  
т. XIX, № 8.

Многочисленные попытки достичь Северного полюса, предпринимавшиеся в конце XIX — начале XX в., не могут не вызывать уважения. Они, бесспорно, стоят в ряду блестящих побед человека в противоборстве с могучими силами природы. Гигантские трудности, требовавшие от участников всех физических и нравственных сил, практически не оставляли им возможности для проведения научных исследований, и только систематические и длительные исследования на дрейфующих льдах помогли раскрыть тайны природы Центральной Арктики.

Какими же средствами можно было организовать такие исследования? Дрейф знаменитого «Фрама», проходивший недалеко от внешнего края материковой отмели Евразии и огибавший на значительном расстоянии (более 400 км) приполюсный район, приоткрыл завесу тайны над Арктическим бассейном, но одновременно еще раз показал, что возможности исследования центральной части бассейна с помощью дрейфующих судов невелики. Все известные к тому времени дрейфы судов, как и дрейф «Фрама», проходили по периферии Арктического бассейна, оставляя в стороне его центральную часть и обширные районы, лежащие между полюсом и Американским континентом. Следовательно, нужно было найти другие средства для проникновения в глубинные районы Арктического бассейна.

И снова горячий поборник исследования Арктики Ф. Нансен, опираясь на свой опыт и авторитет выдающегося полярного исследователя, а также на современные ему достижения в воздухоплавании, выступил с предложением об устройстве научно-ис-

следовательских станций на дрейфующем льду. Доставка в заранее намеченные точки Арктического бассейна необходимых грузов и персонала станции, а затем и снятие его со льда должны были осуществляться с помощью дирижабля. Однако эту идею Ф. Нансену осуществить не удалось (4). Главной причиной неудачи явилось, по-видимому, отсутствие в то время практических интересов в исследовании этих районов.

Время для этого пришло, когда перед нашей страной встала задача освоения Северного морского пути, а также обеспечения трансарктических перелетов через Северный полюс в Америку. Вот как кратко и в то же время емко писал об этом И. Д. Папанин в статье «Покорение полюса», из которой взят эпиграф к настоящему обзору: «Одно посещение полюса ничего не давало науке и практике. Советские полярники исподволь вели наступление на Арктику. С каждым годом они проникали все дальше и дальше на север. Подошло время, когда Северный полюс стал нам нужен, когда сведения о Центральной Арктике стали нам крайне необходимы. И тогда было решено не только достичь полюса, но и покорить его, заставить служить науке и прогрессу».

21 мая 1937 года, немногим более четверти века назад, в районе Северного полюса с самолетов была высажена на лед первая дрейфующая станция, получившая теперь название «Северный полюс-1». Так сорок лет спустя после дрейфа «Фрама» четверка папанинцев положила начало исследованиям Арктического бассейна с помощью долговременных научно-исследовательских станций «Северный полюс». Одновременно была доказана возможность проведения кратковременных исследований на дрейфующем льду с помощью самолетов, совершающих посадки в заранее заданных точках бассейна.

Однако столь успешно начатые исследования были прерваны Великой Отечественной войной, поэтому началом систематической работы дрейфующих станций и воздушных высокоширотных экспедиций следует считать 1950—1954 гг., когда были открыты станции СП-2 (1950 г.), СП-3 и СП-4 (1954 г.), работавшие под руководством М. М. Сомова, А. Ф. Трешникова и Е. И. Толстикова. С весны 1954 г. и до настоящего времени в Арктическом бассейне, как правило, работают по две дрейфующие станции, производящие как систематические и непрерывные наблюдения по широкой программе, так и уникальные целенаправленные исследования отдельных явлений. Эти непрерывные круглогодичные наблюдения существенно дополняются плановыми съемками, производимыми воздушными высокоширотными экспедициями.

Рассмотрим итоги океанологических исследований, проводившихся на дрейфующих станциях, придерживаясь поэлементного изложения и везде, где это возможно, указывая те результаты, которые послужили отправными пунктами для последующих как теоретических, так и натуральных исследований.

## Рельеф дна

До знаменитого дрейфа «Фрама» морфометрия Арктического бассейна являлась объектом всевозможных более или менее обоснованных гипотез. Измерения глубин, выполненные с «Фрама», приводили к выводу о том, что бассейн представляет собой глубоководную океаническую впадину со сравнительно ровным дном и средней глубиной около 3000 м. Результаты измерения глубин, выполненных со станции СП-1, подтверждали это. В самом деле, в районе Северного полюса была измерена глубина в 4290 м. В 1941 г. воздушная высокоширотная экспедиция в районе Полюса относительной недоступности измерила глубины, превышающие 3000 м. Таким образом, и в западной и в восточной частях Арктического бассейна промеры указывали на преобладание глубин около 3000 м.

В то же время промеры, произведенные со станции СП-1, подтвердили предположение Ф. Нансена о существовании подводного хребта (порога Нансена), перегораживающего пролив Фрама (пролив между Гренландией и Шпицбергенom) (24).

Изложенные представления о рельефе дна бассейна широко распространились и стали хрестоматийными.

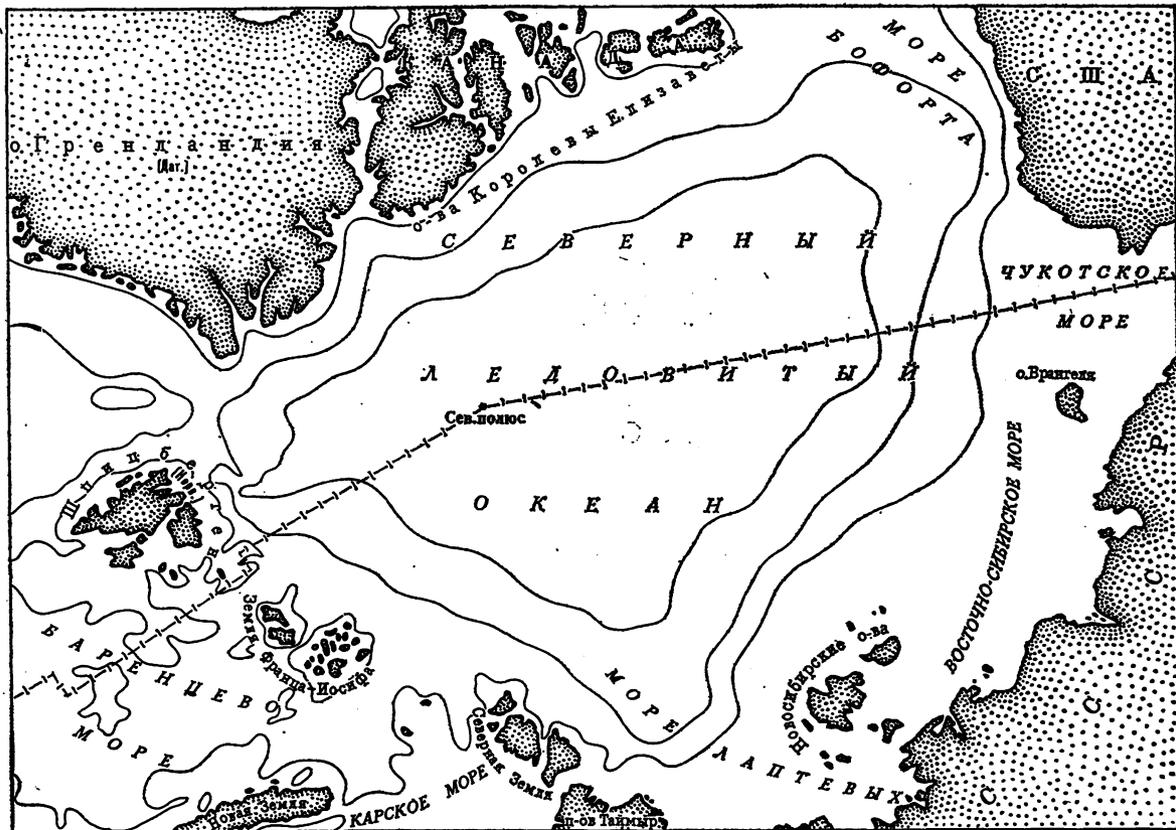
Однако в 1948 г. во время океанографических работ в бассейне воздушной высокоширотной экспедицией в 200 милях от полюса была измерена глубина в 1290 м. Дополнительные промеры, сделанные на следующий год, а также ряд косвенных данных (20) говорили о существовании огромного трансарктического подводного хребта, пересекающего Арктический бассейн почти по меридиану — от Новосибирских островов до о-ва Элсмир. Этот хребет был назван хребтом М. В. Ломоносова (5).

В различные годы дрейфующие станции неоднократно пересекали этот хребет в различных его частях. Данные промеров станций СП и высокоширотных экспедиций, а также работы американских исследователей привели в последнее десятилетие к ряду новых открытий. Было установлено, что Арктический бассейн расчленен тремя подводными хребтами на ряд глубоководных котловин. В соответствии с предложенной в работе (22) единой географической номенклатурой это хребет *Гаккеля*, представляющего самый северный фрагмент рифтовой зоны Срединно-Атлантического хребта; *хребет Ломоносова* \*, упоминавшийся выше, и, наконец, *хребет Менделеева*, который вместе с поднятием Альфа образует горную систему, протянувшуюся от острова Врангеля к восточной части Канадского арктического архипелага.

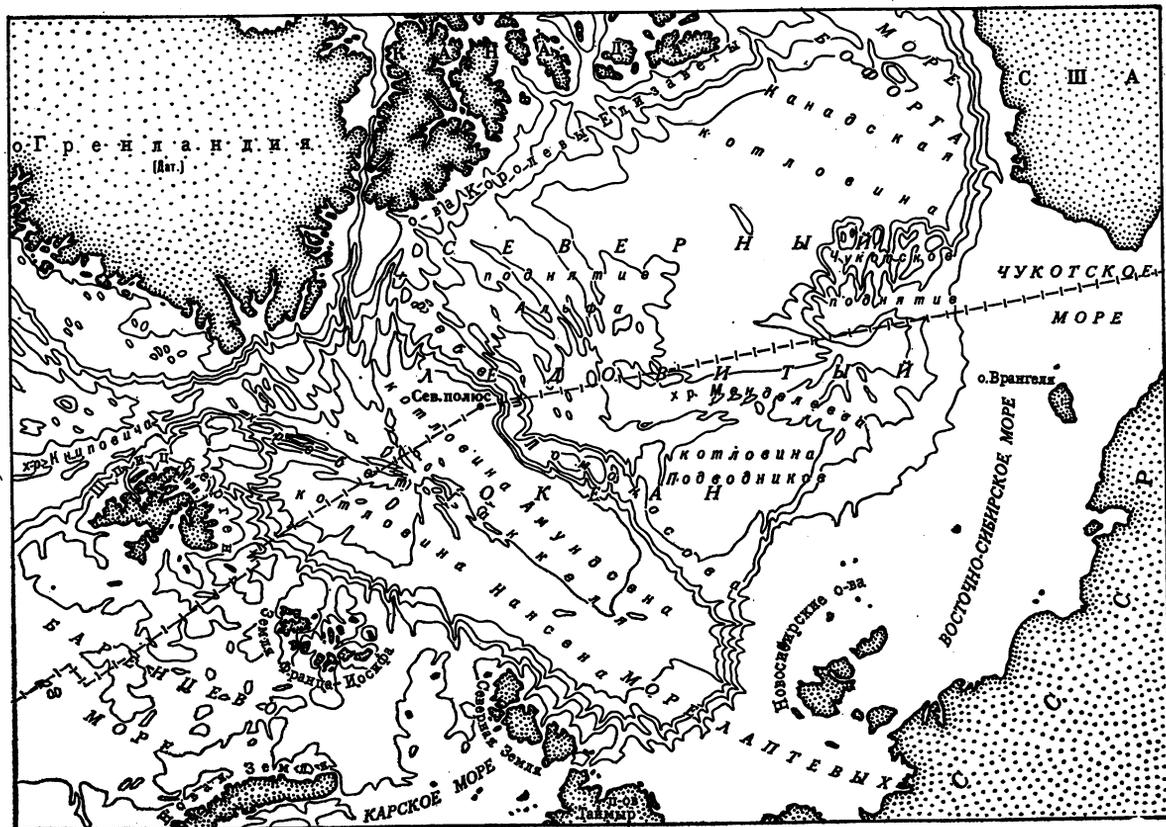
Таким образом, работы дрейфующих станций СП и высокоширотных экспедиций привели к крупным географическим от-

---

\* По новой номенклатуре хребет Ломоносова делит Арктический бассейн на два суббассейна — Евразийский и Американийский.



Рельеф дна Арктического бассейна, по представлениям, существовавшим до 1948 г.



Рельеф дна Арктического бассейна, по современным данным

крытиям, в результате которых кардинально изменились представления о морфометрии Арктического бассейна. Вместо одной глубоководной с ровным рельефом дна океанической котловины, как считали до 1948 г., перед исследователями предстала абиссальная область бассейна сложного строения, целая горная страна, расчлененная подводными хребтами и поднятиями дна на многочисленные подводные котловины.

Эта разница между прежними и новыми представлениями о рельефе дна бассейна особенно контрастна при сравнении карт.

Колонки грунтов, добытые со дна Арктического бассейна на дрейфующих станциях, позволили изучить условия осадконакопления в бассейне и пролить новый свет на его геологическую историю.

В частности, Я. Я. Гаккель пришел к выводу, что в районе хребта Ломоносова и в особенности в районе хребта, названного впоследствии его именем, была развита активная вулканическая деятельность, которая, возможно, продолжается и в наше время (6). В. Н. Сакс по геологическим данным, в том числе полученным на станциях СП, установил, что сравнительно недавно (70—110 млн. лет тому назад) хребет Ломоносова выходил на дневную поверхность океана (18). Аналогичные предположения относительно порога Нансена и Берингова пролива были высказаны Н. А. Беловым и Н. Н. Лапиной (2).

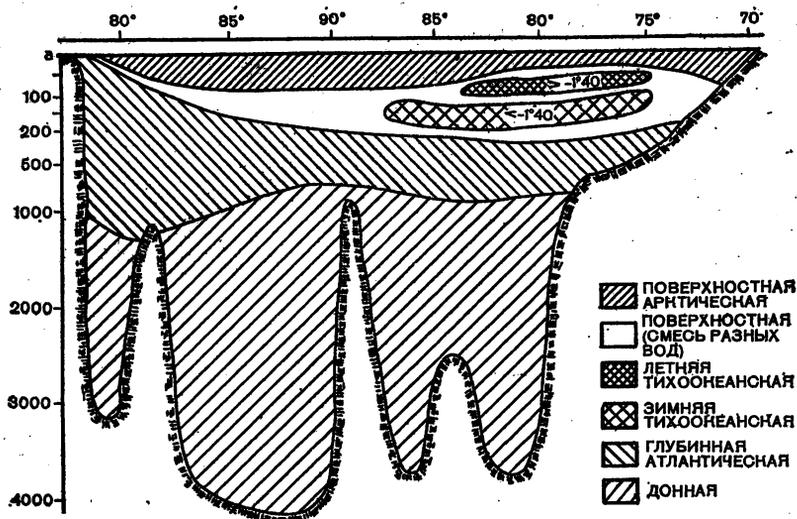
Все это наводит на мысль о вероятных причинах крупных климатических изменений в Северном Ледовитом океане в геологическом прошлом.

Наконец, нельзя не упомянуть о роли океанографических наблюдений в планировании исследований по морфометрии Арктического бассейна и в истолковании их результатов. Укажем только на два факта.

В 1946 г. И. В. Максимов произвел анализ приливных явлений по материалам экспедиции к Полюсу относительной недоступности. Для объяснения их неожиданно больших амплитуд И. В. Максимов предположил существование значительного поднятия дна в районе  $81^{\circ}30'$  с. ш. и  $180^{\circ}$  долготы (14). В эти же годы указывались и многие другие явления, наиболее простые объяснения которых требовали допущения существования больших поднятий дна бассейна (21).

Поэтому открытие хребтов Ломоносова и Менделеева не было большой неожиданностью для исследователей-полярников.

После открытия хребта Ломоносова в 1949 г. анализ термohалинных характеристик донных вод, выполненный В. Т. Тимофеевым, показал существование постоянной и значительной (около  $0,4^{\circ}\text{C}$ ) разницы в температурах донных вод, расположенных к западу и к востоку от хребта. Это указывало на то, что хребет представляет собой сплошной порог с максимальными глубинами около 1000 м, препятствующий проникновению холодных донных вод в восточные котловины Арктического бассейна.



Распределение водных масс на разрезе от Чукотского моря через Северный полюс до пролива Фрама по меридиану 0—180°

## Водные массы

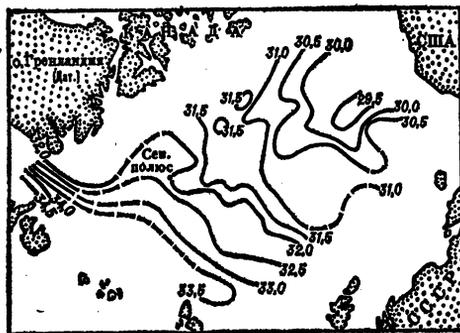
Основы систематического изучения водных масс Арктического бассейна заложены Ф. Нансеном в его классических трудах по океанографии Северного Ледовитого океана (31, 32). Он подразделил толщу вод бассейна на три слоя: поверхностные, атлантические и глубинные воды.

П. П. Ширшов по материалам станции «Северный полюс-1» выделил верхний промежуточный слой (26), а В. Т. Тимофеев (23), по более обширным данным, выделил два промежуточных слоя, образующихся от смешения основных слоев вод, определенных еще Ф. Нансеном.

По современным исследованиям (15, 21, 23 и др.), основными водными массами Арктического бассейна являются: поверхностные, промежуточные, глубинные атлантические и донные воды. Наиболее полное описание водных масс дал А. Ф. Трешников в 1954 г. (20), вскрыв одновременно ряд существенных закономерностей в процессах формирования вод и их структуры.

Поверхностные воды Арктического бассейна отличаются пониженной соленостью — до 29,5‰ и температурой до  $-18^{\circ}\text{C}$ . Для них характерно, что зимой в любом районе бассейна температура воды равна или близка к температуре замерзания при данной солености. Мощность же их слоя ограничивается глубиной проникновения зимней конвекции (до 50—75 м).

Карта распределения солености говорит о том, что в верхнем 25-метровом слое соленость воды в Центральной Арктике ниже,



Распределение солености воды в слое 0—25 м в Арктическом бассейне

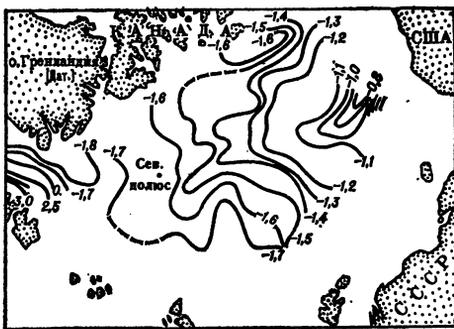
чем в северных частях морей сибирского шельфа. На эту особенность обратил внимание Н. Н. Зубов еще в 1935 г. (10). П. П. Ширшов, как уже указывалось (25), подразделил поверхностные воды Евразийского суббассейна на два слоя: самый верхний, от 0 до 25—50 м, с однородной соленостью и расположенный ниже, от 50 до 100 м, с более низкой температурой и резко возрастающей соленостью. Такое подразделение, как отмечает А. Ф. Трешников (19), в то время казалось загадкой, но сейчас эти факты уже можно объяснить: сравнительно распресненные воды, поступающие из моря Бофорта в Евразийский суббассейн, вследствие зимней вертикальной конвекции, обусловленной процессами ледообразования, становятся однородными и натекают на более плотные промежуточные воды, постепенно все более перемешиваясь с ними.

В то же время пресные воды сибирских рек, стекающие в арктические моря сибирского шельфа, полностью перемешиваются с солеными нижележащими водами атлантического происхождения еще в пределах этих морей.

Таким образом, как обнаружил А. Ф. Трешников, положение, высказанное Ф. Нансеном в 1902 г., о том, что слой поверхностных вод образуется от смешения вод сибирских рек с солеными морскими водами, нуждается в уточнении, а именно в формировании поверхностных вод Арктического бассейна важную роль играют также промежуточные воды (19).

*Промежуточные водные массы.* П. П. Ширшов, выделяя по данным станции СП-1 промежуточный холодный слой, располагал наблюдениями лишь в западной части Арктического бассейна. В 1950 г. в восточной части бассейна была высажена первая из послевоенных дрейфующих станций — станция «Северный полюс-2». Под сильно распресненными и выхоложенными поверхностными водами научные работники станции обнаружили прослойку относительно теплых вод, температура которых достигала — 1,1°С. Тогда же было высказано предположение, что это воды тихоокеанского происхождения. В дальнейшем аналогич-

Распределение температуры воды на глубине 75 м

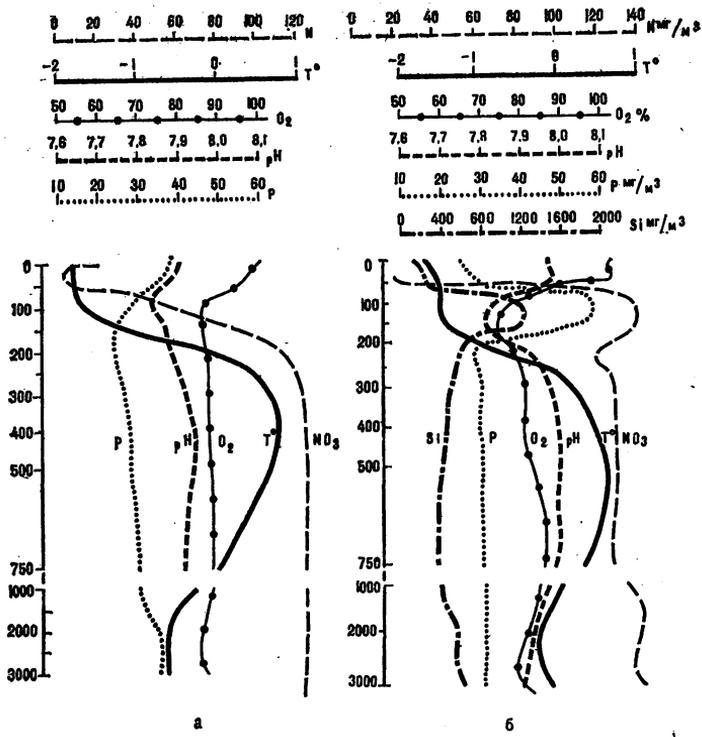


ные наблюдения были собраны и на станциях СП-3 и СП-4 и воздушными экспедициями. Стало ясно, что повышение температуры в этом слое с максимумом на горизонте 75 м характерно для многих районов Американо-Азиатского суббассейна. Проследим за распространением этой прослойки. Карта распределения температуры воды на горизонте 75 м, составленная А. Ф. Трешниковым в 1954 г. (19), дает уже достаточно оснований предполагать, что рассматриваемые воды являются продолжением аляскинской ветви Тихоокеанского течения, проходящего через Берингов пролив в Чукотское море. Теплые летом воды течения в той или иной степени перемешиваются с пресными водами рек Аляски, впадающих в море Бофорта. Кроме того, встречая здесь льды, эти воды быстро охлаждаются и еще несколько опресняются, но плотность их все же оказывается существенно большей, чем у поверхностных вод, и они опускаются в промежуточные слои. Ядро относительно теплых вод в слое 50—100 м сохраняется длительное время, постепенно перемешиваясь с вышележащими и нижележащими холодными водами, и наконец на подходах к Северному полюсу они теряют свою индивидуальность, становясь неразличимыми по термохалинным характеристикам.

Коучмен и Барнес (28) показали, кроме того, что воды слоя 50—100 м могут формироваться и в подводных каньонах, врезающихся в окраинные арктические моря.

Дополнительным доказательством проникновения летних тихоокеанских вод в приполюсные районы является наличие тихоокеанского планктона, который неоднократно обнаруживался в указанном слое на станциях к северу от моря Бофорта и почти до самого Северного полюса (3).

Ниже летних тихоокеанских вод и также почти повсеместно в Американо-Азиатском суббассейне наблюдается слой с минимумом температуры. Он располагается на глубинах 150—200 м, температура его вод ниже  $-1,4^{\circ}$  С. Анализ содержания в этих водах растворенного кремния привел к выводу, что это тихоокеанские воды зимнего происхождения (16), необычно для Арктического



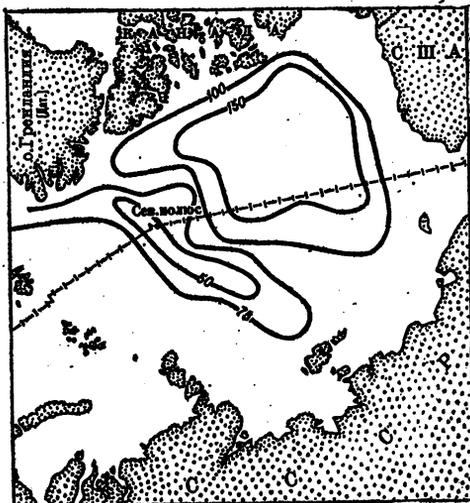
Вертикальное распределение температуры воды и химических элементов в Арктическом бассейне:  
 а) в Евразийском  
 б) в Американском суббассейне

бассейна богаты кремнием — до 2500 мкг/л (в Чукотском море). Ранее такое же предположение относительно происхождения холодной прослойки было высказано на основании анализа Т — S диаграмм Коучменом и Барнесом (29).

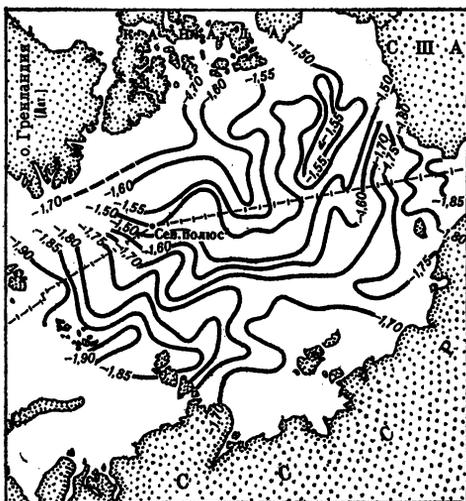
Влияние зимних тихоокеанских вод отчетливо сказалось на гидрохимических характеристиках промежуточных вод всего Амеразийского суббассейна: в слое зимних тихоокеанских вод наблюдается максимальное содержание всех биогенных элементов. Концентрация кислорода  $O_2$  и активная реакция pH имеют минимум под этими водами (подробнее об этом см. 15, 16).

Однако, как уже отмечалось выше, следы летних и зимних тихоокеанских вод, судя по их термохалинным характеристикам, теряются уже на подходах к хребту Ломоносова. Дальнейшую их судьбу позволили проследить новые данные по содержанию кремния в промежуточных водах Амеразийского и Евразийского суббассейнов. Как видно на этой карте, обогащенные кремнием воды, с концентрацией от 500 до 1000 и 1500 мкг/л, достигают не только Северного полюса, но и берегов Гренландии и

**Глубина залегания максимального содержания кремния в Арктическом бассейне**



**Распределение минимальных температур промежуточных вод в Арктическом бассейне**



Канадского архипелага, где, очевидно, вовлекаются в течения и в трансформированном виде выносятся из Арктического бассейна.

Из этого следует, что промежуточные воды Евразийского суббассейна в значительной мере состоят из сильно трансформированных вод тихоокеанского происхождения. С другой стороны, на карте видно, что холодные и соленые воды, образующиеся к северу от Карского моря и моря Лаптевых, распространяются далее в виде зимних промежуточных вод примерно на тех же

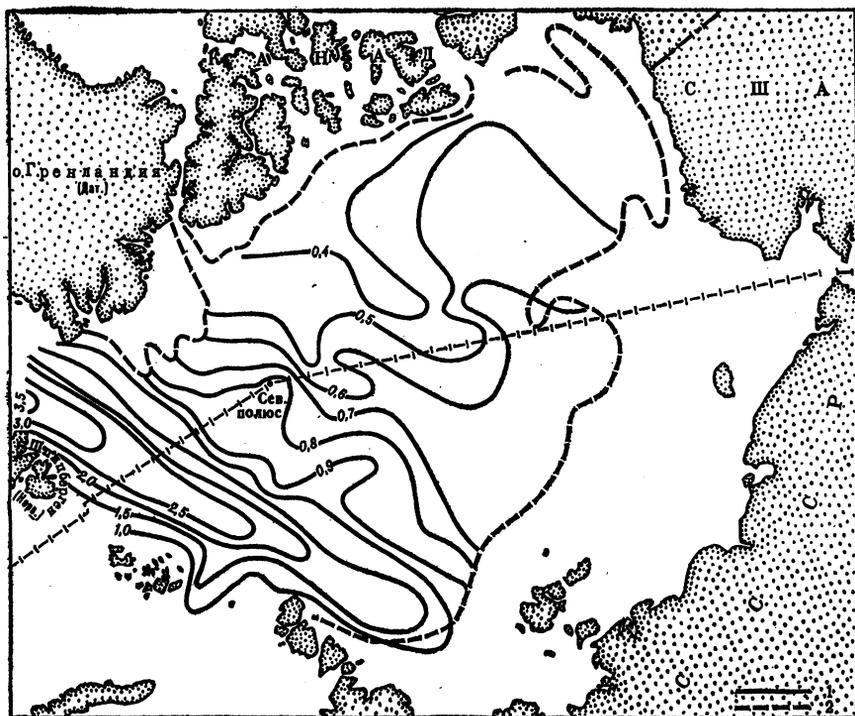
горизонтах, что и зимние тихоокеанские воды, отличаясь от них только по пониженному содержанию кремния. Есть основания предполагать, что воды аналогичного образования наблюдаются почти по всей периферии Арктического бассейна — там, где циркуляционные условия приводят к подъему вод на внешнем крае шельфа, например, к северу от Гренландии и Канадского Арктического архипелага.

Таким образом, промежуточные воды Евразийского суббассейна состоят частью из сильно трансформированных вод тихоокеанского происхождения, частью из зимних промежуточных вод. Отличительной же особенностью промежуточных вод Арктического бассейна вообще является их сравнительно быстрая термическая и в меньшей мере соленосная трансформация вследствие перемешивания с поверхностными и глубинными атлантическими водами.

*Глубинные атлантические воды.* Впервые теплый слой атлантических вод был обнаружен в Арктическом бассейне во время дрейфа «Фрама» в 1893—1896 гг. Ф. Нансен показал, что эти воды — продолжение теплого Атлантического течения, вступающего в пределы бассейна в виде ветви, называемой сейчас Западношпицбергенским течением. При входе в бассейн его высокосолёные и плотные по этой причине воды опускаются на глубину и в виде более холодных вод возвращаются в Североевропейский бассейн, подстилая распресненные воды холодного Восточногренландского течения. Однако оставалось неясным, как далеко проникают эти воды в глубь Арктического бассейна.

Наблюдения дрейфующей станции «Северный полюс-1» показали, что атлантические воды, хотя и охлажденные на 1,5—2,0° С и в менее мощном слое, но сохраняющие положительные температуры, наблюдаются в районе Северного полюса. Это дало возможность П. П. Ширшову высказать предположение: «Атлантические воды идут не только на восток, но широко распространены и в Центральной части Полярного бассейна и, очевидно, заполняют его целиком» (24). Последующими советскими экспедициями установлено, что глубинные атлантические воды с положительными температурами действительно распространяются во всем Арктическом бассейне.

Используя данные дрейфующих станций СП-1, 2, 3 и 4, воздушных экспедиций и плавания л/п «Седова», полученные ими во время дрейфа в бассейне, А. Ф. Трешников в 1954 г. построил карту, впервые подробно характеризующую эти воды (19), а также (20, 21), карту, показывающую распределение в бассейне максимальных температур в стержне атлантических вод. Она иллюстрирует тот факт, что атлантические воды, струя которых распространяется почти по прямой от пролива Фрама к центру моря Лаптевых, теряют более  $\frac{2}{3}$  теплозапаса в западной части Евразийского суббассейна. По данным В. В. Панова и



Распределение максимальных температур глубинных атлантических вод в Арктическом бассейне:

1 — Изотермы; 2 — Граница континентального склона

А. О. Шпайхера (17), значительная часть тепла теряется также в арктических морях — около 17%. В настоящее время можно считать доказанным, что колебания в притоке тепла атлантических и летних тихоокеанских вод в Арктическом бассейне существенно сказываются на ледовогидрологических условиях окраинных арктических морей.

Донные воды располагаются ниже слоя атлантических вод и заполняют глубоководные впадины Арктического бассейна. Ф. Нансен установил, что эти воды проникают в Арктический бассейн из Гренландского моря.

Как показали данные указанных выше станций, характерным отличием в распределении температуры донных вод в бассейне является то, что в Евразийском суббассейне она опускается до  $-0,8^{\circ}\text{C}$  при солёности 34,94—35‰, в Американо-Азиатском же суббассейне температура воды не опускается ниже  $-0,40^{\circ}\text{C}$ , а солёность равна 34,90—34,94‰.

Существенно отличаются донные воды суббассейнов и по содержанию кислорода. Более холодные придонные воды Евразий-

ского суббассейна характеризуются пониженным содержанием кислорода — около 75%. В придонных водах Амеразийского суббассейна относительное содержание кислорода выше и достигает 82%. Это навело на мысль, что донные воды, заполняющие впадины между хребтом Ломоносова и морем Бофорта, образовались, по-видимому, в Евразийском суббассейне в результате смешения нижней части теплых атлантических и верхней части холодных донных вод. Эти воды, переваливая хребет Ломоносова, и слагают донные воды Амеразийского суббассейна.

В пользу этого предположения говорит также факт существования в Амеразийском суббассейне прослойки вод с пониженной ( $L - 0,45^{\circ}\text{C}$ ) температурой воды на горизонтах от 1500 до 2500 м и с соленостью, равной солености атлантического слоя (16).

### Циркуляция вод и льдов

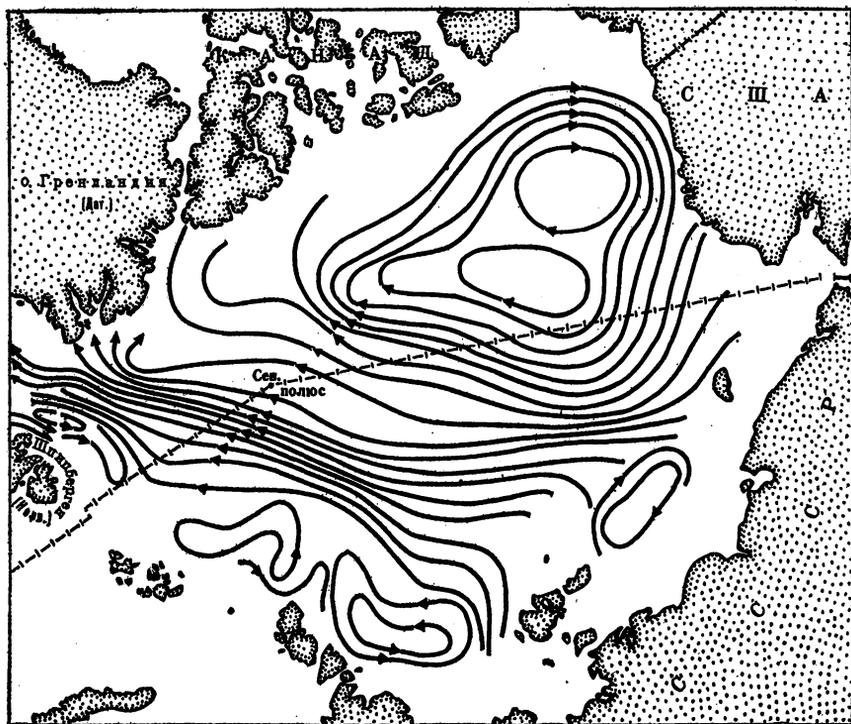
О характере циркуляции вод и льдов и о течениях Арктического бассейна, так же как и о рельефе его дна, долгое время можно было строить лишь предположения. Их можно разбить на две большие группы.

Одна группа исследователей исходила из укоренившихся в то время, но еще не проверенных взглядах на барический режим Арктического бассейна. На основании немногочисленных данных и общих соображений об Арктике как одном из «холодильников Земли» предполагалось существование в высоких широтах устойчивой «шапки высокого давления». В соответствии с этим основным элементом схем циркуляций оказывалось антициклоническое движение вод и льдов, охватывающее весь Арктический бассейн (9, 30, 33).

Другая группа, напротив, предполагала, что поверхностные воды и льды во всех точках бассейна движутся вдоль кратчайших путей от Аляски до Чукотского моря, до пролива Фрама. В основе взглядов этих ученых лежало представление о циркуляции поверхностных вод и льдов как о вынужденной, сточной, вызванной «вторжением» атлантических вод в Арктический бассейн (12; 27 и др.). Заметим, что Ф. Нансен, первооткрыватель атлантических вод в бассейне, считал, что причиной водообмена между Арктическим и Северо-европейским бассейнами является различие в температуре и солености их вод. Таким образом, он считал, что циркуляция является плотностной.

Однако ни дрейф «Фрама», ни станции СП-1 или ледокольного парохода «Г. Седов», подтверждая, казалось, вторую группу гипотез, не разрешили альтернативы: все эти дрейфы, как отмечалось уже, проходили так, что центральная часть бассейна осталась неисследованной.

И тем не менее они дали важную информацию о закономерностях дрейфа льдов. Изучая эти дрейфы, Н. Н. Зубов сформу-



Динамическая карта-схема Арктического бассейна поверхности 5 децибар, составленная по материалам Трешникова А. Ф.

лировал свое знаменитое «правило дрейфа льда по изобарам», а затем им вместе с М. М. Сомовым была построена первая обоснованная (хотя и все еще гипотетическая) схема дрейфа льда в Арктическом бассейне (11).

Между тем накапливались данные о циркуляции вод в поверхностных слоях Арктического бассейна. Используя наблюдения дрейфующих станций и воздушных экспедиций, А. Ф. Трешников в 1954 г. построил первую динамическую карту (19), на которой ясно проступили основные контуры известной теперь схемы — широкое Трансарктическое течение, направленное от Берингова пролива к проливу Фрама, и обширный антициклонический круговорот вод в Американо-Азиатском суббассейне.

Первое подтверждение существования антициклонической циркуляции вод и льдов дал дрейф станции СП-2. Лагерь, оставленный зимовщиками весной 1951 г., был дважды обнаружен во время воздушных экспедиций. В 1954 г. он оказался на несколько сот километров южнее своего положения весной 1951 г., а в 1955 г. вблизи места высадки станции в 1950 г. Реконструкция



дрейфа станции по барике и составленным им динамическим картам выполнена З. М. Гудковичем. При этом оказалось, что станция совершила примерно за 5 лет круговой дрейф с радиусом порядка 1000 км вокруг центра антициклонической циркуляции. Дополнительные подтверждения существования этой циркуляции дали дрейфы советских станций СП-7, 8 и 11, а также американских станций Т-3, «Альфа» и «Браво».

Циркуляция атлантических вод в Арктическом бассейне все еще недостаточно изучена. Одну из первых ее схем составил В. Т. Тимофеев (23), в соответствии с которой атлантические воды образуют гигантский циклонический круговорот, центр которого расположен между Северным полюсом и проливом Фрама.

По схеме же Уортингтона атлантические воды в Американо-Северном суббассейне образуют антициклонический круговорот (34). По новым схемам (21) над глубоководными котловинами обоих суббассейнов имеют место циклонические круговороты атлантических вод.

Еще меньше известно о циркуляции донных вод, самые общие сведения о которой были изложены в предыдущем разделе. Медленные движения и незначительные горизонтальные и вертикальные градиенты гидрологических характеристик сильно осложняют исследования циркуляций придонных вод и требуют применения, пожалуй, нетрадиционных методов исследований.

Находится в стадии изучения и природа циркуляции вод Арктического бассейна. Выше уже излагались две альтернативные точки зрения на эту проблему (третья точка зрения принадлежит Ф. Нансену).

Сейчас уже есть доказательства правоты той точки зрения, в которой говорится, что как циркуляция поверхностных и глубинных атлантических вод бассейна, так и его водообмен с Североевропейским бассейном и Тихим океаном определяются двумя факторами: воздействием ветра и огромным по сравнению с другими океанами пресноводным балансом. Она обосновывается как приведенными выше фактами, так и работами по водообмену (7, 23 и др.) и экспериментами на моделях (8).

Эксперименты на модели Арктического бассейна показали, что основные черты циркуляции поверхностных и глубинных вод бассейна объясняются соответствующими характерными особенностями поля ветра над Арктикой. Ветры Арктического антициклона порождают антициклональную систему течений (и дрейфа льда) в Американо-Северном суббассейне. Выносные ветры в Евразийском суббассейне в сочетании с периферией антициклона создают Трансарктическое течение и выносной дрейф льда и т. д. Бароклинность океана лишь увеличивает устойчивость изображенной на карте системы течений, делая ее малочувствительной к короткопериодным колебаниям ветров.

Одновременно исследования на модели показали, что система ветров, наблюдающаяся над Арктикой, обуславливает и во-

дообмен Арктического бассейна и в особенности его колебания. При этом вынос поверхностных вод из бассейна с Восточногренландским течением, как полагал еще П. П. Ширшов (25), является первичным эффектом ветров, а приток атлантических и тихоокеанских вод выступает как вторичный эффект, вызванный дефицитом вод в Арктическом бассейне. Это подтверждается анализом эмпирических данных (7).

Важно отметить, что эксперименты выявили ослабление водообмена бассейна, когда антициклоническая система ветров распространялась на всю модель. При этом одновременно возрастала интенсивность антициклонической циркуляции вод. Это также подтверждается дрейфами станций «Северный полюс». Так, в 1960—1961 гг. две станции (СП-8 и СП-9) дрейфовали, как это видно на карте, в пределах сильно развитой антициклонической циркуляции вод и льдов. При этом скорости дрейфа обеих станций, особенно СП-9, для этого района были аномально велики.

Важную роль в водообмене всего Северного Ледовитого океана с Атлантикой играет положительный пресноводный баланс Арктического бассейна. Модуль речного стока \* в Арктический бассейн за год в 7 раз превосходит модуль стока в Мировой океан и в 4 раза — в Атлантический. Постоянный избыток пресных вод в Арктическом бассейне по сравнению с Атлантикой и соответствующий этому перепад потенциальной энергии водных масс между океанами является причиной постоянного водообмена между ними. При этом более легкие воды выносятся из Арктического бассейна и замещаются более тяжелыми водами Атлантики. При неизменности режима во времени это течение может быть вычислено, например, по данным о солености вод и величине стока рек исходя из предположения о постоянстве массы солей в бассейне. Подобные расчеты показали, что вклад термохалинных процессов в среднемноголетний водообмен Арктического бассейна составляет около 50%. Вторая часть водообмена, следовательно, приходится на эффект ветров.

На карте можно заметить, что многие дрейфующие станции «Северный полюс» оказывались вовлеченными в антициклонический дрейф льдов в Канадском секторе Арктического бассейна. Часть из них описывала малый антициклонический круг (СП-2, 8, 11), часть — большой круг (СП-7, 16, 19). В частности, лагерь станции СП-7 был обнаружен американцами южнее пролива Робсон, в Баффиновом море, вмержшим в припай.

Другие же станции — СП-1, 4, 6 и др., начиная дрейф примерно в тех же местах бассейна или, напротив, пересекая цикли-

---

\*Модуль речного стока в данную область исчисляется как толщина слоя пресной воды, приходящаяся на единицу поверхности этой области. Так, для Мирового океана модуль стока равен 12 см толщины слоя на 1 см<sup>2</sup> его площади.

ческие дрейфы перечисленных выше станций, оказывались в трансарктическом дрейфе, направленном в пролив Фрама. Это указывало на существенную межгодовую изменчивость дрейфа льдов. Как показал З. М. Гудкович (9), межгодовая изменчивость дрейфа льдов обусловлена изменчивостью полей барика и течений Арктического бассейна.

### Жизнь в океане

Одним из удивительнейших результатов наблюдений на дрейфующей станции «Северный полюс-1» является опровержение господствовавшего мнения о крайней скудости жизни в Арктическом бассейне. Биологи считали его «ледяной безжизненной пустыней». Ф. Нансен назвал «жалкой» жизнь в бассейне, считая скопления отдельных комочков слизи (колонии диатомовых водорослей) единственными проявлениями растительной жизни в Арктическом бассейне.

Однако пробы планктона, взятые на дрейфующей станции СП-1 в приполюсном районе, показали, что вся толща вод Арктического бассейна «населена» зоопланктоном. П. П. Ширшов (24) показывает, что в лунках было определено более 20 видов зоопланктона, из них около 10 видов копепод (рачков). Наиболее богатым при этом оказался слой 3000—1000 м, где представлены типичные формы Норвежского моря и Северной Атлантики.

Интересно, что в более бедных жизнью донных водах ему не удалось обнаружить ни одного представителя атлантических видов. Биологические пробы, собранные на дрейфующих станциях впоследствии, показали широкое распространение тихоокеанских планктонных организмов во всем Амеразийском суббассейне. В донных же водах обнаружены кроме атлантических еще и эндемичные (местные) формы планктона, в том числе новые виды рачков.

Наконец, П. П. Ширшов установил, что летом в Арктическом бассейне в слое поверхностных вод развивается достаточная масса фитопланктона, чтобы обеспечить существование пищевой цепи фитопланктон — зоопланктон — рыбы и морские животные. Действительно, им отмечен факт появления почти на 88° с. ш. нерпы. Впоследствии нерпы фиксировались на многих других дрейфующих станциях. Оставалось установить недостающее звено пищевой цепи, которое позволяет теплокровным животным существовать в околополюсном районе.

Такое звено было найдено Ю. Б. Константиновым во время дрейфа станции «Северный полюс-16». Им и его сотрудниками на начальном отрезке дрейфа было выловлено на удочку более 18 000 рыб (полярной трески) до 43 см длиной. Кроме того, на всех станциях в летний период в разводьях и полыньях отмечалось появление сайки.

Таким образом, исследования на дрейфующих станциях, начатые в Центральной Арктике четверкой папанинцев (И. Д. Папаниным, Э. Т. Кренкелем, П. П. Ширшовым и Е. К. Федоровым) в 1937 г., принесли богатые плоды буквально по всем разделам океанологической науки. И нет никакого сомнения, что дальнейшее совершенствование аппаратуры и методов исследований на дрейфующих льдах на основе современной техники приведет к новым важным открытиям.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов В. С. Роль материкового стока в режиме течений Северного Ледовитого океана.
2. Белов Н. А., Лапина Н. Н. Донные отложения Арктического бассейна. Л., «Морской транспорт», 1961.
3. Бродский К. А. Жизнь в толще воды полярного бассейна. — «Природа», 1956, № 5.
4. Визе В. Ю. Моря Советской Арктики. Изд. Главсевморпути. Л., 1939, стр. 495—496.
5. Гаккель Я. Я. Наука и освоение Арктики. Л. «Морской транспорт», 1957.
6. Гаккель Я. Я. МГГ в Арктике. — «Наука и жизнь», 1959, № 1, стр. 17—27.
7. Гудкович З. М. К вопросу о природе Тихоокеанского течения в Беринговом проливе и причинах сезонных изменений его интенсивности. — «Океанология», 1961, т. 1, № 4.
8. Гудкович З. М., Никифоров Е. Г. Исследование природы циркуляции вод Арктического бассейна на модели. — «Океанология», т. V, вып. 1, 1965.
9. Гудкович З. М. Об основных закономерностях дрейфа льдов в центральной части Полярного бассейна. — Тр. конференции по проблеме: «Взаимодействие атмосферы и гидросферы в северной части Атлантического океана», вып. 3—4. Гидрометиздат. Л., 1961.
10. Зубов Н. Н. Льды Арктики. Изд-во Главсевморпути. М., 1944.
11. Зубов Н. Н. Океанологические задачи дрейфующей станции. — «Метеорология и гидрология», № 10, 1937.
12. Зубов Н. Н., Сомов М. М. Дрейф льда в центральной части Полярного бассейна. — «Проблемы Арктики» № 2, 1940.
13. Карелин Д. Б. Движения полярных льдов. — «Природа» № 3. М., 1938.
14. Максимов И. В. К изучению приливных явлений центральной части Северного Ледовитого океана. — «Проблемы Арктики», 1946, № 3.
15. Мусина А. А. Гидрохимическая характеристика Арктического бассейна. — Тр. ААНИИ, 218. Л., 1960.
16. Никифоров Е. Г., Бельшева Е. В., Блинов Н. И. О структуре водных масс восточной части Арктического бассейна. — «Океанология», т. 6, вып. 1, 1968.
17. Панов В. В., Шнайхер А. О. Влияние атлантических вод на некоторые черты гидрологического режима Арктического бассейна и сопредельных морей. — «Океанология», т. 3, вып. 4, 1963.
18. Сакс В. Н. Некоторые соображения о геологической истории Арктики. — «Проблемы Севера», 1958, вып. 1.
19. Трешников А. Ф. Поверхностные воды в Арктическом бассейне. — «Проблемы Арктики», № 7, 1959.
20. Трешников А. Ф. Арктика раскрывает свои тайны. — «Природа» № 2, 1960.
21. Трешников А. Ф., Баранов Г. И. Структура циркуляции вод Арктического бассейна. Гидрометиздат. Л., 1972.

22. *Трешников А. Ф. и др.* Географические наименования основных частей рельефа дна Арктического бассейна. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1967, вып. 27, стр. 5—15.
23. *Тимофеев В. Т.* Водные массы Арктического бассейна. Гидрометиздат. М., 1960.
24. *Ширшов П. П.* Океанологические наблюдения. — «ДАН СССР», 1938, т. XIX, № 8, стр. 569—580.
25. *Ширшов П. П.* Научные результаты дрейфа станции «Северный полюс». Доклады на общ. собр. АН СССР 14—17 февраля 1944 г. Изд-во АН СССР. М., 1944.
26. *Ширшов П. П., Федоров Е. К.* О научных работах дрейфующей станции «Северный полюс». — «Проблемы Арктики», 1938, вып. 2.
27. *Шокальский Ю. М.* О течениях в поверхностных слоях Северного полярного моря. — «Земледелие», т. XXVI, вып. 1—II, 1924.
28. *Coachman L. K., Barnes C. A.* The contribution of Bering Sea Water to the Arctic Ocean. — Arctic, vol. 14, N 13, 1961.
29. *Coachman L. K., Barnes C. A.* Surface water in the Eurasian basin of the Arctic Ocean. — Arctic, vol. 15, N 4, 1962.
30. *Mecking L.* The Geography of the Polar Regions. — Amer. Geogr. Soc., Special Publ., N 8. New York, 1968.
31. *Nansen F.* The oceanography of the Polar Sea Basin. — The Norw. Norw. Polar. Exp., 1893—1896. Sci. Res., vol. 3, N 9. London, 1902.
32. *Nansen F.* The oceanographic problems of the still unknown Arctic Regions. — Problems of the Polar Res. Amer. Geogr. Soc., Spec. Publ., N 7, 1928.
33. *Sandström W. I.* Gerlands Beiträge zur Geophysik, 1935.
34. *Wortington L. W.* Oceanographic results of project Skijump I and Skijump II in the Polar Sea, 1951—52. — Trans. Amer. Geophys. Union, vol. 34, N 4, 1953.

И. Г. ПЕТРОВ

**ИЗУЧЕНИЕ ЛЬДОВ НА ДРЕЙФУЮЩИХ СТАНЦИЯХ**

В широком комплексе научных исследований, проводимых на дрейфующих станциях, большое место занимает изучение ледяного покрова как одного из главных объектов арктической природы и как платформы, на которой размещается станция. Льдина станции находится под неусыпным наблюдением, начиная с момента ее тщательного выбора и до окончания дрейфа. Наблюдения за льдиной, выбранной для станции, и за окружающим льдом постоянно ведутся всеми сотрудниками станции во время общелагерных дежурств. Более квалифицированные ледовые наблюдения проводятся специалистами-океанологами при изучении ледового режима района или метеорологами, отмечающими состояние подстилающей поверхности, как это было на дрейфующей станции «Северный полюс-1».

Специальные ледоисследовательские работы, предусматривающие подробное изучение льда и ледяного покрова, проводятся не на всех дрейфующих станциях. Причем по специальной программе исследования льда проводятся либо сезонными отрядами, либо ледоисследовательскими группами. Сезонные отряды работают в летний наиболее благоприятный период и выполняют чаще всего работы методического характера или наблюдения за короткими редко происходящими явлениями. Ледоисследовательские группы работают в течение круглого года и захватывают наблюдениями годичный цикл преобразований льда и ледяного покрова.

Впервые широкий комплекс специальных работ по изучению свойств льда был проведен в течение года на станции «Северный полюс-2» в 1950/51 г. Затем эти исследования с отдельными изменениями и дополнениями были проведены на многих дрейфующих станциях.

Отрядам, которые занимаются изучением состояния льдов на дрейфующих станциях, предстоит ответить на многие вопросы:

как влияет теплообмен между атмосферой и океаном на образование самого ледяного покрова и создание в нем термического режима; что дает изучение теплового баланса ледяного покрова и его составляющих, являющегося количественным выражением теплообмена.

Предстояло ответить на многочисленные вопросы, связанные с формированием льдов различного возраста, нарастанием и таянием, изменением толщины, с формой рельефа и морфологией, снежным покровом на дрейфующих льдах.

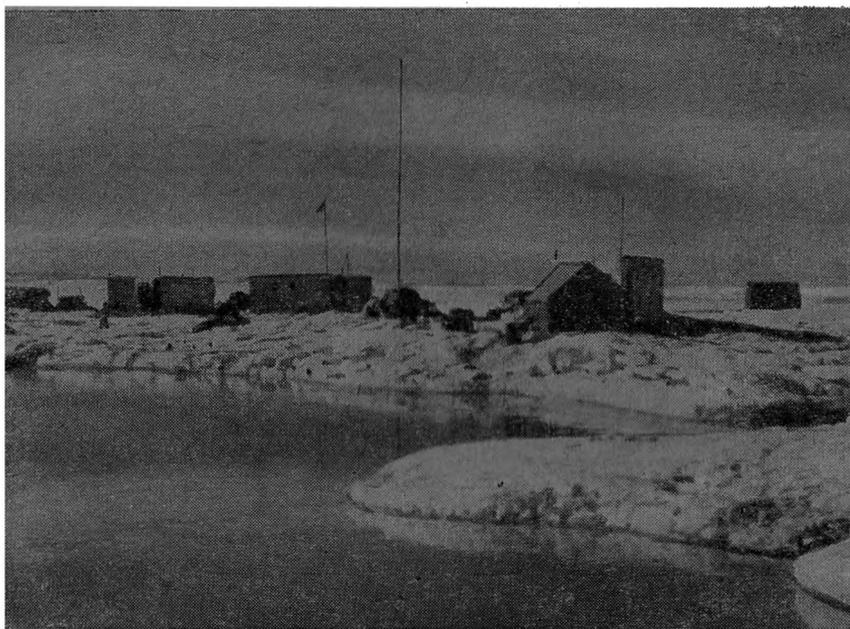
Широкие перспективы открылись для изучения физико-механических свойств льда, солёности, структуры, объёмного веса, прочности, теплофизических и радиационных свойств, формирующихся в конкретных условиях и изменяющихся в течение года при изменении внешних условий. Большие возможности предоставились для определения прочности ненарушенного ледяного покрова: упругих свойств, напряженного состояния и деформации ледяного покрова, временного сопротивления в естественном состоянии.

Перед специалистами возникла интересная и важная проблема искусственного преобразования ледяного покрова: изменение его свойств, рельефа для нужд практической деятельности человека.

В результате проведенных на дрейфующих станциях исследований удалось значительно расширить и углубить наши знания о ледовом и тепловом режиме дрейфующих льдов и их физико-механических свойствах, многие вопросы обширного ледового комплекса нашли свое решение.

Необходимо отметить большие преимущества круглогодичных наблюдений на дрейфующих станциях перед наблюдениями на прибрежных полярных станциях, где годичный цикл обрывается на летний период и условия существования ледяного покрова искажаются влиянием материка. Поэтому многие вопросы арктического ледоведения, особенно режимного характера, впервые были исследованы в Центральной Арктике, а затем уже изучались на припайных льдах.

Ледяной покров образуется и исчезает в результате теплообмена между океаном и атмосферой. Первопричина всех процессов, происходящих в ледяном покрове, — непрерывный теплообмен между ледяным покровом и атмосферой, а также между ледяным покровом и подстилающей водой. Численно он определяется тепловым балансом, поэтому главным в изучении условий, определяющих образование и метаморфизм льда, является тепловой баланс с его составляющими: радиационным и турбулентным теплообменом между льдом и атмосферой, теплотой испарения, теплотой таяния, теплообменом между льдом и водой, теплотозапасом ледяного покрова. Без ясного представления о тепловых процессах, происходящих в ледяном покрове, нельзя проследить за формированием любых его свойств.



Лето на дрейфующей станции

Впервые данные для определения теплового баланса Центральной Арктики были получены на дрейфующей станции «Северный полюс-2», затем почти на всех станциях проводились подобные измерения.

Как показали расчеты, тепловой баланс ледяного покрова имеет годовой ход.

Таблица 1

Место наблюдений	Потоки за год	Радиация	Испарение	Турбулентный обмен	Теплопотоки в лед	Таяние
Станция «Северный полюс-2»	положительный	11 939	1 595	4 115	5 495	—
	отрицательный	—9 038	—8 595	—2 605	—27	—2 885
	теплооборот	20 972	10 190	6 720	5 522	2 885
Станция «Северный полюс-4»	баланс	2 906	—7 000	1 510	5 467	—2 885
	положительный	5 850	260	2 850	5 460	—
	отрицательный	—8 800	—920	—1 200	—1 590	—1 740
	теплооборот	14 650	1 180	4 050	7 050	1 740
	баланс	—2 950	—660	1 650	3 870	1 740

Наличие в течение всего года такой своеобразной подстилающей поверхности, как ледяной покров, сказывается на ходе всех составляющих теплового баланса. Так, в разгар таяния значения турбулентного теплообмена приближаются к нулю. В летнее время турбулентный поток оказывается меньше турбулентного потока в полярную ночь, и почти парадоксальное явление — в летнее время турбулентный поток направлен от льда вверх, а в полярную ночь — к подстилающей поверхности.

Для иллюстрации приводится таблица величин составляющих теплового баланса (кал./см<sup>2</sup>) по наблюдениям на дрейфующих станциях.

По полученным на станции «Северный полюс-2» данным (13), роль каждой составляющей теплового баланса распределяется следующим образом.

По годовым значениям теплооборота (сумма отрицательных и положительных потоков тепла) поток радиационного тепла достигает 40% всего баланса, поток тепла испарения — 20, турбулентный теплообмен — 13, потоки тепла из воды — 11, теплозапас ледяного покрова — 10, теплота таяния льда — 6%. Однако для характеристики каждой составляющей в общем балансе тепла ее суммарного годового значения явно недостаточно, так как каждая составляющая изменяется не одинаково по величине и даже по знаку (одни составляющие в течение года имеют положительные и отрицательные значения, а у других знаки не меняются). За их ходом следует изменение всех свойств ледяного покрова.

Изучению радиационного баланса посвящены многие работы (3, 7, 13, 14 и др.), представляющие собой результаты обработки материалов, полученных на дрейфующих станциях «Северный полюс-2», «Северный полюс-4», «Северный полюс-6» и других.

Эти исследования показали, что в начале мая совершается устойчивый переход радиационного баланса к положительным суточным суммам. В дальнейшем происходит непрерывный рост суточных сумм радиационного баланса до июня—июля, когда они достигают максимальных значений. С середины августа поток радиационного тепла уменьшается, и в сентябре отмечается перемена знака радиационного баланса. В октябре устанавливается отрицательный баланс, достигающий максимума зимой (декабрь—февраль). Таким образом, круглогодичными наблюдениями на дрейфующем льду установлено, что положительный радиационный баланс в Центральной Арктике отмечается в период мая—сентября, отрицательный баланс — в октябре—апреле.

В годовом итоге радиационный баланс был впервые подсчитан по материалам наблюдений на дрейфующей станции «Северный полюс-2» и оказался положительным.

Дальнейшие наблюдения на других дрейфующих станциях

подтвердили этот вывод, но все же на некоторых станциях радиационный баланс оказался отрицательным.

Для станций, дрейф которых проходил в восточной зоне Центральной Арктики, радиационный баланс в большинстве случаев был положительным, а в приполюсном районе и западном чаще оказывался отрицательным. Абсолютные значения радиационного баланса как положительные в летний период, так и отрицательные зимой велики—положительные 3000—3500, отрицательные 1500—2500 кал/см<sup>2</sup>. Большие значения радиационного баланса соответствуют восточной части Центральной Арктики и меньшие — западной.

Второе место по теплообороту в тепловом балансе, по данным станции «Северный полюс-2», занимает испарение. В летний период (с мая по сентябрь) наблюдается испарение ледяного покрова, потоки тепла в это время направлены вверх, а зимой, наоборот, происходит сублимация водяного пара из воздуха по ледяной поверхности. При этом характерно, что летние величины испарения во много раз превышают величины сублимации в зимний период. Судя по теплообороту, измеренному на станции «Северный полюс-2», величины тепла, участвующие в теплообмене посредством испарения, весьма значительны. Значительная роль тепла испарения и в тепловом балансе. Однако по измерениям на станции «Северный полюс-4» испарению принадлежит более скромная роль. Такое разнообразие в величинах тепла испарения может быть объяснено как различными метеорологическими условиями, так и трудностями при измерении этой составляющей теплового баланса.

При наблюдениях за вертикальным распределением влажности, температуры воздуха и скорости ветра в приледном слое было обнаружено, что эти элементы изменяются в преобладающем числе случаев по логарифмическому закону. Поэтому при определении турбулентного потока тепла можно было использовать градиентные наблюдения, поставленные уже на дрейфующей станции «Северный полюс-2».

Турбулентный теплообмен ледяного покрова с атмосферой, определенный таким образом, имеет ясно выраженный годовой ход: с мая по сентябрь имеет небольшие отрицательные значения и направлен вверх и положительные значения, направленные вниз, в течение остальной части года. По абсолютным значениям положительные потоки для разных районов Центральной Арктики изменяются от 500 для западной части (по данным станции «Северный полюс-4») до 1000 кал/см<sup>2</sup> для восточной части (по данным станции «Северный полюс-2»). Отрицательные значения — 700 и 1200 кал/см<sup>2</sup> соответственно.

Г. Н. Яковлев (13), по наблюдениям на станции «Северный полюс-2», отмечает следующие особенности турбулентного теплообмена в Центральной Арктике по сравнению с другими районами: первая особенность заключается в том, что если в дру-

гих районах тепловой поток, направленный от подстилающей поверхности вверх, в теплое время года по абсолютной величине больше теплового потока в холодный период года, направленного вниз, то на дрейфующих льдах наоборот. Тепловой поток из атмосферы к ледяному покрову в полярную ночь оказывается больше потока, направленного в обратную сторону в светлое время года.

Вторая особенность состоит в том, что тепловой поток в Центральной Арктике оказывается в среднем за год незначительным за счет малых разностей температур поверхностных слоев льда и приледного слоя воздуха.

Третьей особенностью является то, что турбулентный теплообмен по своему годовому ходу резко отличен от теплообмена, собственного районам с океаническим климатом, и приближается к теплообмену, характерному для районов с континентальным климатом субарктических широт.

Несмотря на значительные различия абсолютных величин турбулентных потоков для станций «Северный полюс-2» и «Северный полюс-4», роль их в тепловом балансе на той и другой станции почти одинакова.

Поток тепла из воды в атмосферу в Центральной Арктике передается в большинстве случаев (кроме немногочисленных разводьев) через ледяной покров. Определение величины тепловых потоков производилось рядом авторов (7, 13) путем расчета по термическим характеристикам и температурному режиму или путем непосредственного измерения с помощью специальных тепломеров, представляющих собой систему из нескольких сотен термопар, отградуированных по известному тепловому потоку. В годовом ходе величин тепловых потоков, рассчитанных для разных видов льда, выделяются два неравных периода: с сентября по май (характеризующий зимнее выхолаживание ледяного покрова) направлен к деятельной поверхности и, по данным станции «Северный полюс-4» (7), составляет  $5460 \text{ кал/см}^2$ . Второй период (с июля по август) характеризуется потоком тепла от деятельной поверхности, направленного внутрь ледяного покрова и равного  $1590 \text{ кал/см}^2$ , по данным станции «Северный полюс-4», а по данным станции «Северный полюс-2» — всего  $27 \text{ кал/см}^2$ .

Таким образом, расчет величин тепловых потоков показал, что зимой поступление тепла в атмосферу через многолетние льды может значительно изменяться от года к году, и зависит это в основном от различий в температуре воздуха и в высоте снежного покрова.

Теплота таяния льда в тепловом балансе определяется средней величиной для деятельной поверхности исследуемого участка, включающей сухие ее места и снежицы. При неодинаковом таянии льда на отдельных частях поверхности средняя скорость таяния всей поверхности участка может быть определена как

средневзвешенная величина по осредненным скоростям таяния на сухих местах и снежницах.

Ниже приводятся месячные суммы тепла, затраченного на таяние (кал/см<sup>2</sup>) на станции «Северный полюс-4» (7):

Характер участков	Сухие места	Снежницы	Вся площадь участка
Июль . . . .	1 110	1 950	1 300
Август . . . .	320	940	440

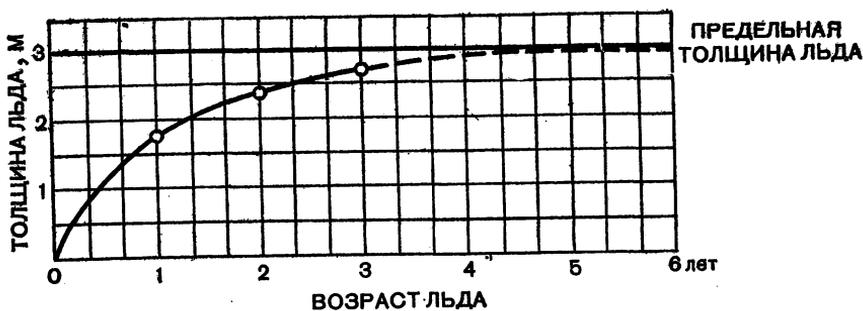
Всего за летний период на таяние было израсходовано 1740 кал/см<sup>2</sup>.

Годовым ходом составляющих теплового баланса в ледяном покрове создается постоянно меняющийся термический режим, который и определяет условия формирования ледяного покрова и его метаморфизма (нарастание, таяние, содержание жидкой фазы, миграцию рассола, изменение прочности и пр.). Исходными данными для анализа термического режима ледяного покрова служат наблюдения над вертикальным распределением температуры ледяного покрова. Анализ их позволяет проследить за изменением температуры в течение года на разных глубинах для льдов разного возраста с незначительным и высоким снежным покровом. Годовой ход среднемесячных температур в ледяном покрове можно проследить по наблюдениям, проведенным на станции «Северный полюс-2».

В январе типичное зимнее распределение температур — понижение температуры от воды к поверхности ледяного покрова. С наступлением весны и повышением температуры воздуха растет температура ледяного покрова. Причем наиболее быстрое повышение температуры происходит в верхних, активных его слоях.

Уже в мае прогрев ледяного покрова охватывает все слои, и температура по всей толще резко повышается с выравниванием ее по глубине. В мае — июне минимум температуры из верхних горизонтов перемещается в средние, а в июле — августе продолжающийся прогрев ледяного покрова приводит к созданию температурной стратификации, обратной зимней. Минимальные температуры в это время отмечаются в нижних слоях, а максимальные — в верхних. Но минимальная температура теперь определяется отрицательной температурой подледного слоя воды, запас холода остается минимальным. В сентябре и октябре вслед за понижением температуры воздуха понижается температура льда сперва в верхних слоях, затем и во всей его толще.

В ноябре выхолаживание ледяного покрова распространяется на всю глубину — устанавливается зимняя стратификация



Увеличение толщины ледяного покрова до предельного значения при естественном намерзании

температуры льда. Наибольшее охлаждение верхних слоев наблюдается в январе, а нижних — в феврале и марте, когда в верхних слоях температура уже повышается. Средняя температура льда, характеризующая запас холода в ледяном покрове, с сентября быстро понижается, минимум отмечается в феврале — марте, а затем до середины июля повышается, после чего изменения становятся незначительными почти до конца августа. В результате изучения температурного режима ледяного покрова были объяснены различные явления, происходящие в нем, в частности термические трещины. Из-за более интенсивного изменения температуры льда в верхних активных слоях ледяного покрова здесь наблюдаются и более значительные изменения объема льда. В результате создаются температурные напряжения и деформации в виде термических трещин, которые, как сеткой, покрывают ледяное поле.

При сравнении температур в бесснежном ледяном покрове и покрытом снегом оказалось, что принципиального различия между ними нет. Снежный покров является хорошим теплоизолирующим слоем, затормаживает тепловые процессы во льду и приводит к различию в температурах льда на различных горизонтах. Промерзание и выхолаживание нижних слоев льда, покрытого снегом, затягивается до декабря. Только с этого момента во льду начинают развиваться зимние процессы.

У бесснежного льда это происходит значительно раньше — в конце октября — начале ноября. Из этого вытекает важное практическое следствие — снежницы, развившиеся летом, замерзая сверху, не промерзают до ноября — декабря в зависимости от снежного покрова и служат на протяжении длительного времени хорошими источниками пресной питьевой воды. Это явление было обнаружено и использовано на СП-2.

Окончательное замерзание снежниц при не нарушенном над ней ледяном покрове происходит, как замерзание воды в замкнутом объеме, и сопровождается выпучиванием ледяного покрова

ва и образованием бугров. Такое образование бугров было замечено впервые на дрейфующей станции СП-4.

Непосредственно с термическим режимом льда со скоростью распространения в нем тепла связаны его теплофизические свойства. Первым определил теплофизические свойства морского льда Ф. Мальмгрэн во время дрейфа на «Мод» (5). Им был определен коэффициент теплопроводности морского льда, оказавшийся равным  $5,10 \cdot 10^{-3}$  кал/см·сек·град. В дальнейшем подобные работы были поставлены на ряде дрейфующих станций. На станции «Северный полюс-4» был определен (6) коэффициент теплопроводности двухлетнего морского льда, равный от 4,30 до  $5,82 \cdot 10^{-3}$  кал/см·сек·град. Однако все теплофизические константы требуют дальнейшего их измерения одновременно с измерением структуры, плотности, солёности, температуры льда и изучения разносторонних зависимостей теплофизических свойств от этих параметров.

Теплообмен между океаном и атмосферой, характеризующийся тепловым балансом, определяет и скорость роста льда, его толщину. На дрейфующих станциях, начиная с первой, папанинской, велись многочисленные наблюдения за толщиной льда и ее изменениями в результате нарастания и неравномерного таяния.

Уже на станции «Северный полюс-2» был собран большой материал по изменению толщины льда различного возраста: первого, второго и третьего года его существования. Анализ кривых изменения толщины льда разного возраста дал возможность определить время, за которое ледяной покров при спокойном нарастании достигает своей предельной толщины. Оказалось, что в условиях дрейфа станции «Северный полюс-2» предельная толщина льда наступает на пятый-шестой год его существования (10). По измерениям толщины льда на станции «Северный полюс-2» была определена и величина стаивания льда за год с верхней поверхности, равная 30—50 см. По этим же измерениям было определено годовое намерзание льда снизу, неодинаковое для льдов разной толщины. Больше всего намерзает льда в первый год его образования, а затем, чем толще остаточный лед, тем меньшее количество льда намерзает. Наконец наступает термическое равновесие, при котором образование льда за зиму равно стаиванию льда в летний период. Наступает предельная толщина льда, которая от года к году почти не изменяется и зависит от района дрейфа станции. Для станции «Северный полюс-2» эта величина равнялась 3 метрам. С другой стороны, ввиду того что ежегодно 50 см льда стаивает сверху ледяного покрова и столько же намерзает снизу, происходит его обновление. Полное обновление ледяного покрова предельной толщины, вероятно, произойдет через 6 лет.

Все эти выводы сделаны по материалам станции СП-2 (10), получены при наблюдении за изменением толщины льда разно-

го возраста и были подтверждены находкой льдины дрейфующей станции «Северный полюс-2» через три года после окончания на ней дрейфа станции. Толщина этой льдины была 3,0—3,2 м, т. е. равнялась предельной. Палатки, задерживающие ставание льда с поверхности, стояли на ледяных столбах высотой 160—170 см, что наглядно подтверждает вывод о ставании 50—60 см льда с поверхности и обновлении ледяного покрова.

В дальнейшем по накопившимся данным о толщине, об особенностях роста многолетнего льда была создана методика расчета равновесного состояния полярных льдов (8). Развитие расчетных методов по определению равновесного состояния дрейфующих льдов с метеорологическими условиями и состоянием подстилающей воды привело к интересным выводам о положении зон постоянного увеличения и уменьшения количества льда в Арктическом бассейне, об образующихся в этих зонах изменениях параметров подстилающей воды (1).

От теплообменных процессов и толщины льда зависит морфология ледяного покрова. Описания форм поверхности дрейфующего ледяного покрова Центральной Арктики и процессов рельефообразования представляют одну из основных задач арктического ледоведения, так как практическая деятельность человека в Арктике в значительной мере связана с рельефом льда. Собранные материалы дают возможность судить о рельефе многолетних и однолетних льдов, о влиянии различных процессов ледообразования на развитие рельефа этих льдов и их характерных участков (ледяных бугров, ровных площадок, гряд торосов), об образовании и формах метаморфизма снежниц. На дрейфующих станциях было прослежено образование вторичных форм рельефа под влиянием процессов таяния, стока воды и намерзания льда.

Специфика процессов таяния вызывает появление сложной картины формирования рельефа ледяной поверхности и его развития.

На станции «Северный полюс-2» после ее трехлетнего дрейфа можно было наблюдать процесс преобразования больших гряд торосов в ледяные бугры, исчезновение глубоких трещин и выравнивание поверхности льда на их месте. Таким образом, в результате неравномерного таяния происходят два прямо противоположных процесса: образование сглаженных форм рельефа (крупные ледяные бугры на месте торосов, исчезновение трещин) и возникновение новых неровностей поверхности (в результате более интенсивного по сравнению с окружающим льдом таяния в снежницах). За счет неравномерного таяния и пластичности льда возникают вертикальные перемещения (прогибы и выпучивания) ледяного покрова, достигающие больших размеров.

Начатые на станции «Северный полюс-2» и продолженные на других станциях работы по изучению морфологии ледяного по-



Подводные измерения нижней поверхности ледяного покрова

крова заключались в проведении нивелировок по профилю и по площади в измерении толщины льда в точках нивелирования, а также в измерении стаивания по вмороженным в ледяной покров рейкам. Существенным недостатком этих работ была малая изученность форм нижней поверхности льда. Этот недостаток был устранен в 1956 г., когда с дрейфующих льдов Центральной Арктики были выполнены экспериментальные стереометрические съемки подводной поверхности ледяного покрова. В основу используемого при этих работах прибора положена двойная стереометрическая камера типа «ДК» фирмы Цейс. Камера была смонтирована в специально сконструированный и изготовленный в экспериментальных мастерских Арктического института водонепроницаемый корпус. Полученная фотографическая видимость объектов в воде примерно равна прозрачности воды по стандартному диску в данном районе и достигает 45—50 м при естественном освещении (4).

Особенно значительный шаг в изучении подводного рельефа льда был сделан, когда стали использовать технику индивидуального подледного плавания.

В мае — октябре 1969 г. на дрейфующей станции «Северный полюс-18» производились подледные исследования.

Наблюдения были выполнены группой аквалангистов из четырех человек.

С 1 июня по 9 октября на станции «Северный полюс-18» произведено более 400 погружений под лед. При этом получены следующие данные:

1. Об осадке многолетних льдов на продольных профилях общей длиной 180 м.

2. О строении профиля многолетнего льда в трещине на длине 500 м.

3. О форме и размерах подводной части торосов.

4. О распределении толщины льда на площадке радиусом 30 м.

5. О строении нижней поверхности и толщине льда на ледяном острове станции «Северный полюс-18».

6. О строении микрорельефа нижней поверхности ледяного покрова исследованных льдин.

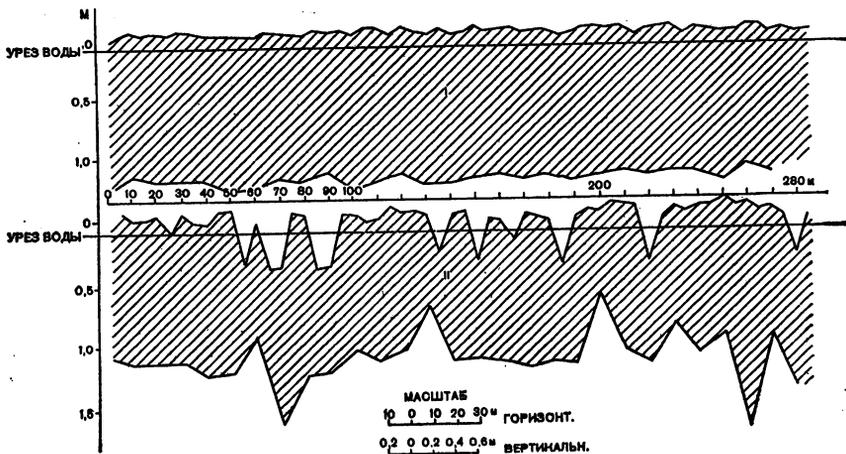
Опыт экспедиции 1969 г. показал возможность проведения длительных, весьма результативных подледных исследований в условиях дрейфующих льдов.

Большое практическое значение имеют собранные на дрейфующих станциях материалы по искусственному изменению рельефа льда. В этом отношении исследован и рекомендован ряд простейших профилактических мероприятий по сохранению ровной поверхности в период таяния.

Было произведено искусственное сглаживание неровного рельефа многолетних ледяных полей. Для выравнивания поверхности многолетнего льда, изрезанной снежницами, на станции «Северный полюс-2» был разработан метод заполнения снежниц морской водой с помощью мотопомп. Метод оказался эффективным и с успехом используется в Арктике.

Другой метод — выравнивание поверхности многолетних льдов способом шпурового взрывания (9). Площадь поверхности многолетнего льда, подлежащая выравниванию (ледяные бугры, торосы и прочие неровности), покрывается сеткой шпуров диаметром 50 мм, в которые закладываются заряды. Целесообразно производить одновременный взрыв больших серий зарядов (50—200 шт.), так как при этом достигается более ровная поверхность и образуется большое количество материала (ледяная щебенка), необходимого для засыпки пониженных участков. После проведения серии взрывов необходимо сразу же разровнять и укатать поверхность. Раздробленный лед перемещают с возвышений в пониженные места.

Теплообмен между атмосферой и океаном наряду с формированием самого ледяного покрова, его толщины определяет условия образования тех или иных его свойств, в том числе физико-механических. Изучение физико-механических свойств проводи-



Два профиля однолетнего льда:  
 1 — при искусственном предотвращении таяния,  
 2 — естественный ледяной покров

лось на многих дрейфующих станциях, причем на станциях «Северный полюс-2», «Северный полюс-4», «Северный полюс-19» удалось провести годовые циклы исследований. Основное место в этих исследованиях уделялось изучению прочностных характеристик ледяного покрова. Определялось временное сопротивление льда на сжатие, изгиб, срез величины разрушающей работы при ударе. Кроме того, определялись структура, плотность, пористость и соленость льда. Характер распределения прочности льда по толщине определяется построением эпюр временного сопротивления при различных видах деформации льда.

Анализ материалов (10) наблюдений показал, что значения прочности многолетнего, двухлетнего и однолетнего льда различны и увеличиваются с возрастом льда. Основной причиной увеличения прочности при этом является изменение солености и структуры льда. Увеличение возраста льда от года к году сопровождается уменьшением в нем солей и других примесей. Наличие во льду солей способствует образованию жидкой фазы, ослаблению межкристаллических связей, что приводит к уменьшению прочности. Изменение этих аргументов происходит от сезона к сезону и приводит к сезонным изменениям прочности.

Зимой большей прочностью обладают верхние слои, весной — средние, и в короткий летний период незначительное преобладание прочности перемещается в нижние слои следом за температурой. При комплексных определениях свойств льда на дрейфующих станциях было выяснено, что на прочность льда оказывает большое значение его строение (11). Наименьшую прочность

имеет лед, структура которого образуется при наиболее динамических условиях ледообразования и при низких температурах воздуха по сравнению со структурами, соответствующими спокойным условиям ледообразования. Исследования льдов Центральной Арктики с дрейфующих станций позволили собрать обширный материал по кристаллическому строению льда, определить его роль в формировании различных свойств льда. Но структура льда очень чувствительна к условиям, при которых происходит его образование, и поэтому посредством структурного анализа ледяного покрова можно воссоздать основные особенности формирования ледяного покрова за все время его существования, восстановить изменения в режиме водоема. Структурный анализ позволяет выявить границы годовых слоев и определить возраст ледяных полей, особенно долго существующих (17).

При исследовании в поляризованном свете очень тонких ледяных срезов-шлифов обнаружено сложное кристаллическое строение льда. В вертикальном сечении многолетний лед имеет четко выраженную слоистость. Отчетливо выделяются отдельные слои, резко различающиеся между собой по форме и размеру кристаллов, по ориентировке главной оптической оси.

Особенно резкая смена в структуре льда связана с изменениями условий ледообразования у нижней поверхности ледяного покрова в летний период таяния. Талая опресненная вода, попадая под лед и растилаясь по холодной морской воде, быстро кристаллизуется, образуя лед совершенно другой, мелкозернистой структуры. В тех случаях, когда нарушение температурного режима приледного слоя воды не сопровождается проникновением талой воды под лед, нормальный рост кристаллов все-таки нарушается, и во льду также образуется резкая граница.

Нарушение нормальных условий роста кристаллов на нижней поверхности ледяного покрова, вызванное изменением температуры, резко сказывается на кристаллографической ориентировке оптических осей. Проведенные исследования строения морского льда, размера и формы кристаллов и их ориентировки позволили определить годовые слои и по ним — возраст многолетнего ледяного поля, на котором были расположены дрейфующие станции «Северный полюс-3» и «Северный полюс-4» (1955—1956 гг.). Возраст этих ледяных полей оказался равным 9 годам.

Толщина каждого образующегося за год слоя зависит от ряда причин, и прежде всего от метеорологических условий данного года, поэтому при сравнении ледяных образований разных районов следует иметь в виду метеорологические условия этих районов. Это обстоятельство объясняет различие в предельном возрасте ледяных полей станций «Северный полюс-3», «Северный полюс-4» (1956—1957 гг.), дрейфовавших в приполюсном районе Центральной Арктики, где ежегодный прирост толщины льда составлял 30—35 см, и ледяного поля станции «Северный

полос-2», дрейфовавшей в восточных районах Центральной Арктики, где годовой прирост толщины льда при достижении его предельного значения равен 50 см.

Данные о прочности льда, полученные по малым образцам, не вполне удовлетворяют расчету грузоподъемности ненарушенного ледяного покрова (масштабный эффект, сложный вид деформации ледяного покрова, активное влияние внешней среды и пр.), поэтому большое практическое значение приобретают исследования прочности ненарушенного ледяного покрова. При таких исследованиях особенно перспективен сейсмический метод. В настоящее время на дрейфующих станциях и на припае с помощью сейсмического метода успешно определяются упругие характеристики ненарушенного ледяного покрова: модуль упругости, модуль сдвига и коэффициент Пуассона. Упругие характеристики ледяного покрова рассчитываются по измеряемым скоростям распространения продольных и поперечных упругих волн в ледяном покрове, скорость распространения которых зависит от плотности льда и его упругих свойств.

Многочисленные измерения показали, что модуль упругости равен 65 000—70 000 кг/см<sup>2</sup>, модуль сдвига 10 400—3430 кг/см<sup>2</sup>, коэффициент Пуассона 0,30—0,42. В настоящее время сконструирована малогабаритная аппаратура, специально приспособленная для исследования ледяного покрова. Эта аппаратура, позволившая детально исследовать упругие характеристики ледяного покрова, приблизила ледоисследователей вплотную к изучению его напряженного состояния.

Изучение напряженного состояния ледяного покрова является одной из важнейших проблем практического ледоведения, ибо в ней заключена возможность определения прочности ненарушенного ледяного покрова. Кроме того, состояние напряженности ледяного поля зависит от целого ряда внутренних и внешних факторов. Определение механизма влияния этих факторов на напряженное состояние ледяного поля позволит определить источник причин, вызывающих эти напряжения, их критическую величину и в результате позволит предупредить момент разрушения ледяного поля.

Поиски в развитии методов изучения напряженного состояния ледяного покрова привели к созданию высокочувствительной наклономерной аппаратуры, которая позволяет определять прогиб ледяного покрова под небольшой кратковременной нагрузкой. По определенному таким образом прогибу вычислялся модуль упругости, который оказался одинаковым с вычисленным по сейсмическим измерениям. Но модуль упругости льда без разрушающей деформации не дает возможности решить вопрос о прочности ледяного покрова в естественных условиях. Необходимо было осуществить эксперимент по определению величины прогиба с предельными нагрузками на ледяной покров, сопровождающийся его разломом. Такой разлом ледяного поля за-

фиксирован В. Н. Смирновым на дрейфующей станции СП-20 в феврале 1971 г., и, таким образом, на дрейфующей станции впервые было определено временное сопротивление льда в ненарушенном ледяном покрове.

В последние годы на дрейфующих станциях Арктического и антарктического института успешно развиваются новые методы изучения физико-механических свойств льда с применением достижений радиопизики (2). Так, результаты теоретических и экспериментальных исследований в области сверхвысокочастотных излучений позволяют разработать метод радиотеплолокации ледяного покрова, пригодный для проведения авиационной ледовой разведки при плохой видимости.

За последние пять лет в институте проведен комплекс исследований электрических характеристик неоднородного льда. Экспериментальные исследования были проведены на дрейфующих станциях «Северный полюс-13» и «Северный полюс-18». В результате получены зависимости электрических параметров арктического дрейфующего льда от температуры и солёности на постоянном токе и в диапазоне частот от 100 гц до 1 мгц. Экспериментально доказана возможность использования радиоинтерференционного метода изучения электрических свойств ледяного покрова.

На дрейфующих льдах были проведены работы по выяснению возможности применения лазеров для изучения динамики ледяного покрова. Были опробованы методы дистанционного измерения температур ледяного покрова.

Перечисленные аспекты изучения льда и ледяного покрова на дрейфующих станциях охватывают широкий комплекс проблем арктического ледоведения. Они находятся в разной стадии изучения: одни из них исследованы достаточно полно с выявлением закономерностей, определяющих характер этих процессов, с разработкой расчетных методов, определяющих ход процесса, и практическими выводами, используемыми в народном хозяйстве и в первую очередь при проведении работ в Арктике; по другим вопросам установлен лишь общий характер явлений, определены качественные пути развития процессов, и, наконец, часть вопросов находится в первоначальной стадии изучения и постановки задачи.

Изучение некоторых проблем ведется по уже разработанной и апробированной методике, для решения других вопросов необходима разработка методик и в связи с этим постановка методических работ. Широта и разнообразие вопросов, которые решаются или нашли свое решение, свидетельствуют о том, что дрейфующие станции являются прекрасной базой для проведения ледоисследовательских работ, и не случайно многие вопросы ледоведения нашли свое решение только на дрейфующих станциях. Поэтому работы по изучению льда на дрейфующих станциях следует углублять и расширять.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Г. И., Назинцев Ю. Л. Упрощенная модель равновесного состояния дрейфующих льдов Арктического бассейна. Результаты численных экспериментов. — «Тр. ААНИИ», т. 291, 1970, стр. 32—43.
2. Богородский В. В., Гусев А. В., Спицин В. А. Радиофизические исследования в Арктике и Антарктике. — «Проблемы Арктики и Антарктики», вып. 36—37, 1970, стр. 160—173.
3. Гаевский В. Л. О некоторых особенностях радиационного режима Центральной Арктики. — «Тр. Аркт. и антаркт. ин-та и Главн. геофиз. обсерватории», т. 226. Л., 1959.
4. Лоцилов В. С. Метод подводной стереофотосъемки в океанографических исследованиях. — «Проблемы Арктики», 1957, № 2, стр. 205—217.
5. Мальмерен Ф. О свойствах морского льда. Л., изд. Гидромет. комитета Гос. океанограф. института и Гидрограф. управления, 1930, стр. 18.
6. Назинцев Ю. Л. Некоторые данные к расчету тепловых свойств морского льда. — «Тр. ААНИИ», т. 267, 1964, стр. 31—47.
7. Назинцев Ю. Л. Тепловой баланс поверхности многолетнего ледяного покрова в Центральной Арктике. — «Тр. Аркт. и антаркт. ин-та». Л., 1964, т. 267, стр. 110—126.
8. Назинцев Ю. Л. О равновесном состоянии полярных льдов. — «Тр. Аркт. и антаркт. ин-та», вып. 25, 1967, стр. 77—83.
9. Николаев С. Е. Выравнивание поверхности многолетних льдов методом шпурового взрывания. — «Тр. ААНИИ», 635, 1970. Л., стр. 105—108.
10. Петров И. Г. Физико-механические свойства и толщина ледяного покрова. Материалы наблюдений научно-исслед. дрейфующей станции 1950/51 г. — «Тр. Аркт. ин-та», т. II. Л., 1955, стр. 103—165.
11. Черепанов Н. В. Основные результаты исследования кристаллической структуры морских льдов. — «Проблемы Арктики и Антарктики», вып. 4, 1973, стр. 43—54.
12. Черепанов Н. В. Определение возраста дрейфующих льдов методом кристаллического анализа. — «Проблемы Арктики», вып. 2. Л., 1957, стр. 179—184.
13. Яковлев Г. Н. Ледоисследовательские работы в Центральной Арктике. — «Проблемы Арктики и Антарктики», вып. II, 1962, стр. 47—57.
14. Яковлев Г. Н. Радиационный режим Центральной Арктики. — «Тр. Аркт. ин-та», т. 207. Л., 1957.

А. Ф. ТРЕШНИКОВ, А. В. ВОСКРЕСЕНСКИЙ

## КЛИМАТ ЗОНЫ ДРЕЙФУЮЩИХ ЛЬДОВ

- Кренкель, давай метеол
- Приборы еще не установлены, могу только дать погоду описательно.
- Надо скорее, сейчас!

*Э. Кренкель.* «Раем — мои позывные»

В середине 30-х годов еще нельзя было составить сколько-нибудь надежного описания климата Арктического бассейна, так как метеорологических наблюдений было чрезвычайно мало. По существу имелись лишь наблюдения, выполненные на норвежском судне «Фрам» во время его дрейфа в 1893—1896 гг. Отсутствие систематических данных о погоде в этом районе приводило к ошибочным гипотезам о характере циркуляции атмосферы над Центральной Арктикой, гиперболизировало ее роль на погоду и климат всего северного полушария. В то время было широко распространено мнение о наличии в центре Арктики стационарной области повышенного давления и «шапки» холодного воздуха.

Вопрос о характере циркуляции атмосферы над Арктическим бассейном, равно как и характеристики метеорологического режима, имел принципиально важное значение для метеорологов Советского Союза в связи с планами народнохозяйственного освоения Севера и решением задачи мореплавания вдоль северного побережья страны. Необходимость планового освоения Севера на научной основе способствовала значительному росту числа полярных станций, на которых проводились регулярные метеорологические, а затем и аэрологические наблюдения. Такие станции на побережье и островах хотя и обеспечивали как службу прогнозов, так и климатологов весьма важными данными наблюдений, но не решали кардинальной задачи — метеорологического, а следовательно, и синоптического освещения зоны дрейфующих льдов Арктики.

Накопление наблюдений, поступающих с полярных станций, позволило к концу 30-х годов в какой-то мере составить представление о метеорологическом режиме окраинных морей и островов советской Арктики. Такие исследования были выполнены сотрудниками Арктического института З. А. Рязанцевой,

И. В. Русиновой, Е. А. Леонтьевой, Г. Я. Вангенгеймом и др. (19, 18, 13, 1). Однако, как справедливо отмечал Б. Л. Дзержевский (5), все они находились под влиянием существовавшей концепции о том, что атмосферное давление у Северного полюса выше чем на 70° с. ш. Сведения о погоде в Арктическом бассейне, и в частности об атмосферном давлении, были нужны не одним метеорологам, в них нуждались специалисты многих других геофизических дисциплин.

Новая эра в изучении Центральной Арктики началась 21 мая 1937 г., когда на дрейфующих льдах Северного Ледовитого океана, в 20 км от Северного полюса, была создана первая в мире дрейфующая станция «Северный полюс» во главе с И. Д. Папаниным. Регулярные наблюдения за погодой были одной из основных задач, поставленных перед ее коллективом (21). Этим работам предшествовал большой подготовительный период, включивший в себя не только подбор и проверку приборов, но и их модернизацию с целью сокращения веса и габаритов, что по тем временам было чрезвычайно важным. В период подготовки к высадке дрейфующей станции был разработан и блестяще внедрен новый вид наблюдений — разведка погоды с борта самолета. Этот метод, предусматривающий как горизонтальное, так и вертикальное зондирование атмосферы, позволил успешно решить задачу по высадке станции и наметить пути синоптической и климатологической интерпретации самолетных наблюдений. В силу ряда причин (малочисленность личного состава, транспортные ограничения и др.) станция имела в своем распоряжении только тот минимум метеорологических приборов, которые обеспечивали получение основных метеорологических параметров атмосферы в приземном слое, необходимых для службы прогнозов.

Метеорологические наблюдения на станции «Северный полюс», проведенные с 21 мая 1937 по 19 февраля 1938 г. и не утратившие своего высокого значения до сих пор, впервые были проанализированы синоптиком экспедиции Б. Л. Дзержевским (5). Основной вывод, полученный им, сводился к тому, что в Центральной Арктике отсутствует обособленная циркуляция атмосферы с высоким давлением и «шапкой» холода.

Исторический дрейф станции «Северный полюс-1» в 1937/38 г. и трехлетний дрейф л/п «Г. Седов» в 1937—1939 г., повторившего путь знаменитого «Фрама», но в более северном варианте, а также организация с 1954 г. двух постоянно действующих станций СП позволили не только осветить метеорологические условия в Арктическом бассейне, но и получить климатические характеристики за разные периоды (6, 7).

Климат Арктики определяется ее положением в высоких широтах и связанным с этим поступлением солнечной радиации, характером подстилающей поверхности с большими различиями в поглощении и излучении радиации, большими термическими различиями и особенностями циркуляции атмосферы.

Нарушение установившейся взаимосвязи и взаимозависимости этих факторов определяет климатические изменения различных временных интервалов. В целом же роль таких факторов сводится к следующему. Подстилающая поверхность и радиационные условия влияют на характер атмосферной циркуляции; близость противоположно направленных теплых и холодных течений к востоку и западу от Гренландии способствует развитию циклонической деятельности в этих районах (16). В свою очередь атмосферная циркуляция и подстилающая поверхность, создавая определенный режим облачности, воздействуют на приход радиации. В свободной атмосфере с увеличением высоты вклад этих факторов в формирование климата меняется. Влияние подстилающей поверхности уменьшается, роль циркуляции возрастает (9).

Одним из важнейших климатообразующих факторов является, как известно, приход солнечной радиации, величина которой определяется облачностью и прозрачностью атмосферы. Из-за большой прозрачности атмосферы интенсивность прямой солнечной радиации в Арктике на 20% больше, чем в умеренных широтах при тех же высотах солнца (23). Большая оптическая прозрачность облаков, обусловленная особенностями их микрофизического строения, способствует значительному поступлению тепла в виде рассеянной радиации (70—80% общего прихода). Снежный покров и тонкая слоистообразная облачность приводят к увеличению рассеянной радиации по сравнению с аналогичными условиями, но при отсутствии снега в 1,5 раза. Вследствие повышенного прихода рассеянной радиации годовой приход суммарной радиации оказывается сравнимым с величинами, характерными для умеренных широт (80—90 ккал/год см<sup>2</sup>). В период полярного дня приход суммарной радиации в Арктике даже больше, чем в умеренных широтах.

Весной и осенью пространственное распределение месячных величин суммарной радиации в Арктике определяется астрономическими факторами, что обуславливает возрастание суммарной радиации с уменьшением широты. В период же полярного дня суммарная радиация полностью определяется режимом облачности и свойствами подстилающей поверхности. Так, в июне — августе наименьшие значения ее отмечаются в районах морей Баренцева, Норвежского (мало альbedo, велика облачность) и наибольшие — в Канадском арктическом архипелаге (мала облачность) и над паковыми льдами Арктического бассейна (радиация возрастает за счет рассеянной при большом альbedo поверхности, несмотря на очень большую облачность). Суммарная радиация над льдами Арктического бассейна вследствие многократного отражения между поверхностью льда и облаками на 20—25% выше, чем на береговых станциях на той же широте.

Состояние подстилающей поверхности Арктики характери-

зуется большой изменчивостью во времени и пространстве, вследствие чего здесь характерен весь диапазон значений альбедо, возможных для земной поверхности в целом. В зимнее время большая часть Северного Ледовитого океана и его окраинных морей, составляющих  $\frac{2}{3}$  площади Арктики, покрыта заснеженными льдами, континентальные районы также покрыты снегом. Это до некоторой степени сглаживает воздействие на климат указанных различных свойств подстилающих поверхностей.

Наиболее же резко проявляется влияние подстилающей поверхности летом, когда континентальные районы почти целиком освобождаются от снега, а акватория Ледовитого океана представляет собой пеструю, постоянно меняющуюся мозаику льда и открытой водной поверхности. Снежный покров и полярные льды, увеличивая суммарную радиацию, существенно снижают поглощенную радиацию — основную составляющую радиационного баланса.

Влияние океанических течений на радиационный баланс и температуру подстилающей поверхности сводится к следующему. Теплое Североатлантическое течение выносит в западные арктические моря огромное количество тепла ( $222 \cdot 10^{15}$  ккал/год). За счет океанической адвекции температура воздуха в Норвежском и Баренцевом морях повышается зимой на  $20^\circ$  (12, 14).

Холодные течения, выносящие льды из Арктического бассейна, и ледяной массив почти 10-балльной сплоченности в канадской части бассейна, увеличивая альбедо до 80%, заметно снижают температуру воздуха над ними и способствуют возникновению антициклонической циркуляции. Ответвления Гольфстрима, проникающие далеко на север и северо-восток, и холодные Восточно-Гренландское и Лабрадорское течения создают резкие различия в климатах западных и восточных частей Атлантического и Баффиноморского районов. Так, холодное Лабрадорское течение настолько снижает температуру воздуха в узкой прибрежной части Лабрадора, что граница Арктики распространяется здесь до  $55-50^\circ$  с. ш.

С характером подстилающей поверхности Арктического бассейна связана большая повторяемость здесь туманов и пасмурного неба с преимущественно низкими слоистообразными облаками.

Характер подстилающей поверхности и облачности в разные сезоны по-разному сказывается на формировании радиационного баланса. В период полярной ночи радиационный баланс определяется температурой подстилающей поверхности, стратификацией атмосферы и облачностью. Наиболее низкие значения радиационного баланса ( $-5, -6$  ккал/мес·см<sup>2</sup>) имеют место над водной поверхностью вблизи границы льда, а высокие ( $-2$  ккал/мес·см<sup>2</sup>) — в Арктическом бассейне и Канадском арктическом архипелаге с низкими температурами и постоянными инверсиями.

В летний период радиационный баланс формируется главным образом под влиянием отражательных свойств подстилающей поверхности. Наибольшие величины радиационного баланса наблюдаются над водной поверхностью (7—8 ккал/мес·см<sup>2</sup>), наименьшие — над льдами Арктического бассейна (3—4 ккал/мес × см<sup>2</sup>).

Самые высокие годовые значения радиационного баланса отмечаются на свободной от льда в течение всего года поверхности вод Норвежского и Баренцева морей.

Таким образом, ледяной покров арктических морей и отдельных участков суши является самым существенным фактором, влияющим на радиационный режим.

Воздействие атмосферной циркуляции на климат Арктики, так же как и остальные климатообразующие факторы, имеет четко выраженные сезонные особенности. Наиболее сильно циркуляция влияет зимой, когда воздействие радиации ничтожно. В это время года зональный перенос в высоких широтах нарушается частыми меридиональными переносами в толще во всей тропосфере. По классификации, принятой в ААНИИ, ему соответствуют меридиональные и восточные формы циркуляции С, Е в атлантико-евразийском районе и М<sub>1</sub>, М<sub>2</sub> — в тихоокеанско-американском. При этих типах процессов барические образования имеют четко выраженные меридиональные составляющие, способствующие межширотному воздухообмену. Циклоны и связанные с ними атмосферные фронты в высоких широтах в 70—90% являются высокими и прослеживаются в пределах всей тропосферы.

Движение циклонов в арктические районы сопровождается значительными изменениями температуры, ветра и в преобладающем большинстве случаев резкими колебаниями высоты и температуры нижней границы тропопаузы. Перемещение теплых фронтов в январе может привести к повышению температуры (до 35°) у поверхности Земли в средней и верхней тропосфере (до 20°), к усилению струйных течений и повышению нижней границы тропопаузы на 4—5 км.

В результате этого в районах интенсивного межширотного обмена, т. е. в Атлантическом и несколько слабее в Тихоокеанском, зимние температуры у поверхности Земли и в тропосфере выше, облачность, осадки и скорости ветра больше, чем в Сибирском и Канадском районах, характеризующихся более устойчивыми условиями циркуляции.

Указанные проявления характера подстилающей поверхности на радиационный режим и некоторые аспекты циркуляции атмосферы позволили Э. М. Прик построить и дать физические объяснения картам давления и температуры для всей Арктики (17). В зимний период существенным отличием от бытовавшего ранее мнения является то, что на картах этого периода полярный максимум или перемишка высокого давления, соединяющая си-

бирский и канадский антициклоны, расположена не в Арктическом бассейне, а над северными островами Канадского Арктического архипелага. Характерно также развитие ложбины пониженного давления, направленной от Шпицбергена в приполюсный район, и ложбины над Баффиновым морем, обусловленной прохождением здесь циклонов, огибающих Гренландию с запада.

Поле температуры в этот период года обусловлено положением основных барических центров, их ложбин и гребней. Положение языков теплогò воздуха хорошо иллюстрирует вынос циклонами теплых воздушных масс в сторону Арктики. Области низких температур отмечаются над Гренландией, северо-востоком Сибири и Канадским Арктическим архипелагом. Над Центральной Арктикой температура воздуха выше, чем над указанными районами, и составляет  $-30-34^{\circ}$ , в то время как над Канадским Арктическим архипелагом она равна  $-35-40^{\circ}$ , а в долинах рек северо-востока Сибири опускается до  $-50^{\circ}$ .

Зимой, когда акватория Арктического бассейна почти сплошь покрыта льдами, благодаря теплообмену между водой и атмосферой температура воздуха там на  $8-10^{\circ}$  выше, чем на побережье континентов. Вследствие активной циклонической деятельности зимой в Арктике наблюдается исключительно большая изменчивость метеорологических элементов, особенно в Атлантическом районе. Так, изменчивость температуры воздуха в среднем составляет  $6-7^{\circ}$  в сутки, а иногда достигает  $30^{\circ}$ .

Распределение давления в летний период никак не согласуется с гипотезами о существовании над полюсом довольно обширного антициклона. В центре Арктики расположена депрессия, значительная по площади, но не глубокая, что указывает на слабую интенсивность циклонов при их большой повторяемости. Существование этой депрессии, названной Б. Л. Дзержевским термической, связано с рядом однозначно направленных процессов. Большие разводья среди льдов, а также снежницы на поверхности льда приводят к небольшим температурным контрастам, которые в какой-то мере способствуют регенерации циклонов. Характерно, что топография депрессии совпадает с зоной распространения атлантических вод.

Летом над Арктическим бассейном наблюдаются устойчивые температуры воздуха и очень малый градиент температуры. Обширная область в центре Арктики расположена внутри изотермы  $0^{\circ}$ . Вблизи берегов хорошо заметно влияние теплового стока сибирских рек. В остальном положение изотерм над арктическими морями хорошо связано с наличием холодных течений или ледяных массивов (15).

В отличие от зимы летом низкая температура верхнего слоя воды в Арктическом бассейне и тающие льды способствуют быстрой трансформации воздушных масс. В приземном слое образуется поле однородных низких температур, близких к  $0^{\circ}$ , с

междусуточной изменчивостью, не превышающей в среднем  $0,5^{\circ}$ . Выше слоя выравнивания расположены снежные инверсии, играющие значительную роль в образовании и распределении летом низкой облачности.

Скорость ветра над Арктическим бассейном обычно небольшая — 4—5 м/с, что в значительной степени обусловлено наличием приземных инверсий. Слой воздуха до высоты 0,5 км характеризуется минимальными междусуточными колебаниями скорости ветра. В зимнее время с активной циклонической деятельностью связаны сильные ветры со скоростями до 25 м/с практически во всей зоне дрейфующих льдов. Однако эти величины оказываются меньше, чем на побережье или островах, где орографические возмущения способствуют усилению ветра до 60 м/с (8).

Что касается свободной атмосферы, то одной из особенностей ее термической структуры является то, что в слое от поверхности Земли до высоты 150—350 м часто наблюдается так называемая холодная пленка с большими положительными градиентами температуры. Ее образование связано с разрушением приземной инверсии вследствие динамической турбулентности. Выше «холодной пленки» следуют инверсионные слои, имеющие большую повторяемость в течение года. Арктические инверсии — явление сложное по своей природе. Они могут образовываться не только вследствие потери тепла подстилающей поверхностью в результате излучения, адвекции тепла в нижней тропосфере, оседания воздушных масс и таяния поверхности снега у льда. Повторяемость инверсий увеличивается от лета (60%) к зиме (100%). Эти инверсии весьма устойчивы, и при температурах приземного слоя воздуха  $-35$   $+40^{\circ}$  нижний слой их часто не разрушается при скоростях ветра более 20 м/с. Интенсивные инверсии в нижней тропосфере способствуют быстрой перестройке с высотой барического поля и резкому возрастанию скорости ветра и влажности (8).

В результате частой повторяемости сравнительно мощных инверсий в нижнем 2—3-километровом слое наблюдается большое число случаев двойного и тройного перехода температуры через  $0^{\circ}$ . В связи с этим в холодное время года нулевая изотерма не всегда является средней абсолютной границей между положительными и отрицательными температурами. На уровнях, расположенных ниже средней высоты нулевой изотермы, возможны отрицательные температуры, которые при облачности создают условия, вызывающие обледенение самолетов.

Среднегодовые значения температуры в Арктике значительно отличаются от таковых в умеренных широтах. В Арктике температура воздуха у поверхности Земли ниже, чем в Тбилиси, на  $27^{\circ}$ , на уровне 10 км эта разница составляет всего  $4,5^{\circ}$ . В стратосфере знак разности меняется на обратный. В Арктике среднегодовая температура, например, на высоте 14 км на  $1,5^{\circ}$

выше, чем в Тбилиси. Летом в стратосфере на высоте 20 км температура воздуха на юге территории СССР на 17—20° ниже, чем в Арктике.

Годовые амплитуды температуры в тропосфере Арктики и умеренных широт мало различаются. В стратосфере же годовая амплитуда температуры в Арктике может в 3 раза превышать амплитуду в умеренных широтах.

Разносторонние исследования структуры облаков в Арктике, полученные по материалам наблюдений «Летающей метеорологической обсерватории», выполнявшей разведку погоды в период навигации на трассе Северного морского пути, позволили выявить ряд особенностей пространственной и микрофизической структуры облаков, их радиационные и оптические свойства, турбулентность и обледенение самолетов.

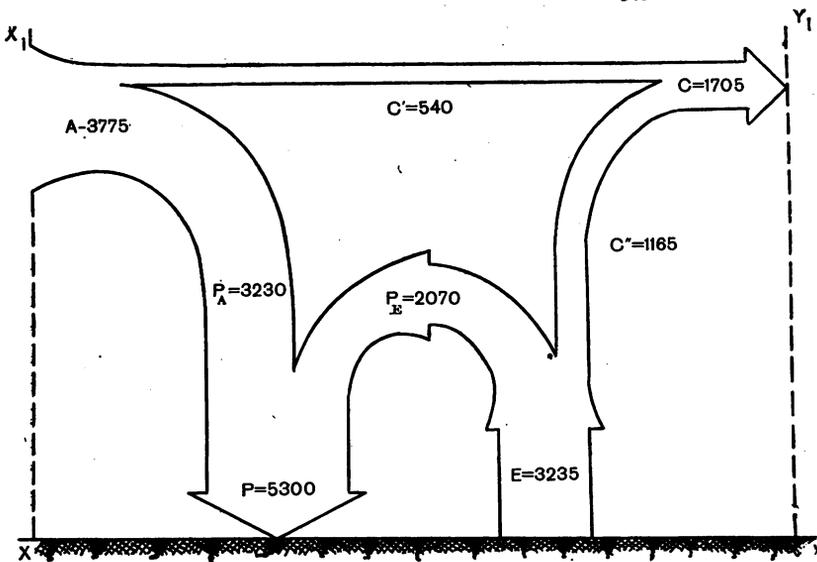
Установлено, что средняя повторяемость нижней облачности в теплый период увеличивается от побережья к центральным районам Арктического бассейна. Эта особенность распределения нижней облачности хорошо согласуется и с сезонными характеристиками барических полей в высоких широтах. Увеличение низкой облачности в высоких широтах с наступлением теплого сезона объясняется возрастанием испарения с поверхности снега и льда, увеличением влагосодержания воздуха и понижением атмосферного давления от зимы к лету (2).

Из всех форм облаков нижней тропосферы наибольшая вероятность характерна для Sc. Эта форма облаков практически в течение всего рассматриваемого периода имеет большую повторяемость (30—40%), чем St, в районе Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых.

Из облаков верхнего яруса наибольшая вероятность характерна для перистых облаков, чаще всего отмечаемых вдоль побережья, что, по-видимому, связано с положением арктического фронта. К северу от побережья природная вероятность перистых облаков уменьшается. Высота верхней и нижней границ облаков нижнего яруса над Центральной Арктикой претерпевает сезонные изменения, проявляющиеся в уменьшении высоты от весны к лету. Это уменьшение, составляющее примерно половину от среднего значения для всего периода, обусловлено понижением в летнее время уровня начала инверсий в нижней тропосфере.

В пространственном отношении отмечено понижение верхней границы от побережья в сторону высоких широт. Вертикальная мощность облачных форм в Арктике меньше, чем в умеренных широтах. В среднем для слоистых облаков она составляет 330 м, слоисто-кучевых — 510 м, в 74% случаев мощность облаков всех форм составляет менее 600 м. Большая повторяемость небольших мощностей облаков подтверждает то, что макроструктура поля температуры и влажности в Арктике характеризуется резко выраженной слоистостью по вертикали.

Установлено, что концентрация атмосферных ядер конденса-



Водный баланс атмосферы

ции в Арктике меньше, чем в умеренных широтах. В среднем в распределении ядер по широте наблюдается уменьшение их с возрастанием широты. Наиболее ярко это проявляется в нижнем 500-метровом слое, выше 1500 м широтный контраст в распределении ядер конденсации не проявляется.

Облака и туманы Арктики характеризуются в основном мелкокапельными спектрами. В облаках St и Sc основная масса капель наблюдается в интервале до 20—25 мк. Средние величины водности облаков Арктики в летне-осенний период почти наполовину меньше, чем облаков соответствующих форм умеренных широт. Кроме того, установлена связь водности облаков с характером подстилающей поверхности. Указанные особенности микрофизического строения облаков в Арктике определяют их большую оптическую прозрачность (3).

Вследствие указанных причин интенсивность обледенения самолетов в облаках Арктики меньше, чем в умеренных широтах. Как средние, так и максимальные величины интенсивности обледенения уменьшаются по направлению к высоким широтам. Вместе с тем следует отметить, что большая повторяемость облаков с отрицательными значениями температуры способствует частому обледенению самолетов.

Благодаря работе дрейфующих станций в настоящее время исследован годовой ход общего содержания озона — биологического экрана атмосферы, определены вероятности встречи биологически опасной концентрации его на различных высотах (10). Аэрологические наблюдения в Арктическом бассейне явились

основой для расчетов водного баланса атмосферы над этим районом и Северным Ледовитым океаном в целом. Выполненные расчеты позволили оценить приходную часть водяного пара над Северным Ледовитым океаном, равную  $7010 \text{ км}^3$ , из которых адвективный пар составляет  $3775 \text{ км}^3$  и  $3235 \text{ км}^3$  атмосфера получает за счет испарения. Расходная часть баланса составляет  $5300 \text{ км}^3$  воды в виде осадков и  $1705 \text{ км}^3$  воды в виде общего атмосферного стока. Таким образом, в отличие от других океанов Северный Ледовитый океан ежегодно изымает примерно  $2000 \text{ км}^3$  воды из глобального атмосферного влагооборота (4). Дальнейшие работы в области изучения атмосферного влагооборота позволяют не только оценить внутригодовые изменения составляющих водного баланса, но и их межгодовую изменчивость.

Как было показано выше, современные знания в области полярной климатологии в значительной степени удовлетворяют запросы практической деятельности в этом районе. Начатое в последнее десятилетие интенсивное освоение природных ресурсов Арктики стимулирует дальнейшее развитие исследований в области метеорологии и климатологии.

При этом выдвигаются новые крупные проблемы, имеющие важное прикладное и теоретическое значение. К числу этих проблем следует отнести в первую очередь исследование долгопериодных изменений климата и устойчивости ледяного покрова, а также выявление роли арктической области в общей цепи атмосферной циркуляции. В Арктике как области стока тепла и влаги в глобальном механизме циркуляции атмосферы климатические изменения различных временных интервалов проявляются наиболее рельефно, что создает благоприятные условия для их изучения на сравнительно коротких отрезках времени.

В настоящее время наряду с традиционными исследованиями условий формирования климата все чаще используются численные эксперименты, базирующиеся на физических закономерностях атмосферных движений и процессов тепло- и влагообмена, т. е. на интегрировании уравнений гидротермодинамики. Развитие и совершенствование этого направления исследований выдвигает на первый план необходимость количественных оценок тепло- и влагообмена в рамках самого региона и на его внешних границах. Указанные выше проблемы являются определяющими в области полярной климатологии в рамках программы полэкс (15).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вангенгейм Г. Я. Метеорологические условия района Земли Франца-Иосифа в теплое время года (апрель—август). — Тр. Аркт. ин-та, т. 103, 1937.
2. Воскресенский А. И., Чуканин К. И. Метеорологические условия облечения самолетов в облаках типа Sc и St. — Тр. Аркт. и антаркт. ин-та, т. 228. Л., «Морской транспорт», 1959.

3. *Воскресенский А. И.* Водность облаков Арктики. — Тр. Аркт. и антаркт. ин-та, т. 239. Л., «Морской транспорт», 1962.
4. *Воскресенский А. И., Бурова Л. Н.* Основные черты влагооборота над северной полярной областью. — «Тр. Аркт. и антаркт. ин-та», т. 323. Водный баланс и гидрология Арктики. Л., Гидрометеониздат, 1974.
5. *Дзержевский Б. Л.* Циркуляция атмосферы в Центральном полярном бассейне. — «Тр. дрейф. ст. «Северный полюс», т. 1. Л., изд-во Главсевморпути, 1941—1945.
6. *Долгин И. М.* Некоторые результаты исследований атмосферы над Северным Ледовитым океаном. — в Сб.: «Проблемы Арктики и Антарктики», вып. 11. Л., «Морской транспорт», 1962.
7. *Долгин И. М., Лайтман Д. Л., Русин Н. П., Трешников А. Ф.* Итоги метеорологических исследований в Арктике и Антарктике. — «Тр. Всесоюзного научного метеорологического совещания», т. 1. Л., Гидрометеониздат, 1962, стр. 58—71.
8. *Долгин И. М., Воскресенский А. И., Маршупова М. С., Прик З. М.* Основные итоги и перспектива аэрометеорологических исследований в полярных областях. — Сб.: «Проблемы Арктики и Антарктики», вып. 36—37. Л., Гидрометеониздат, 1970.
9. *Долгин И. М., Прик З. М., Воскресенский А. И., Гаврилова Л. А., Маршупова М. С.* Условия формирования радиационного и аэрометеорологического режима в Арктике. — «Тр. V Всесоюзного метеорологического съезда», т. III. Л., Гидрометеониздат, 1972.
10. *Каримова Г. У.* Результаты измерения общего содержания озона в Арктике. — Тр. Аркт. и антаркт. ин-та, т. 287. Л., Гидрометеониздат, 1969.
11. *Кренкель Э. Т.* «Раем — мои позывные. Изд-во «Сов. Россия». М., 1973, стр. 495.
12. Климат полярных районов. Пер. с англ. под ред. Борисенкова Е. П. Л., Гидрометеониздат, 1973, стр. 440.
13. *Леонтьева Е. А.* Основные черты климата острова Врангеля и Чукотского побережья. Материалы по климатологии полярных областей СССР, вып. 5. — «Тр. Аркт. ин-та», т. 86, 1935.
14. Метеорологический режим зарубежной Арктики под редакцией И. М. Долгина. Л., Гидрометеониздат, 1972, стр. 227.
15. *Прик З. М., Шапаев В. М.* О влиянии ледовитости моря на колебание метеорологических элементов. — «Тр. Аркт. и антаркт. ин-та», т. 217. Л., «Морской транспорт», 1959.
16. *Прик З. М.* Среднее положение приземных барических и термических полей в Арктике. — «Тр. Аркт. и антаркт. ин-та», т. 217. Л., «Морской транспорт», 1959.
17. *Рагозин А. И., Чуканин К. И.* Средние траектории и скорости перемещения барических систем в Евразийской Арктике и Субарктике. — «Тр. Аркт. и антаркт. ин-та», т. 217. Л., «Морской транспорт», 1959.
18. *Русинова И. Л.* Северная Земля. Материалы по климатологии полярных областей СССР, вып. 2. — «Тр. Аркт. ин-та», т. XVI, 1936.
19. *Рязанцева З. А.* Новая Земля и Земля Франца-Иосифа. Материалы по климатологии полярных областей СССР, вып. 4. — «Тр. Аркт. ин-та», т. IXXIX, 1937.
20. *Трешников А. Ф.* Итоги и перспективы полярного эксперимента. Л., ААНИИ 1973.
21. *Федоров Е. К.* Метеорологические приборы и наблюдения. — «Тр. дрейф. ст. «Северный полюс», т. 2. Изд-во Главсевморпути, 1941—1945, стр. 5—30.
22. *Черниговский Н. Т., Маршупова М. С.* Климат Арктики (радиационный режим). Гидрометеониздат, 1965.

Л. П. КУПЕРОВ

### **ДРЕЙФУЮЩИЕ СТАНЦИИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС» НА НОВОМ ЭТАПЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Прогресс экспериментального естествознания существенно зависит от разработки и внедрения новых приборов и аппаратов, расширяющих и углубляющих познавательные способности исследователя.

Начиная с первых послевоенных высокоширотных воздушных экспедиций, на дрейфующих льдах Центральной Арктики безупречно работают магнитные вариационные станции оригинальной конструкции, разработанные и изготовленные в ААНИИ (МВС ААНИИ).

С апреля 1954 г. (СП-3) дрейфующие станции были оснащены малогабаритными ионозондами для вертикального зондирования ионосферы, также разработанными и изготовленными в ААНИИ («Эфир» ААНИИ).

В период Международного геофизического года и года международного сотрудничества (1957—1960 гг.) комплекс МВС и ионозондов «Эфир» дополнился специальными камерами (С-180 и С-180-S) для фотографических и спектральных автоматических регистраций полярных сияний. Начатые ранее измерения напряженности поля наземных радиостанций после запуска в СССР первого искусственного спутника Земли также дополнились изучением прохождения радиосигналов маяков спутника.

Научные итоги геофизических исследований на дрейфующих станциях с привлечением данных стационарных арктических обсерваторий за период до конца 1959 г. подробно изложены известными советскими геофизиками в двух статьях, опубликованных в связи с 40-летним юбилеем Арктического и антарктического научно-исследовательского института в 1960 г. (6) и 25-летием дрейфующих станций в 1962 г. (8).

Этот период можно считать первым этапом геофизических исследований на дрейфующих станциях «Северный полюс».

Общий научный итог первого этапа заключается в открытии и доказательстве существования двух изменяющихся во времени и пространстве областей протекания геофизических процессов в Арктике. Одна область, называемая полярной шапкой, включает географический и геомагнитный полюса, другая — так называемый овал полярных сияний (или авроральная зона) — окружает полярную шапку.

Выполненные на первом этапе исследования раскрывают общие закономерности геофизических явлений в полярной шапке и в овале полярных сияний. Исследованы быстро изменяющиеся явления и процессы — геомагнитная и ионосферная возмущенность, полярная область F ионосферы, спорадическая ионизация E-слоя, активность сияний. Оказалось, что одинаковые по названию явления и понятия имеют разную природу и свойства в полярной шапке и в овале полярных сияний.

Наряду с этим изучены вековые изменения постоянного магнитного поля Земли в Арктике путем сравнения с наблюдениями на «Фраме» в 1892—1894 гг., «Мод» в 1923 г., л/п «Г. Седов» в 1937—1940 гг. и СП-1.

Впервые обнаружено и доказано влияние океана на геомагнитные вариации (эффект Жигалова, СП-6, 1958 г.).

Вместе с тем было замечено, что имеющийся на дрейфующих станциях и в стационарных обсерваториях комплекс геофизической аппаратуры не всегда может дать исчерпывающее количественное описание физических событий, происходящих в полярной ионосфере.

Такое же замечание относится и к гидросфере, когда речь идет об исследовании влияния океанической толщцы на геомагнитные вариации.

В силу сказанного при участии ААНИИ были разработаны и изготовлены приборы для непрерывной регистрации уровня космического радиоизлучения (риометры). Эти приборы значительно расширили возможности исследования состава заряженных частиц, обуславливающих поглощение радиоволн в слое D (50—80 км) ионосферы в данном пункте полярной шапки или авроральной зоны.

В настоящее время риометр является единственным прибором для непрерывной регистрации изменений ионизации на уровне слоя D. Ракеты дают дискретные сведения, а для спутников высота области D недоступна.

На дрейфующих станциях риометры начали функционировать с ноября 1963 г. (СП-10).

Для непрерывной регистрации интенсивности свечения ночного неба на дрейфующих станциях (СП-13, 1965 г.) стали применяться изготовленные в ААНИИ фотометры с фильтрами на различные длины волн (3914 Å, 5577 Å, 6300 Å). Использование фотометров позволило обнаруживать поступление малознергичных частиц (как протонов, так и электронов) на уровень высо-

ты полярных сияний. Это оказалось особенно важным обстоятельством для изучения геофизических явлений в полярной шапке.

На СП-13 (1965—1966 гг.) была проведена непрерывная регистрация напряженности поля в диапазоне сверхдлинных радиоволн на трассах, проходящих через полярную шапку. Этот метод оказался в известном смысле эффективным для обнаружения очень слабых солнечных протонов, вторгающихся в область слоя D полярной шапки при хромосферных вспышках. Вторжение солнечных протонов обнаруживается по аномальному суточному ходу (инверсия суточного хода) напряженности поля в диапазоне сверхдлинных радиоволн.

Наконец на СП-13 в 1964 г. проведены подводные магнитные измерения. Для этих целей в ААНИИ был разработан и изготовлен подводный магнитный вариометр вертикальной составляющей геомагнитного поля (ПМВ-Z).

До этого времени электромагнитные процессы в толще океанских вод были изучены очень слабо. Известно несколько попыток измерения магнитного поля в глубине океана, не приведших к надежным результатам из-за несовершенства аппаратуры. Изучение вертикального распределения магнитного поля в океане важно как для теоретических, так и для практических целей. Так, подводная магнитная съемка морского дна позволила бы определить элементы залегания намагниченных тел методом вертикальных градиентов; в этом случае при интерпретации необходимо было бы учитывать собственные поля водной толщи. Для выделения таких собственных полей как раз требуются приборы, регистрирующие магнитное поле на различных глубинах, то есть необходимо выполнить зондирование «сквозь слои».

Выполненные на СП-13 наблюдения показали, что вариации поля на глубине и на поверхности отличаются по величине, превышающую в ряде случаев ошибки наблюдений. Рассмотрена качественная сторона некоторых полученных эффектов.

После подведения итогов МГГ и МГС\* в 1964—1965 гг. был проведен Международный год спокойного Солнца (МГСС), давший исключительно важные результаты исследований околоземного космического пространства с помощью искусственных спутников Земли и космических ракет.

Эти результаты привели к коренному пересмотру основных представлений о физических процессах, протекающих в окрестностях Земли, о структуре геомагнитного поля и о природе и механизме возникновения целого ряда геофизических явлений.

Огромный вклад в новое понимание геофизических процессов внесло изучение природы Антарктики. Это изучение создало представление о единстве и взаимообусловленности физических

---

\* МГГ — Международный геофизический год (1957/58), МГС — Международное геофизическое сотрудничество (1958—1960 гг.).

явлений, составляющих электромагнитный комплекс Земли в целом. Ярким примером такой целостности служат геофизические явления в магнитно-сопряженных точках, которые находятся на концах одной и той же геомагнитной силовой линии, идущей из южной полярной шапки через экваториальную плоскость в северную полярную шапку (1, 2, 4).

Итогом геофизических исследований, проведенных на дрейфующих станциях в комплексе с полярными обсерваториями, явились научные достижения. Так, например, обнаружены локальные аномалии в Центральной Арктике, определены районы их преимущественного местоположения, выявлены размеры и интенсивность, исследованы глубины источников некоторых аномалий.

Исследована связь между рельефом дна и геомагнитным полем.

Впервые получены наиболее достоверные данные о вековых изменениях геомагнитного поля в некоторых пунктах Северного Ледовитого океана.

Исследована магнитная возмущенность в высоких широтах. Найдена зависимость интенсивности утренних, дневных и ночных возмущений от географического положения пункта наблюдения. Подтверждено и уточнено существование второй зоны максимума магнитных возмущений, расположенной в приполюсной области и характерной для летних месяцев.

Построены синоптические карты магнитной активности для разных сезонов и времени суток для годов максимума и минимума солнечной активности.

Установлена связь между развитием полярных магнитных возмущений и образованием кольцевого тока в магнитосфере, ответственного за главную фазу магнитных бурь.

Исследована магнитная сопряженность в вариациях геомагнитного поля и в авроральном поглощении радиоволн.

Проведены эксперименты для исследования электромагнитного поля в водных толщах океана, обнаружен новый тип магнитных вариаций, источником которых являются морские течения; предложен новый способ электромагнитного измерения скоростей морских течений.

Исследованы особенности аномальной ионизации области F полярной ионосферы в связи со спутниковыми данными о потоках малоэнергичных электронов и протонов, обнаруженных на высоте 1000 км.

Открыты и детально исследованы два класса E<sub>s</sub> отражений. В полярной шапке вплоть до геомагнитных полюсов частота появления E<sub>s</sub> отражений уменьшается с увеличением магнитной активности, а в авроральной зоне растет.

Фактическими наблюдениями подтверждено существование полярных сияний в зените вблизи географического полюса в магнитно-спокойные дни.

Детально установлено пространственное и временное распределение аврорального поглощения, характер его связи с полярными сияниями и геомагнитными возмущениями. Построена схема развития аврорального поглощения с учетом меридиональных и долготных движений заряженных частиц в магнитосфере Земли.

Изучено поглощение типа полярной шапки, получены практические выводы для решения ряда проблем радиосвязи в высоких широтах, а также для оценки радиационной обстановки в космическом пространстве по данным наземных наблюдений.

Заканчивая краткий обзор научных достижений, необходимо с благодарностью отметить большой коллектив сотрудников Арктического и антарктического научно-исследовательского института, в свое время принимавших активное участие в разработке аппаратуры, в непосредственных наблюдениях, а также в научных исследованиях.

Следует заметить, что почти все участники дрейфующих станций являются авторами оригинальных опубликованных работ, результаты которых отражены в данной статье.

Как нам представляется, авторы добились наибольших успехов в исследовании авроральной зоны по стационарной сети советских и зарубежных арктических обсерваторий. При этом данные дрейфующих станций служили критерием для сопоставления и сравнения. Только в комплексе с дрейфующими станциями находилось правильное решение для авроральной зоны, соответствующее действительности. В этом заключалось, пожалуй, главное значение дрейфующих станций за рассматриваемый период времени.

То, что в этот период преобладал сравнительный метод изучения, свидетельствует создавшееся положение, при котором мы лучше знаем различия между полярной шапкой и авроральной зоной и природу этих различий, чем сами механизмы в отдельности, более того, нам известно различие, но мы мало или ничего не можем сказать о его природе. Примером последнего утверждения может служить несовпадение овала полярных сияний с кольцевой зоной аврорального поглощения.

Однако не следует думать, что такое положение существует в равной степени для всех исследуемых явлений. Поглощение типа полярной шапки и авроральное поглощение изучены наиболее полно как в сравнении с другими процессами, так и сами по себе.

В этой связи необходимо обратить внимание еще на проблемы, детальная разработка которых началась в последние годы. Это пространственно-временное распределение аномальной ионизации в области высоких широт,  $E_s$  отражения и изменения положения полярной нейтральной линии на магнитосфере Земли.

Указанные проблемы, по-видимому, выбраны не случайно, так как они непосредственно связаны с насущными практически-

ми задачами, к решению которых призваны геофизики Арктического и антарктического научно-исследовательского института.

С проблемой поглощения типа полярной шапки, вызываемого вторжением высокоэнергичных солнечных протонов, непосредственно связаны вопросы надежности коротковолновой радиосвязи, обеспечение радиационной безопасности космических полетов, изменение барического поля у поверхности Земли, взрывные потепления в полярной стратосфере. Проблемы аврорального поглощения, аномальная ионизация области F полярной ионосферы и E<sub>s</sub> отражения также практически обусловлены задачами коротковолновой радиосвязи.

Изучение изменения географического положения полярной нейтральной линии по наземным данным о магнитной возмущенности может найти практическое применение в прогнозировании магнитных бурь для целей навигации по Северному морскому пути и акваториям Северного Ледовитого океана.

Наконец, необходимо обратить внимание на проблему изучения электромагнитного поля океана, эксперименты по которой были начаты на СП-13 в 1964 г. В этой связи уместно привести высказывание академика Л. Бреховских, вполне определенно поставившего задачу также и перед Гидрометеослужбой\*: «Нужно создать геологическую модель земной коры под океаном. Это необходимо для построения картины глобальной тектоники нашей планеты и выявления запасов полезных ископаемых. Точно так же, как нельзя прогнозировать погоду Земли, не учитывая громадные области ее поверхности, покрытые океанскими водами, нельзя познать и геологическую историю планеты и геологические процессы, протекающие в нашу эпоху, не занимаясь геологией океанского дна. Геологическая модель должна включать в себя также и геофизические поля в океане — гравитационное, магнитное, тепловой поток из земной коры... Безусловно, все эти работы будут проводиться институтами Академии наук в тесном содружестве с Министерством геологии СССР, Гидрометеослужбой и другими ведомствами».

В плане исследования магнитосферы и ее взаимодействия с ионосферой Земли и в целом в аспекте солнечно-земной физики основной задачей дрейфующих станций «Северный полюс» является изучение геофизических процессов в центральной части полярной шапки. Территориально эта область включает пространство между северным географическим и геомагнитным полюсами.

Значительная часть этого пространства в течение суток находится внутри овала полярных сияний, так что точки ионосферы при суточном вращении Земли все время остаются связанными с геомагнитными силовыми линиями, сдуваемыми солнеч-

\* Л. Бреховских. Планета Океан. — «Известия», 9 июня 1973 г.

ным ветром в хвост магнитосферы. Благодаря этому поперечные размеры магнитосферы меньше продольных.

Входящие в ионосферу центральной части северной полярной шапки геомагнитные силовые линии образуют внешнюю оболочку магнитосферы.

По фотометрическим наблюдениям (12) обнаружены малоэнергичные электроны с энергиями  $E \approx 0,5$  кэВ в поясе исправленных геомагнитных широт  $70-80^\circ$  на ночной стороне Земли и  $75-84^\circ$  — на дневной.

По-видимому, такие малоэнергичные электроны осаждаются в центральную часть полярной шапки по геомагнитным силовым линиям, образующим, как было сказано, внешнюю оболочку магнитосферы.

Имеется предположение о том, что источником малоэнергичных электронов является трансформированная плазма солнечного ветра, содержащаяся в переходной области, граничащей с магнитосферой (5). В таком случае перед нами встает проблема транспорта плазмы из переходной области во внешние слои магнитосферы.

Таким образом, одной из главных задач геофизических наблюдений на дрейфующих станциях «Северный полюс» должно быть исследование потоков малоэнергичных заряженных частиц.

В одной из упомянутых ранее проблем преобладание структуры аномальных F отражений во внутреннем районе полярной шапки связывается с проникновением малоэнергичных протонов с энергиями  $1-10$  кэВ вдоль силовых линий из хвоста магнитосферы. В этом случае высокие предельные частоты отражений, регистрируемые ионозондом, не характеризуют плотность ионизации, а являются сложной функцией размеров и структуры облаков, вытянутых вдоль силовых линий магнитного поля Земли (3).

Следовательно, ионозонды на станциях «Северный полюс» могут служить хорошим индикатором малоэнергичных частиц.

Следует заметить, что из закона электрической нейтральности среды вытекает существование обратных потоков малоэнергичных электронов из ионосферы по силовым линиям навстречу потокам из магнитосферы (3,9), приводящих к возникновению нерегулярностей в ионосфере, которые, по-видимому, будут регистрироваться ионозондом как аномальные F отражения.

Для изучения геофизических процессов центральной части или внутреннего района полярной шапки необходимы непрерывные наблюдения. Между тем, например, ионосферные наблюдения непосредственно на географическом полюсе и приполюсном районе были только на СП-3, т. е. 20 лет назад.

Искусственные спутники, как это видно из опубликованной таблицы космических объектов за 1957—1967 гг. (11), пролетали над центральной частью полярной шапки (севернее  $85^\circ$  широты) очень редко: 38 спутников из 617.

В связи с этим чрезвычайно эффективно изучение ионосферы внутреннего района полярной шапки «на просвет» путем регистрации радиосигналов маяков спутников. Дело в том, что на дрейфующих станциях «Северный полюс» в отличие от стационарных обсерваторий (10) каждый пролет спутников с наклоном орбиты  $65^\circ$  и более можно регистрировать в пределах прямой видимости. Спутники с наклоном орбиты  $65^\circ$ , как известно, запускаются систематически, а интерпретация изменений силы радиосигнала маяка спутника в пределах прямой видимости становится наиболее простой и однозначной, поскольку известен «просвечиваемый» объем ионосферы.

Первые опыты, проведенные в 1969—1970 гг. на СП-16 и СП-19, по регистрации радиосигналов маяков спутников на две взаимно перпендикулярные антенны (для исключения эффекта вращения плоскости поляризации) дали положительные результаты (7).

Теперь следует кратко остановиться на проблеме транспорта малоэнергичных частиц солнечного ветра из переходного слоя в самые внешние слои магнитосферы. Одно из возможных объяснений заключается в проникновении малоэнергичных частиц через нейтральные точки, образующиеся на магнитосфере в результате пересоединения и взаимного уничтожения геомагнитного поля противоположно направленным межпланетным магнитным полем.

Таким образом, геофизики Арктического и антарктического научно-исследовательского института, верные славным традициям первой дрейфующей станции «Северный полюс», готовы продолжать научную вахту на новом этапе, подготовленном самоотверженным трудом предшествующих коллективов полярных исследователей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беспрованная А. С., Горбушина Г. Н., Дриацкий В. М., Жигалов Л. Н., Оль А. И. Результаты геофизических исследований в высоких широтах. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1967, вып. 27, стр. 134—151.
2. Беспрованная А. С., Дриацкий В. М., Жигалов Л. Н., Куперов Л. П., Смирнов В. Б. 50 лет геофизических исследований в высоких широтах. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1970, вып. 36—37, стр. 174—191.
3. Беспрованная А. С. Пространственно-временное распределение аномальной ионизации в области F-высоких широт. — «Труды Аркт. и антарктического науч.-исслед. ин-та», 1972, т. 310, стр. 66—78.
4. Брюселли Б. Е. Основные результаты геофизических исследований в высоких широтах. — «Информ. бюлл. Сов. антаркт. экспед.», 1966, № 57, стр. 107—119.
5. Грингауз К. И. Малоэнергичная плазма в магнитосфере Земли. — В кн.: «Физика магнитосферы». М., Изд. «Мир», 1972, стр. 413—461.
6. Дриацкий В. М., Милаев Н. А., Никольский А. П., Федченко К. Ж. Развитие геофизических исследований в Арктике за 40 лет. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1960, вып. 4, стр. 97—110.
7. Иванов Ю. Г., Куперов Л. П., Солодовников Г. К., Чалая М. Н. Длительность информационных замираний и флуктуации амплитуды радиосигна-

лов ИСЗ в северной полярной шапке и авроральной зоне. — «Космические исследования», 1974, т. 12, вып. 3, стр. 387—395.

8. *Игнатов В. С., Милев Н. А., Никольский А. П.* Результаты геофизических исследований в Центральной Арктике. — «Проблемы Арктики и Антарктики», 1962, вып. 11, стр. 65—74.

9. *Кеннед Ч. Ф.* Следствия существования магнитосферной плазмы. — В кн.: «Физика магнитосферы». М., 1972, стр. 462—516.

10. *Куперов Л. П.* Наблюдения за радиосигналами 3-го ИСЗ в Арктике. — В кн.: «Исследования распространения коротких радиоволн». М., «Наука», 1973, стр. 208—214.

11. Маленькая энциклопедия. Космонавтика. М., «Советская энциклопедия», 1968, стр. 528.

12. *Paulikas G. A.* The Patterns and Sources of High-Latitude Particle Precipitation. Reviews of Geophysics and Space Physics, Vol. 9, N 3, August 1971, p. 659—701.

М. НОВИКОВ, Ю. ХМЕЛЕВСКИЙ,  
Д. ШПАРО, А. ШУМИЛОВ

### ПЕШИЕ ПОХОДЫ В АРКТИКЕ

Тридцатые годы ознаменовали качественный поворот в истории освоения советской Арктики. Вместо героических усилий одиночек во главу угла было поставлено массивированное, плановое, общенациональное наступление. В летопись Арктики навсегда войдут первый в мировой истории сквозной переход «Сибирякова» Северным морским путем за одну навигацию, двухлетняя зимовка Ушакова-Урванцева на Северной Земле, знаменитая челюскинская эпопея.

Навсегда останутся в летописи героический дрейф знаменитой четверки во главе с И. Д. Папаниным, сенсационные перелеты советских летчиков через Северный полюс и многое, многое другое.

Но не менее важным было и то, что в эти годы были организованы десятки полярных станций. «Тогда мы учились жить в Арктике», — вспоминает известный советский полярник Б. А. Кремер.

Дрейф папанинцев открыл новые широчайшие возможности для научного изучения Арктики. Уже более 40 лет дрейфующие станции выполняют целый комплекс научных наблюдений. В настоящее время действует уже 23-я такая станция — СП-23. Но, вспоминая о героическом дрейфе СП-1, нельзя не отметить, что И. Д. Папанин вообще во многом способствовал «оживлению» Арктики. Здесь следует сказать и о том, что он руководил строительством одной из первых радиостанций в советской Арктике, и о том, что он создал одну из крупнейших полярных станций на мысе Челюскин. Наконец одним из первых И. Д. Папанин сумел доказать возможность и желательность «семейных зимовок», работая в Арктике вместе со своей женой Галиной Кирилловной.

Освоение Арктики стало возможным только благодаря именно такому сочетанию героических деяний с прозаическим «оживлением» Арктики. Благодаря этому выросли в нашей стране ог-

ромные заполярные города, успешно ведутся разработки полезных ископаемых.

Но и до сих пор есть районы на Таймыре, Северной Земле, Чукотке, где еще не ступала нога человека.

Нам кажется, что и пешие походы учат жить в Арктике, причем жить, обходясь во многом без благ современной цивилизации. Шесть лет при газете «Комсомольская правда» существует общественная научно-спортивная экспедиция. Пешком и на лыжах, зачастую с легкими лодками, с рюкзаками за спиной ее участники за эти годы прошли по тундре, по припайному и дрейфующему льду свыше 5000 км.

Условия подобных переходов в наше время несколько экзотичны, но вместе с тем они как бы в концентрированном виде отражают ситуации кораблекрушений, авиационных катастроф, происшествий с поисковыми, геологоразведочными и другими подобными группами. Опыт показывает, что при самой тщательной подготовке «происшествия» неизбежны при наблюдающемся энергичном продвижении человека в труднодоступные районы Крайнего Севера и Антарктиды.

Может возникнуть вопрос о научной ценности подобных переходов. Видимо, ответом на него служат многочисленные специальные программы: медико-психологические, биологические, историко-географические, астрономические и т. д., специально составленные для экспедиции.

«Естествоиспытатель» — почти забытое теперь слово. Лабораторный ученый, смотрящий на мир в окуляр прибора или через дырочку перфокарты, не всегда, может быть, и согласится, что непосредственный тесный контакт с природой может дать ему какие-либо преимущества. Но такие преимущества есть. Уолли Херберт, начальник английской экспедиции, которая в 1967—1968 гг. пересекла на собачьих упряжках Северный Ледовитый океан, писал: «Я был твердо убежден, что, пройдя пешком через вершину мира, мы узнаем больше об окружающей природе, чем если бы мы летели, плыли под водой или разместились в теплых лабораториях на льду».

При подготовке походов участники экспедиции широко использовали богатейший опыт советских полярников. Но специфические условия зачастую требовали подготовки специального снаряжения — максимально легкого, компактного, подготовки особых пищевых рационов. В этом отношении много полезного удалось почерпнуть из отчетов и дневников полярных исследователей начала века — «эры собачьей упряжки», когда человек не был еще так технически вооружен, как в настоящее время. Вместе с тем широко использовались самые современные достижения: синтетические материалы, легкие и прочные сплавы, новинки радиотехники. В настоящее время многие предметы снаряжения (радиостанции, лодки, палатки, рюкзаки), по-видимому, удовлетворяют самым строгим требованиям. Накопленный нами

опыт также, возможно, окажется полезным географам, геологам, топографам, автономно работающим в труднодоступных уголках нашей страны.

Начало работы экспедиции — двухнедельный лыжный переход весной 1969 г. по Большеземельской тундре: Воркута — Амдерма. В 1970 г. сорокапятилетнему юбилею центральной молодежной газеты был посвящен лыжный переход по маршруту: озеро Таймыр — залив Фаддея — острова «Комсомольской правды» — мыс Прончищева — мыс Папанина — мыс Челюскин. «Комсомольская правда», широко освещая это путешествие, возвращала читателей к истории героических лет освоения советского Севера, к первой зимовке на мысе Челюскин, начальником которой был И. Д. Папанин, к первому в мире арктическому автопробегу Н. Н. Урванцева и т. д.

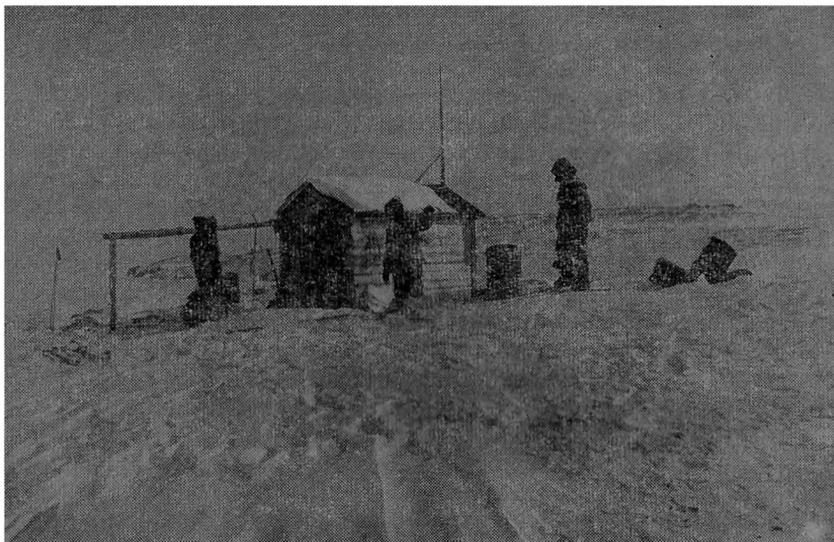
Участники полярной экспедиции «Комсомольской правды» — молодые ученые, инженеры — восприняли Арктику страной романтической и суровой с героическим прошлым и настоящим, страной особого братства людей. Огромное впечатление произвела на них избушка И. Д. Папанина на мысе Папанина, которая сегодня одновременно служит и теплым гостеприимным домом в арктической пустыне, и музеем, который опекают комсомольцы мыса Челюскин. В избе — продукты, заряженные аккумуляторы, которые питают электрическую лампочку, печка на солярке и запас горючего. В избе — книга-журнал. Вот одна из записей в журнале:

«10 сентября 1968 г. Дорогой товарищ! Мы не знаем, какие ветры занесли тебя на этот далекий берег. Но если ты попал сюда, кто бы ты ни был, мы уверены, что ты пришел с благородной целью. Храни этот маленький памятник (избушку И. Д. Папанина) как памятник мужества покорителей Арктики!!! Экипаж карбаса «Щелья». Буторин, Рыбаченко.»

«8 мая 1969 г. В 14.00 прибыли на вездеходе Волчек, Волков, Комарков, Рябинин, Эйсер, Чумагин. Навели порядок в избушке, отметили день Победы...»

Участники экспедиции «Комсомольской правды» также сделали запись в этой книге. Они поблагодарили Волчека, Волкова и других за заботу об избушке. В доме были оставлены продукты.

К спортивно-туристическим переходам повышенной трудности на лыжах по арктическим районам проявили внимание специалисты в области питания и медицины. В маршрут 1971 г. по Северной Земле был взят большой набор специальных рационов, подготовленных сотрудниками ВНИИ консервной и овощесушильной промышленности (ВНИИКОП) с целью испытания этих рационов в условиях пешего арктического перехода. Специалистов интересовали в первую очередь вопросы технологии



Избушка Папанина на мысе Папанина  
(в р-не мыса Челюскин)

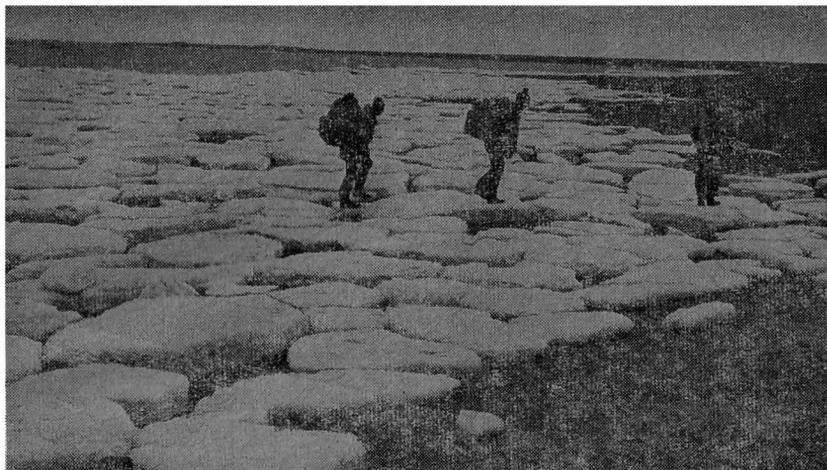
приготовления блюд в этих условиях, упаковка и фасовка рационов, организация и режим питания, оценка вкусовых качеств продуктов и т. п. В состав рационов был включен ряд продуктов, изготовленных для питания различных контингентов населения в условиях Крайнего Севера, в частности различные виды мясных, хлебных и молочных концентратов.

В 1971 г. наша экспедиция прошла по маршруту: острова Краснофлотские — остров Октябрьской революции — фьорд Матусевича — восточный берег острова Комсомолец — пролив Красной Армии — остров Средний. Во время перехода проводились специальные медико-психологические исследования по программе, составленной учеными Института медико-биологических проблем Министерства здравоохранения СССР (ИМБП). Изучались особенности приспособления человека и малой группы людей к стрессовым ситуациям.

Определенным развитием работы экспедиции стал выход на дрейфующий лед. Имелась «схоженная» группа из тренированных, опытных людей, которая располагала необходимым походным снаряжением и питанием.

На дрейфующем льду предполагалось проверить радиосвязь и лодки.

После подробных консультаций с учеными Арктического и Антарктического НИИ, в первую очередь с директором институ-



По льду во время отлива  
(Западное побережье Таймырского п-ва)

та А. Ф. Трешниковым, подходящим был признан маршрут: мыс Шмидта — остров Врангеля.

7 апреля 1972 г. в 30 км к западу от мыса Шмидта группа из 7 человек вышла на дрейфующий лед пролива Лонга. На восьмой день заболевший участник в сопровождении товарища был эвакуирован на вертолете. Группа из 5 человек финишировала 26 апреля на юго-западном мысе острова Врангеля — мысе Блоссом.

Пересечение пролива заняло 20 дней. Рационы питания были взяты на 25 дней. При этом вес рюкзака на старте был 51 кг. Для специально тренированного человека этот вес является приемлемым, однако двигаться с ним по торосам, по тонкому соленому льду, на котором совершенно отсутствует скольжение, очень тяжело.

Следует заметить, что пролив Лонга отличается исключительно большими скоростями течений, что обуславливает интенсивное торошение, постоянные подвижки льда, большое количество участков открытой воды. Однако хорошее снаряжение и тренированность участников позволили успешно завершить переход.

Подробный отчет о переходе по льдам пролива Лонга был направлен во все заинтересованные организации, в частности в ААНИИ и ИМБП. По результатам перехода был сделан ряд научных сообщений. Так, трое из авторов настоящей статьи (М. А. Новиков, Ю. И. Хмелевский и Д. И. Шпаро) 9 августа 1972 г. сделали доклад в отделе полярной медицины ААНИИ.

Результаты медико-биологических исследований докладывались в октябре 1972 г. на IV Всесоюзной конференции по космической биологии и авиакосмической медицине в г. Калуге, в 1973 г. — в Московском обществе физиологов.

Работы 1972 г. позволили определить оптимальные рационы питания и режим движения.

Рабочий день группы с точностью до получаса выглядел следующим образом:

- 4.30 — подъем дежурного,
- 6.00 — общий подъем,
- 6.00 — 6.30 — завтрак в спальнях мешках,
- 6.30 — 10.00 — обработка дневниковых материалов и сборы,
- 10.00 — 14.30 — дневные переходы,
- 14.30 — 16.30 — обед,
- 16.30 — 20.00 — вечерние переходы,
- 20.00 — 22.30 — устройство лагеря и приготовление ужина,
- 22.30 — 23.00 — ужин в спальнях мешках,
- 23.00 — сон.

Отклонения от этого режима были исключением. Из обеденного времени 1 час занимает сон. Таким образом, суточная норма сна возрастает до 8 часов. Раз в 5—6 дней один из участников (дежурный) недосыпает полтора часа. Этот дефицит быстро компенсируется: можно вздремнуть на привале, раньше других уснуть вечером.

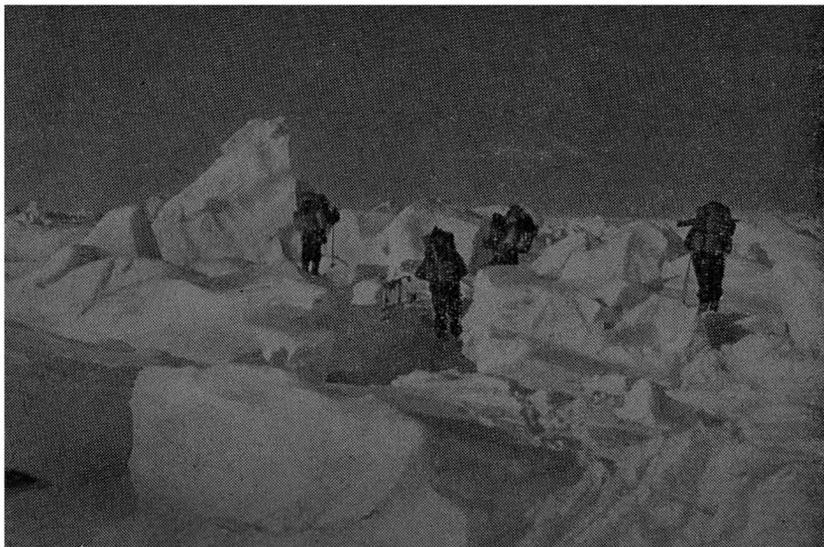
В среднем за 20 дней продолжительность дневных переходов составила 8 часов 07 минут. Из них 60 минут в среднем уходило на разведку оптимального пути и 47 минут — на преодоление водных преград. На маршруте были две дневки. Всего было пройдено 300 км, и средняя скорость одного перехода была равной 2,6 км/час.

Мы можем рекомендовать следующие средние нормы:

- ночной сон — 7 час.,
- утренние сборы и завтрак — 3 час.,
- движение — 8 час. 30 мин.,
- обед — 2 час. 30 мин.,
- вечерние работы и ужин — 3 час.

Затрачивая по-прежнему около двух часов на разведки и водные переправы, имеем теперь 6,5 ходовых часа. Таким образом, дневной путь равен:  $6,5 \times 2,6 \approx 17$  км. В случае если разведки и переправы не нужны, то с той же скоростью можно проходить  $8,5 \times 2,6 \approx 22$  км. Впрочем, в последнем случае и скорость выше: не менее 4 км/час, то есть ежедневно можно покрывать более 34 км.

Практический интерес представляют организация питания и рационы участников экспедиции.



Среди торосов в проливе Лонга

Переходы на лыжах, особенно по дрейфующему льду, в условиях низких температур связаны с большими физическими нагрузками, большими затратами энергии. Эти затраты определяются значительным весом рюкзаков (в среднем 40—45 кг), тяжелой одеждой и лыжами (общий вес около 8 кг), трудным рельефом льда, большой продолжительностью рабочего дня (8 часов движения) и круглосуточным пребыванием организма в условиях отрицательных температур.

При составлении рационов очень важно было правильно оценить энерготраты участников. Как показывают оценки с помощью таблиц \*, энерготраты во время перехода через пролив Лонга составляли в «полноценные» ходовые дни около 6000—6500 ккал. Эту же цифру приводит У. Херберт \*\*, говоря о наиболее трудном периоде Трансарктического перехода. Примерно так же оценивает энерготраты известный спортивный физиолог профессор В. С. Фарфель \*\*\*.

Результаты опытов, проведенных в Арктике, приводит в своей работе В. В. Борискин. Так, во время перевозки на волоку-

---

\* Н. Н. Яковлев. Питание спортсмена. М., 1961, стр. 5—7; см. также В. В. Борискин. Особенности питания и жизнеобеспечения людей, работающих на полярных станциях. — «Тр. ААНИИ», т. 299, стр. 59, 60, 137, 138.

\*\* У. Херберт. Пешком через Ледовитый океан. М., 1972.

\*\*\* В. С. Фарфель. Физиология спорта. М., 1960.

шах груза в 50 кг человек расходует в час 626 ккал, т. е. около 5000 ккал за 8-часовой рабочий день. В условиях пешего похода к этому необходимо добавить работы по устройству лагеря, а также значительное увеличение (до 30%) энергозатрат при работе в тяжелой одежде.

Если же учесть, с другой стороны, «разгрузочные» факторы (разведка, путь без рюкзаков, водные переправы, дни отдыха и т. д.), то средние энергозатраты на маршруте составляют около 5000—5500 ккал, что согласуется с данными профессора В. В. Ефремова \*, который впервые оценивает энергозатраты спортсменов (мужчин и женщин) в период соревнований в условиях Севера.

Высокий уровень энергозатрат существенно отличает движущуюся группу в Арктике от условий полярных станций, где характерным является увеличение веса персонала, энергозатраты которого оцениваются в пределах 3500—4000 ккал в сутки \*\*. Интересные данные о резком возрастании энергозатрат во время санно-гусеничных переходов в Антарктиде приводит Венценосцев \*\*\*.

Экспедиционный рацион обеспечивал в среднем 4800 ккал с дефицитом около 500—700 ккал. В отличие от предыдущих лыжных переходов с рационом в 3500 ккал и примерно такими же энергозатратами на протяжении всего маршрута участники сохраняли хорошую спортивную форму. После завтрака, ужина, а иногда и после обеда наблюдалось чувство насыщения. Пожалуй, впервые за все четыре этапа экспедиции участники не испытывали накапливающегося хронического чувства голода, когда, принимаясь за ужин, ты знаешь, что не наешься досыта. Ощущения слабости, имевшие место на отдельных участках маршрута, объяснялись, по-видимому, не столько дефицитом в 500 ккал, сколько неполной акклиматизацией, изменением атмосферного давления и т. д. Средняя потеря веса за время похода составила 2—3 кг на человека, что свидетельствует о примерном равновесии энергетического баланса.

Следовательно, суточная норма 4800 ккал, хотя и недостаточна для полного покрытия энергозатрат, тем не менее обеспечивает выполнение участниками экспедиции необходимых физических нагрузок и позволяет сохранять в пределах нормы спортивную форму\*\*\*\*. Подчеркнем, что, как показал опыт предыдущих

---

\* В. В. Ефремов. Проблема рационализации питания населения в северных районах Советского Союза. — «Проблемы Севера», вып. 14 (1970), стр. 188.

\*\* А. Л. Матусов и др. Акклиматизация человека в Антарктиде. — «Тр. ААНИИ», т. 299, стр. 29.

\*\*\* Б. Б. Венценосцев. К вопросу о питании полярников в Антарктиде. — «Тр. ААНИИ», т. 299, стр. 204.

\*\*\*\* Через два дня после выхода на мыс Блоссом участники предприняли восьмидневный 300-километровый поход по острову Врангеля. Этот переход еще раз подтвердил хорошую спортивную форму лыжников, пересекших пролив Лонга.

экспедиций, «минимальный» суточный рацион в 3500 ккал является для этого недостаточным.

Можно считать, что рацион в 4800 ккал экспедиции 1972 г. близок к оптимальному. С одной стороны, он достаточен с точки зрения энергетического баланса, а с другой стороны, его вес не превышает 1000—1050 г. Полная же компенсация энерготрат, доведение ежедневного рациона до 5500 ккал вызовут увеличение его веса как минимум до 1200 г, что приведет к значительному увеличению веса рюкзаков.

Наряду с общей калорийностью важной характеристикой рациона является его сбалансированность в смысле соотношения основных питательных веществ: белков, жиров и углеводов. Жиры наиболее калорийны, поэтому, чем больше их удельный вес в рационе, тем больше калорий приходится на 100 г рациона. Однако, по мнению специалистов, доля жиров (42%) по калорийности предельно допустима для обмена веществ и усвояемости рациона. Увеличение доли жиров, хотя и весьма заманчиво для любой экспедиции, где все снаряжение приходится тащить на себе, с точки зрения специалистов нежелательно.

Бартон и Эдхолм \* приводят данные (стр. 243) о питании коренных жителей Гренландии, в рационе которых до 60% (по калорийности) составляют жиры. Правда, это самые низкие по усвояемости жиры морских зверей. Однако такая цифра наводит на мысль, не лежит ли верхняя граница нормы жиров в питании полярных экспедиций значительно выше общепринятых норм.

Что касается соотношения белков и углеводов, то в рационе экспедиции оно составляет приблизительно 1:3, то есть в пределах общепринятых норм. Соотношение Б:Ж:У в среднем составляет 16:43:41. Никаких явлений, свидетельствующих о плохом усвоении рациона или о недостаточном усвоении какого-то определенного продукта, не наблюдалось. Можно сделать вывод, что соотношение 16:43:41 для питания пешей полярной экспедиции вполне приемлемо.

Для сравнения приведем в своем роде «противоположное» соотношение Б:Ж:У в питании полярников станции Молодежная. По данным Б. Б. Венценосцева \*\*, оно составляет по весу 1:1:4 и по калорийности 13:30:57, то есть в пределах общепринятых норм при некотором уменьшении доли жиров в рационе.

В условиях Арктики особенно необходимы витамины групп С и В<sub>1</sub>. Расход этих витаминов повышается под влиянием холода, физических нагрузок (В<sub>1</sub>), ультрафиолетового облучения (С), а

\* А. Бартон, О. Эдхолм. Человек в условиях холода. М., 1957; см. также «Труды ААНИИ», т. 293.

\*\* Б. Б. Венценосцев. К вопросу о питании полярников в Антарктиде. — «Тр. ААНИИ», т. 299, стр. 204.

также под влиянием стрессовых ситуаций (С и В<sub>1</sub>) \*. По рекомендации известного витаминолога профессора В. В. Ефремова экспедиция использовала драже «Ундевит» по 2 таблетки в сутки, обычно после завтрака и горячего обеда. Если обед холодный, то после ужина. Драже «Ундевит», содержащее витамины II групп, по-видимому, вполне удовлетворяет потребности организма. Явлений, свидетельствующих о какой-либо витаминной недостаточности, не наблюдалось.

Исходя из нормы 900 г питательных веществ (примерно 1050 г субпродуктов) были определены следующие суточные нормы продуктов на одного человека \*\*.

Наименование	Вес	Б (белки)	Ж (жиры)	У (угле- воды)	Вода, зола, клетчатка и т. д.	Ккал
Мясо сублимированное	100	80	6	—	14	390
Масло топленое	100	—	99	—	1	920
Масло шоколадное	20	—	13	4	3	134
Молоко сухое	100	27	26	38	9	500
Творог сублимированный	80	20	28	24	8	425
Сало	50	1	45	—	4	410
Колбаса сырокопченая	30	7	13	—	10	150
Сахар + шоколадные конфеты	200	—	—	200	—	800
Крупы	200	25	5	140	30	705
Сухари, галеты	120	13	1	85	21	400
Чай, кофе, соль, чеснок, лимон, витаминны	50	—	—	—	50	—
Итого . . .	1050	173	236	491	150	4 834
В % по весу	100	16	23	47	14	
В % по калорийности	100	16	43	41		

На основании опыта экспедиций «Комсомольской правды» пищевой рацион, основанный на сублимированных продуктах, можно считать вполне оправдавшим себя в условиях пешего похода в Арктике. Более того, такие свойства субпродуктов, как наличие в них всех основных питательных веществ, хорошее их усвоение, долговечность хранения, минимальный вес, быстрота и удобство приготовления блюд, высокие вкусовые качества, удобная упаковка и фасовка, позволяют рекомендовать их в ка-

\* В. В. Ефремов. Роль витаминов в адаптации организма к факторам физиологического напряжения в условиях Севера. — Сб. «Проблемы биохимической адаптации». М., 1966.

\*\* Данные о химическом составе и калорийности взяты из кн. «Таблицы калорийности и питательной ценности пищевых продуктов» под ред. Ф. Е. Будягина, М., 1961.

честве основы для питания любых арктических экспедиций, действующих в условиях самообеспечения. В настоящее время рационы, основанные на сублимированных продуктах, заменили рационы, основанные на пеммикане. Сублипродукты приобретают все большую популярность как основа рационов альпинистских и туристских экспедиций, действующих в самых различных широтах\*.

### **Снаряжение экспедиции.**

#### **Историко-географические работы**

К весне 1973 г. удалось создать удовлетворительные по основным параметрам образцы снаряжения. В специфических условиях автономного перехода в Арктике каждая вещь должна сочетать в себе предельную легкость с максимальной надежностью и удобством в эксплуатации.

Особое внимание было уделено радиоснаряжению, поскольку именно надежная связь наиболее эффективно обеспечивает безопасность группы. Радисты экспедиции во главе с неоднократным чемпионом Советского Союза по радиоспорту Л. М. Лабутинным сконструировали коротковолновую радиостанцию «Ледовая-1». Вес этой самодельной станции 2,2 кг. Питается она от аккумуляторов (2,8 кг), которые можно подзаряжать генератором с ручным приводом (2,7 кг) или солнечной батареей (1,4 кг).

Вторым радиоканалом является средневолновая связь. Последняя осуществляется при помощи самодельного передатчика «Маяк-1» (1,5 кг). Источники питания те же. «Маяк-1» служит одновременно приводом для самолета. Антенная мачта для «Ледовой-1» высотой 7 м собирается из лыжных палок. Для передатчика «Маяк-1» используется антенна длиной 100 м, которую, в частности, можно поднимать на воздушном змее из комплекта шлюпочной радиостанции «Плот».

Чертежи палатки, в которой легко размещается до 6 человек, заимствованы у туристов. Основой каркаса являются восемь (или более) лыж. По окружности диаметром 3,6 м в снегу выпиливается ров глубиной до 15 см и шириной 10—12 см. В него носками вверх и внутрь вставляются лыжи. Сверху между собой они соединяются специальным металлическим кольцом, и, наконец, выше укрепляется последняя «зонтичная» часть каркаса — четыре луча (титановые трубки), скрепленные в узел, который является вершиной палатки. На каркас набрасывается палатка, низ ее укладывается в ров, который затем забивается снежными кирпичами. Палатка сделана из капрона двух различных артикулов. Купол — «дышит», нижняя же часть практически воздухонепроницаемая. Палатка не мокнет. Иней, снег легко удаляются щеткой. Вес палатки вместе с каркасом 5 кг.

\* В. В. Ефремов и др. К вопросу о питании полярной экспедиции «Комсомольской правды». — «Вопросы питания», 1975, № 6.

Внутри палатки (дна у нее нет) на снег стелется полиэтиленовая пленка, на которую кладутся капроновые пенопластовые коврики (вес 0,3 кг) и пуховые спальные мешки (вес 2,8 кг).

Большая лодка (надувная) имеет 8 независимых отсеков, грузоподъемность 700 кг и весит 12,5 кг. Дополнительный воздушный отсек, сделанный под носовой частью днища, позволяет безбоязненно двигаться по салу, шуге и блинчатому льду.

Малая лодка (надувная) для челночных переправ через небольшие разводья имеет 3 независимых отсека, грузоподъемность 200 кг, весит 1,8 кг.

Лыжи (длина 2 м) от обычных туристских лыж «Бескид» отличаются тем, что их скользящая поверхность выполнена из гикори. Имеется стальная окантовка.

Поверх облегченных, несколько утепленных лыжных ботинок с расширенным носком надеваются своеобразные капроновые сапоги на шнуровке — бахилы. Низ бахил обшит кожей, подошва войлочная. С двумя-тремя носками ноги не мерзнут даже при сильных морозах, кроме того, бахилы предохраняют от попадания внутрь ботинка воды и снега.

Крепления лыж по типу полужестких с пружиной сзади.

Рюкзак выполнен из капрона трех различных артикулов. В отличие от рюкзаков из плащпалаточной ткани вес его не увеличивается от намокания и обмерзания. Рюкзак весит 0,85 кг, легко очищается от снега, ледяной корки.

Приготовление пищи осуществляется на австрийских примусах Rhoebus. Расход бензина — 100 г на человека в сутки.

По нашему мнению, такие элементы снаряжения, как палатка, лыжи, бахилы, рюкзаки, штормовые костюмы, изготовленные по типу штормовых костюмов САЭ, прошли надежные испытания в маршрутах и являются оптимальными для лыжных и пеших походов в зимних арктических условиях.

\* \* \*

Летом 1973 г. экспедиция поставила перед собой и новые, историко-географические задачи. Этому предшествовали консультации в Географическом обществе Союза ССР и в ААНИИ. В результате после согласования с начальником Администрации Северного морского пути К. Н. Чубаковым и заведующим отделом географии ААНИИ профессором М. И. Беловым был разработан маршрут по западному побережью Таймыра.

Участники экспедиции 1973 г. разделились на три самостоятельных отряда, что позволило обследовать участок побережья от фьорда Хутуда до полуострова Заря и 22 прилегающих острова: Колосовых, Циркуль, Цыганюк, Кучина, Скалистый, Утиный и др.

Использование разработанного ранее специального оборудования в первую очередь надувных резиновых лодок, надежная

радиосвязь, физическая подготовленность участников позволили за месяц обследовать 2000 км береговой линии.

Всего было сделано больше 100 различных находок. В несколько сокращенном виде их перечень опубликован в седьмом номере «Летописи Севера»\*. Но пожалуй, наибольший интерес вызвало обнаружение продовольственного депо русской полярной экспедицией Академии наук, которой руководил Э. В. Толль.

Местоположение склада было приблизительно известно\*\*. Отряд экспедиции (начальник Ю. И. Хмелевский) провел планомерные поиски на мысе Депо (полуостров Заря). Был найден деревянный столб с полустершейся вырезанной ножом надписью: «Депо Заря 1900 г.». За 73 года, прошедших с момента закладки склада, столб сгнил и упал. Но «черенок» его был цел и указывал точное место заложения склада.

Раскопки показали, что продукты лежат в вечной мерзлоте на глубине более 1 метра. При раскопках один из ящиков был поврежден и вскрыт на месте. В нем было 16 кг ржаных хорошо сохранившихся сухарей. Второй шестикилограммовый герметически запаиванный ящик был доставлен в Москву и торжественно вскрыт в редакции «Комсомольской правды». В Голубой зал редакции пришли руководители ряда заинтересованных учреждений, известные советские полярники И. Д. Папанин, В. И. Аккуратов, Е. М. Сузюмов, Г. А. Асвюк и др. В ящике оказалась овсяная крупа «Геркулес». В лабораториях ВНИИКОПа выявили ее полную сохранность.

Уникальный опыт столь длительного хранения продуктов в вечной мерзлоте мог дать много интересного. Поэтому Министерство пищевой промышленности СССР решило в 1974 г. вывезти оставшиеся продукты. Вместе с участниками экспедиции на полуостров Заря отправились ученые ВНИИКОПа, ИМБП, специалисты по проблемам длительного хранения продуктов. Склад Толля был вывезен, продукты (шоколад, чай, щи с мясом и кашей), а также спички подвергнуты многочисленным анализам.

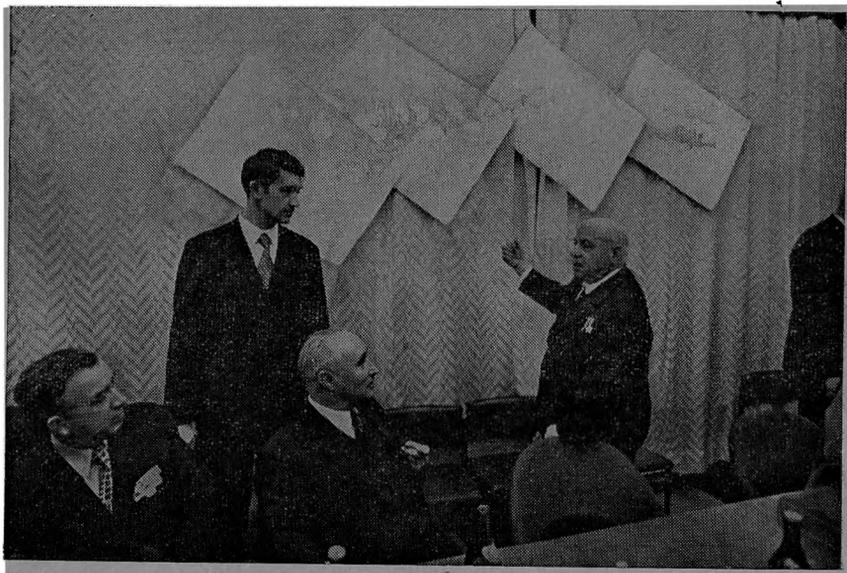
Было решено продлить эксперимент: на полуострове Заря заложили на длительное хранение контейнеры с современными продуктами — до 1980, 2000 и 2050 гг. Часть продуктов Э. В. Толля также оставили для дальнейшего хранения.

В программе историко-географических поисков особый интерес вызвала судьба экспедиции В. А. Русанова. Известно, что в августе 1912 г. В. А. Русанов на судне «Геркулес» направился от берегов Новой Земли на восток, намереваясь пройти Северным морским путем. За 60 лет так и не удалось выяснить тайну исчезновения «Геркулеса» и всей его команды. Правда, еще в 1934 г. вблизи западного побережья Таймыра были найдены предметы, принадлежность которых экспедиции Русанова не вызывала сомнений. Сначала в группе островов Мона был найден столб с надписью «Геркулес, 1913 г.», а затем в шхерах Минина, на о. Попова-Чухчина обнаружено множество предметов участников экспедиции. Однако каких-либо документов, останков людей, обломков судна найти не удалось. Естественно предположить, что с о. Попова-Чухчина оставшиеся в живых участники экспедиции направились к населенным местам — к реке Пясина или в район о. Диксон и что их следы затерялись где-то в шхерах Минина. В печати появились сообщения о других находках — на о. Цыганюк, о. Кучина, в районе горы Минина, горы Высокая и т. д. Но связь этих находок с экспедицией Русанова оставалась непроверенной.

Позитивный вклад Таймырской экспедиции 1973 г. состоит в том, что «закрыт» целый ряд районов, где считалось возможным найти следы экспедиции

\* Сб. «Летопись севера», вып. 7. М., 1975.

\*\* Э. В. Толль. Плавание на яхте «Заря». М., Географгиз, 1959, стр. 45.



В редакции «Комсомольской правды»  
обсуждают находки экспедиции Э. Толля  
(Справа налево: И. Д. Папанин, Е. М. Сузюмов,  
Д. И. Шпаро, П. И. Чесноков)

Русанова. Так, тщательно были осмотрены гора Минина, о-ва Кучина, Цыганюк, Колосовых\*.

В 1974 г. новые предположения о судьбе русановцев высказал полярник и литератор Н. Я. Болотников. По его мнению, русановцы побывали еще в одной точке западного побережья Таймыра, в месте, которое в историко-географической литературе было известно как «могила Кнутсена».

Напомним, что в октябре 1919 г. два спутника Руала Амундсена по плаванию на «Мод» П. Тессем и П. Кнутсен были посланы с почтой от восточного побережья Таймыра на о. Диксон. Полярной ночью им предстояло пройти свыше 900 км. Оба норвежца пропали без вести. В 1921 г. совместная советско-норвежская спасательная экспедиция под начальством Ларса Якобсена и Никифора Бегичева обнаружила вблизи мыса Приметный остатки костра, полуобгоревшие кости, иностранные патроны, монеты, пуговицы и некоторые другие вещи.

«...Во время их путешествия пешком в темную пору, — пишет Н. Бегичев, — при таких холодах и пургах они сбились с пути и зашли в глубокую бухту, один из них умер, а другой, товарищ его, ввиду того что похоронить его не было никакой возможности, дабы не растаскали труп звери, видимо, сжег его на костре»\*\*.

Пятьдесят лет мнение Бегичева никем не оспаривалось. Но вот Н. Я. Болотников обратил внимание на сохранившийся в архивах отчет заместителя заведующего Комсерверпути инженера С. Рыбина, который дал подробное

\* К. Н. Чубаков, Д. И. Шпаро, А. В. Шумилов. Где искать следы экспедиции В. А. Русанова. — «Природа», № 8, 9, 1974.

\*\* Архив Академии наук, ф. 47, оп. 5, д. 8.

описание всех вещей, найденных в 1921 г. К сожалению, сами вещи, по-видимому, не сохранились, но в процессе поисков удалось обнаружить их фотографии. Они были в личном архиве бывшего начальника Управления полярной авиации М. И. Шевелева. После изучения архивных материалов, новых экспертиз гипотеза Н. Я. Болотникова была подтверждена.

Большие трудности возникли при попытке установить точное местоположение костра, обнаруженного в 1921 г. В 1973 г. поиски в районе мыса Приметный не дали результатов.

Зимой 1974 г. была проделана большая работа по изучению архива Бегичева и других архивных материалов. Был восстановлен маршрут Бегичева — Якобсена. Было установлено, что «могила Кнутсена», по-видимому, находится на маленьком безымянном мысе к западу от устья реки Михайлова, в 40—50 км от мыса Приметный.

Летом 1974 г. здесь высадились группа участников экспедиции «Комсомольской правды»; В. Ростов, Ф. Склокин, И. Марков. На мысе был обнаружен двухметровый столб с вырубленной топором надписью: «1921 Н. Б.» (инициалы Н. Бегичева).

На карте поисков Русанова появилась еще одна точка, однако место и обстоятельства гибели экспедиции по-прежнему остаются невыясненными. Отметим также, что в 1922 г. недалеко от о. Диксон был найден труп одного из норвежцев — Тессема. Где погиб Кнутсен, остается неизвестным. По-видимому, на участке от р. Зеледеева до о. Диксон. В ближайшем будущем экспедиция «Комсомольской правды» планирует продолжить историко-географические поиски на западном побережье Таймыра.

## **Медико-психологические исследования. План похода к Северному полюсу**

Интересные выводы, хотя и предварительные, получены врачами ИМБП, которые проводят совместные работы с участниками экспедиции. Они отмечают хорошую физическую подготовленность и тренированность участников экспедиции.

Практически у всех участников арктических переходов отмечались (особенно в зимнее время — в условиях низких температур и интенсивной солнечной радиации) сильные солнечные и температурные ожоги лица, отечность кистей, растрескивание и изъязвление кожи рук.

Соматические жалобы на маршрутах были крайне редки, но обнаружена определенная зависимость между соматическим состоянием лыжника и его групповым статусом. Так при переходе через пролив Лонга с маршрута был снят один участник с острым респираторным заболеванием, а в сопровождающие ему был выделен участник, заболевший снежной слепотой. Именно они имели довольно низкий групповой статус, пониженные оценки личностных качеств со стороны других участников группы.

Исследования показали, что структура группы подвержена динамике. Постепенно накапливаются изменения, укрепляются связи между одними участниками, ослабевают между другими. Этот естественный процесс образования подгрупп сравнительно безболезнен во время перехода. Конфликтная напряженность открыто не проявляется из-за важности и общности цели и мобилизованности состава. В послепоходный период поляризация отношений и эмоционально-конфликтная напряженность отчет-

диво нарастают \*. В результате состав экспедиции со временем претерпевает изменения, но все более отчетливо кристаллизуется ядро группы, являющееся костяком нового состава. К настоящему моменту можно утверждать, что имеющееся ядро из 4—5 участников, накопивших большой опыт, составляет надежную основу готовящихся новых полярных переходов.

Важное значение имеет вопрос о составе группы (число участников и распределение обязанностей между ними). На маршрутах 1969, 1970, 1971, 1972, 1974 гг. участвовало соответственно 5, 6, 7 (5), 6 человек. Цифра «6» является, по-видимому, оптимальной, позволяющей, с одной стороны, обеспечить безопасность группы, выполнение всех обязанностей, а с другой стороны, поддерживать необходимый уровень монолитности и управляемости группой. В настоящее время 6 человек выполняют следующие обязанности: начальник, штурман, завхоз, радисты (два), врач.

В подготовке маршрутов принимают участие 10 человек. Четверо являются запасными с целью замены в случае необходимости кого-либо из основных участников, а также для обеспечения связи в условиях создания специальной базы.

Не остается неизменным и характер внутренней организации группы. За последние три года отчетливо оформилось стремление избегать острых ситуаций и межличностных конфронтаций, возросло понимание членами коллектива зависимости друг от друга, явно расширилось их участие в групповых совместных процессах (как свидетельствуют данные методики Q-sort). Каждый поход вызывает некоторое изменение таких личностных свойств, как интроверзия — экстраверзия, в сторону некоторого нарастания относительной интровертированности (т. е. замыкания в себе, снижения общительности и пр.). Так, к примеру, выглядят баллы, набранные участниками перехода через пролив Лонга, по шкале интроверзии — экстраверзии текста Г. Айзенка:

До	9	9	12	14	16	17
После	6	9	10	12	13	14

Через год, к моменту нового лыжного перехода, первоначальные цифры восстанавливаются, но тем не менее не в полной мере. По-видимому, этот процесс отражает стабилизацию личностных свойств на оптимальном уровне экстраверзии и коммуникативности.

Другой особенностью динамики группы является постепенное формирование у формального руководителя качеств психологического лидера, что подтверждается работой группы на устройстве «Гомеостат», особенно в подгруппах, входящих в ядро экспедиции.

\* Сходные наблюдения были сделаны в группе Тура Хейердала во время первого плавания на «Ра».

Описанные наблюдения отражают повышение организованности и сплоченности группы в результате длительной совместной деятельности и аутоотбора. Результаты медико-психологических исследований говорят и о хорошей подготовленности отдельных участников экспедиции, а также группы в целом к новым арктическим переходам.

4 декабря 1973 г. в газете «Правда» трое из авторов настоящей статьи (Д. И. Шпаро, Ю. И. Хмелевский и А. В. Шумилов) в материале «На лыжах к Северному полюсу» рассказали о соответствующих планах участников экспедиции.

Идея лыжного перехода к Северному полюсу нашла широкий отклик в кругах советской общественности. Высказывания по этому поводу известных полярников И. Д. Папанина, Н. Н. Урванцева, П. А. Гордиенко и других были опубликованы в «Комсомольской правде» 7 ноября 1973 г.

10 апреля 1974 г. ЦК ВЛКСМ принял постановление о проведении на Новосибирских островах тренировочных сборов участников полярной экспедиции «Комсомольской правды».

Сборы проходили с 20 апреля по 21 мая 1974 г. В них приняли участие 10 человек — предполагаемый состав полюсной группы: 6 участников сборов образовали ледовую группу, которая прошла за 19 дней 500-километровый лыжный маршрут по Новосибирским островам, 4 участника сборов составили базовую группу, которая разместилась на острове Котельный.

Главными результатами сборов явились:

1. Всесторонняя проверка радиосвязи базовой группы со всеми необходимыми службами в близлежащем районе Арктики и прямой радиосвязи с Москвой.

2. Всесторонняя проверка радиосвязи по двум каналам между ледовой и базовыми группами, в частности, проверка связи на дальность. Последнюю работу выполнили два участника сборов, находясь в течение 12 дней на советских дрейфующих станциях СП-21 и СП-22.

3. Проверка экспедиционного снаряжения и рационов питания.

4. Реализация ряда научных программ и другие вопросы.

В заключение отметим, что к полярной экспедиции постоянно приковано внимание многих и многих читателей газеты, молодежи. Она, безусловно, стимулирует распространение научных и историко-патриотических знаний об Арктике, придает грандиозному хозяйственному наступлению советских людей на Север романтическую окраску.

Примером благотворного влияния экспедиции на молодежь могут служить мероприятия, организованные Булуным райкомом ВЛКСМ Якутской АССР. К тренировочным сборам на Новосибирских островах булуны комсомольцы приурочили 250-километровый историко-патриотический переход. О деятельности комсомольцев поселка Тикси начальник экспедиции «Ком-

сомольской правды» Д. И. Шпаро рассказывал председателю Московского филиала Географического общества Союза ССР И. Д. Папанину. «Надо поддержать ребят» — такое мнение высказал Папанин. И вот его письмо в булунские райкомы КПСС и ВЛКСМ:

«Географическое общество СССР в настоящее время проводит большую работу по выявлению и охране памятных мест Арктики, связанных с деятельностью русских и зарубежных полярных экспедиций XVII—XX вв. Многие из них работали на территории нынешнего Булунского района. Можно вспомнить, например, имена Василия Прончищева и Семена Челюскина, имена Петра Ласиниуса, Джорджа де-Лонга, Эдуарда Толля и десятков других первооткрывателей. Их имена увековечены на карте Арктики. Как драгоценные реликвии сохраняются немногочисленные вещественные следы их деятельности: построенные ими зимовья, гурии, могилы героев.

К сожалению, не все памятные места выявлены и взяты на учет.

От имени Географического общества Союза ССР и себя лично, как старого полярника, обращаюсь к комсомольцам и молодежи Булунского района с просьбой о всемерной помощи в этом начинании. Необходимо не допустить разрушения сохранившихся памятников. Необходимо направить усилия на поиск не известных широкой общественности памятных мест. Необходимо популяризировать историко-географические знания. Советская молодежь, осваивающая Север, должна знать имена героев-первооткрывателей, а памятные реликвии должны быть взяты на учет и под особую охрану».

## ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНА

Г. Н. ГРИГОРЬЕВ

### НАУЧНЫЙ ФЛОТ АКАДЕМИИ НАУК

Значительные успехи, которые были достигнуты в последние десятилетия у нас и за рубежом комплексом научных дисциплин, занимающихся проблемами изучения природы океана, подстилающих его участков земной коры и атмосферными процессами над ним, во многом обязаны количественному росту и повышению эффективности использования научно-исследовательских судов. Научно-исследовательские суда были и остаются основными средствами исследования океана и окружающей его среды — той подвижной плавучей платформы, с помощью которой в экспедиционных рейсах осуществляется сбор информации и проводятся натурные эксперименты. Если в начале пятидесятых годов во всем мире можно было насчитать лишь несколько научно-исследовательских судов, то в семидесятых годах их насчитывается многие сотни. Большинство промышленно развитых стран, в том числе и США, уделяют первостепенное внимание проблемам изучения океана. Однако объект исследования так велик, что ученые все чаще приходят к мысли: для более эффективного изучения природы океана необходимо объединение усилий ученых разных стран — кооперация усилий.

Широкий размах океанологические исследования приобрели и в нашей стране. На переднем фронте в исследованиях океана находятся научные институты Академии наук СССР и академий наук союзных республик. Они заняты изучением фундаментальных проблем океанологии, имеющих целью глубокое проникновение в закономерности природных явлений, происходящих в океане. В конечном итоге полученные знания послужат делу приобщения человечества к использованию новых, доселе неизвестных возможностей океана. Наряду с фундаментальными исследованиями океана, проводимыми институтами АН СССР, ряд ведомств нашей страны интенсивно проводят в морях и океанах исследования прикладного характера. Это Министерств-

во рыбного хозяйства СССР, Главное управление Гидрометеослужбы при Совете Министров СССР, и другие.

Около 30 судов используются главным образом для решения океанологических проблем. Их можно условно разделить на три группы. Малотоннажные научно-исследовательские суда прибрежного плавания; их водоизмещение до 250 т, количество научных сотрудников в рейсах 5—10 человек, район плавания ограничен удалением от берега и портов убежищ. Продолжительность рейсов — от нескольких часов до нескольких суток. С помощью судов этого класса проводятся: сбор биологических образцов в литоральной зоне, геолого-геофизические исследования в прибрежной полосе моря, испытание и отработка новой техники. При этом решаются проблемы местного или методического характера.

Ко второй группе малотоннажных научно-исследовательских судов морского плавания относятся суда водоизмещением от 250 до 500 т. На них могут принимать участие в экспедиции от 10 до 15 научных сотрудников. Район плавания — преимущественно внутренние и окраинные моря. Обычная продолжительность рейсов — от одного до трех месяцев. Ограниченные мореходные качества этих судов не позволяют эффективно использовать их в океанах. С их помощью решаются задачи довольно узкого круга проблем какой-нибудь одной из дисциплин океанологии регионального масштаба.

К третьей группе относятся крупнотоннажные научно-исследовательские суда океанского плавания. Их водоизмещение от 3000 до 7000 т. На них работают коллективы 60—80 научных работников. Это в полном смысле плавучие институты, имеющие большое количество специально оборудованных лабораторий и оснащенных специальными исследовательскими средствами. Суда обладают отличными мореходными качествами, район плавания их не ограничен. Продолжительность рейсов обычно от 3 до 4 месяцев. С их борта может проводиться весьма широкий комплекс исследований, нередко освещающий проблемы глобальных масштабов. Правда, в последние годы и для судов этого класса наметилась тенденция специализации рейсов — подчинение задач рейса решению проблем одной из дисциплин океанологии.

Отмеченная тенденция специализации рейсов — не случайное явление. Ее породили достигнутые успехи. Они диктуют необходимость более углубленного развития отдельных направлений, более широкого использования новых методов и новых средств исследования.

В ближайшие годы должны вступить в строй несколько судов нового класса — среднетоннажные суда океанского плавания. Их водоизмещение будет от 1000 до 2000 т, количество научного состава от 20 до 25 человек; мореходные качества должны отвечать условиям океанского плавания, а конструкция и

техническая оснащенность будут приспособлены к решению задач отдельных научных дисциплин.

В создании научного флота Академии наук большое творческое участие принимал и принимает отдел морских экспедиционных работ Академии наук СССР, бесменно возглавляемый со дня его организации (1951 г.) дважды Героем Советского Союза доктором географических наук И. Д. Папаниным. Значительный вклад в дело проектирования строительства, переоборудования и насыщения новой техникой научно-исследовательских судов внесли сотрудники отдела С. И. Ушаков, В. И. Тяжелов, Е. М. Сузюмов, А. Г. Наумов, В. А. Полюшкин, П. Г. Малый, П. П. Волокитин, В. А. Толмасов; сотрудники Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР И. А. Стоянов, Б. Л. Лиснянский, А. А. Гончаренко, Е. Н. Каминский, сотрудники Морского гидрофизического института АН УССР Г. П. Пономаренко, В. Ф. Клейносов.

Главным институтом по изучению океана и самым крупным судовладельцем в системе Академии наук СССР является Институт океанологии имени П. П. Ширшова. Научные проблемы, решаемые институтом, группируются по пяти основным направлениям: изучение природы физических явлений в океане и атмосфере над ним, изучение биологии океана, изучение геолого-геофизических явлений в земной коре под океанами, изучение гидро- и геохимических явлений и разработка новой методики и новой техники исследования океанов.

Научный флот Института океанологии насчитывает три крупнотоннажных научно-исследовательских судна океанского плавания — «Витязь», «Академик Курчатов» и «Дмитрий Менделеев», два малотоннажных судна морского плавания — «Академик С. Вавилов», «Академик Орбели» и четыре малотоннажных судна прибрежного плавания — «капитан Чумаков» и «Профессор Добрынин», «Академик Обручев» и «Прибой».

«Витязь» (переоборудован в научно-исследовательское судно в 1948 г., водоизмещение 5530 т; количество лабораторий 16, научного состава 61 человек, порт приписки — Владивосток) — ветеран флота АН СССР. За 25 лет службы совершил 55 научных рейсов. С его борта проведена колоссальная работа по исследованию природных явлений в бассейнах Тихого и Индийского океанов. В результате коренным образом изменились прежние представления о рельефе, геологическом строении и структуре дна Тихого и Индийского океанов, значительно углубилось понимание биологических процессов, протекающих в океане, открыта новая зона жизни в океанах на ультраабиссальных глубинах, большие успехи достигнуты в изучении динамики водных масс. На основании собранных материалов опубликованы десятки монографий, специализированных карт и тысячи научных статей. С именем «Витязя» связана целая эпоха становления и развития оригинальной школы советских океанологов. Трудно

назвать сейчас имя кого-либо из известных наших океанологов, кто бы не прошел школу на «Витязе». «Академик Курчатов» (постройки 1966 г. главное судно серии нис) — современное, специально сконструированное и оборудованное судно. Оно предназначено для проведения широкого комплекса исследований в океане. За семь лет эксплуатации совершено 16 рейсов, главным образом в бассейне Атлантического океана, хотя в некоторых рейсах «Академик Курчатов» проводил работы и в Индийском океане и в восточной части Тихого океана. Лаборатории нис «Академик Курчатов» насыщены современными приборами, а специальные палубные устройства и механизмы позволяют проводить с его борта разнообразные операции: опускание за борт легких и тяжелых приборов, буксировка приборов, траление; драгировки, постановка буйковых станций и т. д. Судно снабжено новейшим навигационным оборудованием, включая приемоиндикаторы спутниковой навигации, благодаря чему достигается высокая точность определения места судна в океане. Наконец, на судне установлена универсальная ЭВМ. Она позволяет производить быструю обработку получаемой информации непосредственно в рейсе, на борту судна, что значительно повышает эффективность работ. Однако до настоящего времени ряда возможности судна еще полностью не освоены. Замена ряда морально и технически устаревших приборов по сбору информации на более современные, непосредственно транслирующие поток информации в ЭВМ позволили бы значительно повысить уровень эффективности научных исследований.

Научно-исследовательское судно «Академик Курчатов» вписало уже немало интересных страниц в летопись океанологии. Во время драгирования в районе подводного Срединно-Индийского хребта в Индийском океане из рифтовой зоны на борт судна поднят кусок вещества мантии, горной породы из глубинных слоев земной коры, ранее не встречавшейся нигде на земной поверхности: «Академик Курчатов» в группе с несколькими другими судами успешно участвовал в эксперименте по исследованию динамических процессов в водной толще океана на полигоне в Атлантическом океане.

В результате этого эксперимента выявлена ранее неизвестная, весьма сложная и противоречивая картина взаимодействия физических полей в океане, а также отработана новая перспективная методика исследования. Два геолого-геофизических рейса в районы Исландии и Срединно-Атлантического хребта дали интересные данные о строении земной коры в этом важном для понимания процессов глобальной тектоники районе земного шара. В одном из рейсов была открыта система глубинного Антильского противотечения. Весьма ценные данные, освещающие особенности биологических процессов, развивающихся в Южной Атлантике, бассейне Карибского моря и в восточной части Тихого океана, были получены в специализированных биологических

рейсах. Вот далеко не полный список научных результатов, полученных в рейсах «Академика Курчатова».

Научно-исследовательское судно «Дмитрий Менделеев» всего лишь на два года моложе своего «брата» «Академика Курчатова». Оба судна построены по одному проекту на одной верфи и отличаются лишь в некоторых деталях. В частности, на «Дмитрии Менделееве» смонтировано кольцо связи, обеспечивающее возможность кабельной передачи всей научной информации в ЭВМ, что может обеспечить значительное повышение уровня автоматизации исследований. За время эксплуатации «Дмитрий Менделеев» совершил 11 рейсов. Первые четыре рейса в Атлантическом океане. Затем корабль перебазировался во Владивосток и приступил к исследованиям в бассейнах Тихого и Индийского океанов. В результате комплексных гидрофизических экспедиций получены интересные данные о структуре физических полей и процессах турбулентности, протекающих в тропической зоне Тихого и Индийского океанов, проведен уникальный разрез через Тихий океан, позволяющий проследить закономерности процесса диагенеза осадочных пород, впервые проведена комплексная географо-этно-океанологическая экспедиция, давшая возможность группе советских физико-географов и этнографов провести исследования на островах Океании.

Научно-исследовательское судно «Академик С. Вавилов» (построено в 1949 г.) — средний рыболовный траулер, в 1954 г. полученный от Министерства рыбного хозяйства СССР и в 1957 г. переоборудованный в научно-исследовательское судно. Основной район работ — Черное море, где за 20 лет эксплуатации проведено несколько десятков рейсов, кроме того, 19 экспедиций продолжительностью 2—3 месяца было проделано в Средиземном море. С борта корабля «Академик С. Вавилов» проводятся главным образом региональные работы методического характера геолого-геофизического направления, а также испытания и доводка новой исследовательской техники.

Научно-исследовательское судно «Академик Орбели» (построено в 1954 г.) предназначено для обеспечения работ акванавтов, оборудовано трехотсечной барокамерой и подъемными устройствами. Используется для работ по проблеме подводных исследований. Совместно с судном «Академик С. Вавилов» в 1973 г. совершало двухмесячный рейс в Средиземное море и приняло участие в работах советско-болгарской экспедиции на Черном море.

Научно-исследовательские суда «Капитан Чумаков», «Академик Обручев» и «Прибой» используются для проведения прибрежных режимных исследований методических работ, испытания и доводки новой исследовательской техники в прибрежных зонах Черного и Азовского морей.

Научно-исследовательское судно «Профессор Добрынин» (построено в 1963 г.) вступило в эксплуатацию в 1964 г. Исполь-

зуется для проведения геолого-геофизических работ в бассейнах Балтийского и Белого морей.

Второе место после Института океанологии по количеству эксплуатируемых судов в системе Академии наук занимает Морской гидрофизический институт Академии наук Украины. Основными научными направлениями, развиваемыми в институте, являются исследования природы физических явлений в океанах и разработка методов автоматизации гидрофизических исследований. Научный флот института состоит из трех судов: двух крупнотоннажных научно-исследовательских судов океанского плавания — «Михаил Ломоносов» и «Академик Вернадский» и одного малотоннажного судна морского плавания — «Муксун».

Морской гидрофизический институт располагается в Севастополе, и принадлежащие ему научно-исследовательские суда также базируются на Севастополь.

Научно-исследовательское судно «Михаил Ломоносов» (построено в 1957 г.) — первое в истории советской океанологии специально спроектированное и построенное научно-исследовательское судно. За 16 лет эксплуатации судно совершило 28 рейсов. Основными районами исследования были Атлантический океан и Средиземное море. В 1966—1967 гг. оно совершило кругосветное плавание.

С борта «Михаила Ломоносова» было открыто и экспериментально изучено экваториальное подповерхностное противотечение, получившее название течения Ломоносова. На основании данных, полученных в рейсах «Михаила Ломоносова», сделан значительный вклад в гидрофизику, гидрохимию и др.

«Михаил Ломоносов» стал первым судном, на котором была создана и эксплуатируется автоматизированная система сбора, передачи и обработки океанографической информации.

Научно-исследовательское судно «Академик Вернадский» построено в 1968 г., последнее из серии научно-исследовательских судов типа «Академик Курчатов». За пять лет эксплуатации судно совершило 8 рейсов, из них один кругосветный. В отличие от нис «Михаил Ломоносов» на судне «Академик Вернадский» специально спроектирована и смонтирована автоматизированная система сбора, передачи и обработки океанографической информации, включающая вычислительный центр, кольцевую систему связи ЭВМ с внешними объектами, специальную радиостанцию.

Научно-исследовательское судно «Муксун» (построено в 1953 г. как рыбный рефрижератор) принято институтом в 1971 г. В результате небольшого переоборудования судно было приспособлено к выполнению научных исследований. Оно эксплуатируется в бассейне Черного моря главным образом для проведения региональных гидрофизических исследований, методических работ, испытания и доводки новой исследовательской техники.

Институт биологии южных морей Академии наук Украины, находящийся в Севастополе, — старейшее морское научно-иссле-

довательское учреждение страны. Научная проблематика института характеризуется широким охватом основных современных гидробиологических направлений: исследования биологической продуктивности, радиобиология, бионика, экология и др.

Институту принадлежат два малотоннажных научно-исследовательских судна морского плавания: «Академик А. Ковалевский» и «Миклухо-Маклай».

Судно «Академик А. Ковалевский» (построено в 1949 г. как средний рыболовный траулер) переоборудовано в научно-исследовательское судно. За 20 лет эксплуатации судно совершило 72 рейса в Черном и Средиземном морях. На основании собранных в рейсах данных сделан значительный вклад в развитие биологических аспектов океанологии.

Научно-исследовательское судно «Миклухо-Маклай» (построено в 1959 г. как рыболовный сейнер) используется Одесским отделением Института биологии южных морей для проведения гидробиологических исследований главным образом в бассейне Черного моря. Основное направление исследований — изучение биологических процессов в поверхностном слое водных масс. В 1963 г. судно было переоборудовано для научно-исследовательских целей. За время эксплуатации выполнено множество кратковременных рейсов главным образом в северо-западной части Черного моря.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР — один из ведущих институтов геофизического направления в нашей стране. Одной из проблем, развиваемых в институте, является проблема изучения магнитного поля Земли. Для проведения измерения напряженности магнитного поля в 1952 г. было построено уникальное судно — немагнитная шхуна «Заря». Благодаря использованию при строительстве судна немагнитных материалов была достигнута главная цель — судно не стало иметь собственного магнитного поля. Благодаря этому свойству установленные на его борту чувствительные магнитометры могут с высокой точностью проводить магнитные измерения. Немагнитность судна заставила конструкторов установить на судне лишь небольшой двигатель, обладающий малым магнитным полем, а роль главного движителя судна переложить на паруса. Водоизмещение судна 605 т, научный состав — 9 человек, одна лаборатория. Судно базируется на Ленинград. За 20 лет эксплуатации нис «Заря» совершило 15 рейсов. За многолетнее кругосветное плавание была проведена съемка магнитного поля Земли. На основании собранных материалов созданы обновленные карты магнитного поля Земли и серия специальных геофизических карт, выявлены элементы векового хода магнитного поля Земли, сделан значительный вклад в развитие геофизических представлений.

Мурманский морской биологический институт Кольского филиала АН СССР — самое северное морское научное учреждение

Академии наук. Оно расположено на северном побережье Кольского полуострова в небольшом поселке Дальние Зеленцы. Удаленность института от главного порта этого края — Мурманска определила необходимость иметь в институте наряду с малотоннажным морским научно-исследовательским судном «Торос» судно, обеспечивающее транспортные перевозки, — теплоход «Кихну».

Научно-исследовательское судно «Торос» (построено в 1950 г. как средний рыболовный траулер) эксплуатируется с 1965 г. С судна проводятся региональные исследования биологических процессов, протекающих в бассейне Баренцева моря и вдоль побережья Кольского полуострова.

Теплоход «Кихну» построен в 1954 г., водоизмещение 730 т. Эксплуатируется главным образом как грузовое судно на линии Мурманск—Дальние Зеленцы.

Более двух десятилетий на Белом море проводят исследования ученые Беломорской биологической станции Зоологического института АН СССР. В их распоряжении имеется два однотипных малотоннажных научно-исследовательских судна прибрежного плавания — «Онега» и «Ладога» по 80 т водоизмещением. Они имеют по одной лаборатории и могут брать в рейсы на каждое судно 5 человек научного состава. Кроме того, в 1974 г. станция получила новое судно «Картеш» — рыболовный сейнер в 300 т водоизмещением. В ближайшее время оно будет переоборудовано под научно-исследовательское.

Перед организованным в 1970 г. Дальневосточным научным центром Академии наук поставлены задачи глубокого изучения природы Дальнего Востока. Решение многих проблем может быть обеспечено только путем широкого развития морских экспедиционных работ. Поэтому руководство ДВНЦ уделяет много внимания созданию научно-исследовательского флота. Задача эта непростая и требует вложения значительных средств и энергичных организационных усилий. Научный флот ДВНЦ АН СССР насчитывает два крупнотоннажных научно-исследовательских судна океанского плавания («Пегас» и «Каллисто») и пять малотоннажных судов морского плавания («Первенец», «Амбон», «Атна», «Валдай» и «Отважный»).

Научно-исследовательское судно «Пегас» (построено в 1963 г. как рыболовный морозильный траулер) с 1971 г. эксплуатируется Сахалинским комплексным научно-исследовательским институтом АН СССР, в 1972—1973 гг. переоборудовано в научно-исследовательское. Судно совершило пять исследовательских рейсов в Тихом океане. Основное направление исследований — изучение геолого-геофизических характеристик дна Тихого океана.

Научно-исследовательское судно «Каллисто» однотипно с ним «Пегас».

Научно-исследовательское судно «Первенец» (построено в 1956 г. как рыболовный траулер) с 1968 по 1973 г. эксплуатиро-

валось Институтом океанологии, затем было передано в распоряжение ДВНЦ АН СССР; в 1969—1970 гг. переоборудовано под научно-исследовательское. Основное направление — изучение геолого-геофизических характеристик Японского и Восточно-Китайского морей.

Научно-исследовательские суда «Амбон», «Атна», «Отважный» и «Валдай» — однотипные рыболовные сейнеры водоизмещением по 230 т. Они недавно получены Дальневосточным научным центром и еще не переоборудованы, а только лишь приспособлены для проведения морских биологических экспедиций. Они предназначаются для проведения экспедиций различных научных направлений на акваториях Японского и Охотского морей.

Кроме того, в распоряжении Дальневосточного научного центра имеется восемь катеров, обеспечивающих транспортировку научных групп вдоль побережья и проведение исследовательских работ вдоль побережий в небольшом удалении от портов-убежищ.

В ближайшие годы ожидается пополнение научного флота Дальневосточного центра несколькими среднетоннажными научно-исследовательскими судами океанского плавания, что позволит ученым значительно расширить фронт работ по изучению природы дальневосточных морей.

В. Н. СТЕПАНОВ

## СОВЕТСКИЕ КОРАБЛИ НАУКИ ИЗУЧАЮТ ВОДЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

Вот уже около двух десятков лет Иван Дмитриевич Папанин руководит океанологическими экспедициями Академии наук СССР. Исследовательские суда пока еще являются главным средством сбора информации о природе океанов и морей. Необходимость в них не отпадет даже после создания глобальной сети гидрометеорологических автоматических буйковых установок и широкого использования искусственных спутников Земли для изучения Мирового океана. Корабли науки по-прежнему будут необходимы для биологических, гидрохимических, геохимических и геологических исследований. Они останутся важнейшей базой проведения различных научных экспериментов.

### Три главных этапа в истории отечественных кораблей науки

История советского экспедиционного флота начинается с «Персея». Это был наш первый корабль науки. Он создавался в соответствии с известным декретом В. И. Ленина (1921 г.) об организации плавучего морского института (Плавморнин). Совсем небольшая парусно-моторная деревянная шхуна (водоизмещением 550 т) стала базой развития методики океанографических исследований, школой таких выдающихся мореведов, как В. Г. Богоров, Л. А. Зенкевич, Н. Н. Зубов, И. И. Месяцев, В. В. Шулейкин и др. Именно здесь сформировались основные принципы советской океанологии. Плавморнин внес большой вклад в изучение арктических морей.

В продолжение трех десятилетий океанологи пользовались либо такими же небольшими кораблями, приспособленными для исследования наших морей, либо фрахтовали для проведения отдельных экспедиций среднетоннажные суда.

Отсюда становится понятным, сколь значительной оказалась роль первого крупного советского корабля науки «Витязь» (водоизмещением 5,7 тыс. т). Он получил свое имя в честь двух прославленных корветов, на одном из которых плавал Н. Н. Миклухо-Маклай, а на другом — один из основоположников отечественной океанографии — С. О. Макаров. К тому же и предназначалось это судно главным образом для изучения Тихого океана, где проходили плавания двух его предшественников. «Витязь» — первый наш корабль науки, проводивший исследования на широких просторах открытого океана.

Большие размеры судна позволили разместить на нем 13 хорошо оборудованных лабораторий, обеспечивающих весь комплекс океанологических исследований. Специальное палубное оборудование (лебедки, тралы, большие геологические трубки, тросы и силовые установки) дали возможность вести разнообразные работы от установки на якорь и траления на любых глубинах до выпуска аэрологических зондов. На корабле можно разместить до 70 научных специалистов.

Успешная эксплуатация «Витязя» способствовала появлению целого ряда кораблей науки для комплексных и специализированных исследований. К ним относятся суда Академии наук «Михаил Ломоносов», «Сергей Вавилов», «Петр Лебедев», корабли погоды гидрометеорологической службы СССР «Шокальский» и «Воейков», гидрографические суда «Профессор Зубов», «Василий Головин», научная база рыбного хозяйства «Академик Книпович», единственная в мире немагнитная шхуна «Заря» и др.

За 25 лет «Витязь» совершил свыше полусотни плаваний (рейсов). Только в 1967 г. почетный титул флагмана советского научного флота перешел к новому кораблю — «Академику Курчатову». Это первое исследовательское судно, специально спроектированное для серийного производства кораблей науки. До того весь экспедиционный флот состоял из перестроенных для океанографических работ транспортных судов.

Большие размеры «Академика Курчатова» (водоизмещение 6,8 тыс. т) позволили разместить на нем 25 лабораторий. Он может принимать на борт почти 100 различных специалистов. Повышенная скорость хода позволяет значительно сократить время, необходимое на переходы к месту работы и между пунктами, в которых проводятся исследования. На большинстве научных судов на это уходит 60—80% экспедиционного времени. Повышение скорости хода приблизительно на 50% по отношению к таким судам, как «Витязь» и «Михаил Ломоносов», позволяет делать дополнительный рейс в году.

«Академик Курчатов» имеет более совершенное оборудование: буксируемые и автоматически регистрирующие приборы; стабилизированные посты для тех приборов, которые не должны испытывать качки; установки для запуска метеорологических и геофизических ракет; кабельные лебедки; сквозной колодец в кор-

пусе, позволяющий производить спуск приборов из внутренних помещений. Наличие мощной энергетической базы дает возможность использовать более совершенную аппаратуру и при необходимости изменять научный профиль лабораторий.

Впервые на экспедиционном судне используется комплекс технических средств, резко повышающих эффективность исследования: возможность удержания корабля на одном месте и вертикального положения тросов с приборами, успокоители качки, способствующие нормализации работы лабораторий, и пр.

Наличие вычислительного центра с ЭВМ типа «Минск» позволяет: осуществить ввод показаний автоматически регистрирующей аппаратуры в ЭВМ для обработки и анализа по заданным программам и вывода информации в табличной и графической форме; вести оперативную обработку материалов, дающую возможность уже в рейсе осуществлять их анализ и написание научных работ; подойти к кибернетизации исследований: постановка эксперимента — анализ полученных результатов — внесение корректив в программу эксперимента — повторные исследования. Все это открыло широкие перспективы научного анализа получаемых материалов непосредственно на борту судна, благодаря чему в экспедиционные отчеты помимо экспериментальных данных стали включаться результаты проделанных исследований. Нередко тома таких отчетов сразу же по возвращении из плавания передаются в издательство.

В качестве примера можно указать 14-й рейс «Академика Курчатова». Вскоре же по возвращении из экспедиции в печать были сланы два тома с изложением результатов комплексного исследования Американского средиземного моря. Автором этой статьи совместно со своими коллегами во время плавания были написаны две статьи по сравнительной характеристике вод обследованных глубоководных впадин и монографическая работа, построенная на обработке (с помощью электронно-вычислительной машины) всех накопленных данных, позволивших провести анализ формирования физико-химических свойств и динамики вод Карибского моря и Мексиканского залива.

Мне посчастливилось быть участником и первого рейса «Академика Курчатова», проходившего в конце 1966 — начале 1967 г. Это был испытательный рейс нового корабля науки. Его возглавлял директор Института океанологии АН СССР, член-корреспондент АН СССР А. С. Монин. В процессе эксплуатации судна оправдалось его лидирующее положение в научном флоте. В Мировом океане проводят исследования уже 11 таких судов. Рейсы этих судов бывают либо комплексными, либо специализированными, когда главной их задачей становятся работы, связанные с одной из океанологических дисциплин или какой-то определенной проблемой.

Появлению судов типа «Академик Курчатов» мы обязаны уму и энергии И. Д. Папанина. Можно только догадываться, сколь-

ко времени, сил и нервов пришлось затратить на создание этих кораблей. Роль таких судов в изучении Мирового океана трудно переоценить, тем более что они стали современными научно-исследовательскими плавучими институтами.

В нашей стране сейчас насчитывается около полусотни крупнотоннажных кораблей науки. Только ими (не принимая во внимание весь мелкотоннажный советский исследовательский флот и экспедиционные суда других стран) ежегодно собираются обширнейшие сведения о природе Мирового океана. Получаемые результаты находят свое отражение в экспедиционных отчетах и многочисленных научных работах. Отдавая дань вкладу отечественных кораблей науки, остановимся здесь только на наиболее существенных результатах изучения вод Мирового океана (не затрагивая тех представлений, которые получены в отношении биологии и геологии).

### **Важнейшие результаты изучения вод Мирового океана**

Не ставя своей задачей рассмотрение развития исследований, попытаемся в самой сжатой форме осветить современные представления о динамике и свойствах вод Мирового океана.

*Взаимодействие между Мировым океаном и атмосферой.* Исключительно большая роль этой области исследований определяется тем, что в процессе взаимодействия обеих сред формируются планетарные процессы, обуславливающие развитие и изменения природы Земли. Эти процессы порождаются неравномерным распределением солнечной энергии по поверхности земного шара и особенностями ее поглощения, трансформации и накопления водой, воздухом и сушей. Количественная их оценка и выяснение роли отдельных факторов должны быть получены в результате исследования обмена энергии и веществ в пределах каждой геосферы и в глобальном масштабе в целом.

Эта проблема решается путем теоретических исследований, постановки экспериментальных работ в океане и расчетов по натурным данным.

Теоретическими исследованиями и разработкой модели взаимодействия океана с атмосферой особенно успешно занимаются А. С. Монин (1967, 1969 гг.), С. С. Зелитинкевич (1970 г.) и др. На основе эквивалентно-баротропной модели океана получены выражения, связывающие внешние параметры системы океан — атмосфера с термогалинными характеристиками поверхностного слоя. По результатам расчетов составлена карта функции тока, свидетельствующая о том, что примененная модель отражает основные черты циркуляции вод. Обнаружено, что поле функции тока остается неизменным в течение всего года; при этом происходит смещение центров макроциркуляционных систем и измене-

ние расходов основных течений. Опубликованы фундаментальные труды по турбулентности и динамике пограничного слоя между обеими средами.

Все больше расширяются экспериментальные работы. Здесь роль кораблей науки особенно велика. Так, на шестимесячном гидрофизическом «полигоне» в центральной части Атлантического океана в 1970 г. на нескольких судах во главе с «Академиком Курчатовым» проведено исследование изменчивости гидрометеорологических процессов. Анализ полученных данных показал, что временные масштабы изменчивости менялись от 30 минут до 6 месяцев, а пространственные — от 2—4 до 100—120 миль. Обнаружено, что реакция океана на внешние воздействия находится в большой зависимости от временных масштабов возмущения атмосферы: если они меньше 10 суток, в океане возникает синхронные возмущения, при больших масштабах фазы колебаний гидрофизических элементов существенно изменяются с удалением от поверхности океана. Для объяснения прослеженных возмущений предложена теоретическая модель.

Примерами международных исследований взаимодействия океана с атмосферой являются «Тропический эксперимент» (Троп-экс), «Полярный эксперимент» (Полэкс), «Программа исследований глобальных атмосферных процессов» (Пигап), «Натурный эксперимент по проблеме взаимодействия океана и атмосферы» (НЭВ).

А. С. Монин, В. М. Каменкович и В. Г. Корт (1974) на основании экспериментальных и теоретических исследований провели глубокое изучение изменчивости гидрометеорологических процессов по всем временным масштабам.

Дальнейшее накопление экспериментальных данных позволит сделать точные количественные оценки обмена энергии и веществ между океаном и атмосферой для различных пространственных и временных масштабов. Пока же такие сведения приходится получать по имеющимся крайне ограниченному материалам. Наиболее обстоятельные расчеты теплообмена проведены в Главной геофизической обсерватории.

*Стратификация вод.* В Мировом океане хорошо выражена четырехслойная стратификация физико-химических полей.

На основе анализа изменения по вертикали температуры, солености и плотности воды (В. Н. Степанов, 1974) установлены типы стратификации термогалинных полей. Были выявлены четыре типа стратификации температуры и восемь типов солености. Дано их графическое выражение и карты распространения в Мировом океане. Кроме того, выделены типы общей термогалинной стратификации (В. Н. Степанов, 1965). Анализ их показал, что расслоение вод повсеместно определяется соленостью, исключая полярные районы, где главной становится термическая стратификация.

Анализ данных 14 рейсов «Академика Курчатова» в Амери-

канском средиземноморье и смежной части открытого океана показал теснейшую связь между физическими и химическими параметрами. Изменения по вертикали содержания растворенного кислорода, фосфатов и кремния происходили в строгом соответствии с термогалинной стратификацией (Арсеньев, Степанов и др., 1975). Более того, по гидрохимическим показателям границы между промежуточными, глубинными и придонными водами проявлялись лучше, чем по термогалинным характеристикам. К сожалению, нехватка гидрохимических материалов мешает широко использовать их при изучении стратификации вод Мирового океана.

В настоящее время в Институте океанологии АН СССР ведется работа, направленная на объективизацию термогалинной стратификации с помощью машинного анализа исходных данных.

*Структура вод и водные массы.* Закономерности стратификации определяют границы между водами различных свойств и их структуру. Стратификация позволяет выявить общие черты строения физико-химических полей; изучение структуры связано с установлением границ между различными водными массами.

На основе анализа физико-химических свойств и циркуляции вод были выделены водные массы, определены их характеристики, пути и границы распространения в Мировом океане (Степанов, 1974).

Исходя из зональной изменчивости природных условий, поверхностные водные массы могут быть экваториальными, тропическими, субтропическими, субполярными и полярными.

Существуют четыре типа промежуточных водных масс. В полярных районах они отличаются повышенной температурой, а во всей остальной части Мирового океана их можно обнаружить по пониженной или повышенной солености.

В соответствии с местом образования, распространением и свойствами прослеживаются три типа глубинных водных масс: североатлантические, срединные океанические и полярные.

Наибольшее распространение в Мировом океане получили придонные антарктические воды. В северных частях океанов выделяются придонные водные массы, которые могут быть объединены общим термином североокеанические (несмотря на довольно значительные различия свойств и условий формирования).

Наличие нескольких однотипных водных масс вызвало необходимость введения объединяющего структурного термина, указывающего на их местоположение в толще вод океана. С этой целью мною было предложено понятие о структурных зонах (поверхностной, промежуточной, глубинной и придонной), представляющих собой слои, в которых располагаются однотипные водные массы. По всему Мировому океану построены карты топографии границ структурных зон и разделяющих их пограничных слоев. При этом было установлено, что структурные зоны повсеместно

сменяют друг друга по вертикали. Глубина расположения их границ определяется особенностями циркуляции вод. В областях антициклонического обращения в результате нисходящих движений границы структурных зон опускаются, а в циклонических круговоротах с преобладающими восходящими перемещениями они приподнимаются. Соответственно меняются и их толщина.

Поверхностная структурная зона имеет небольшую толщину — всего 200—300 м. Располагающиеся под ней воды промежуточной зоны прослеживаются до 1500—2000 м. Нижняя граница глубинных вод находится приблизительно на 4000 м. Между ними и дном слоем толщиной 1000—1500 м залегают придонные воды.

Исключительно большая устойчивость стратификации и свойств водных масс определяются квазистационарностью циркуляции и наличием самостоятельных вертикальных систем обращения вод в пределах каждой структурной зоны.

*Циркуляция вод.* В процессе планетарного обмена энергии и веществ формируются свойства вод Мирового океана, постоянно возбуждается и поддерживается перенос водных масс. В условиях динамического равновесия планетарного обмена в пределах каждой фазы развития природы Земли создаются совершенно определенные стратификация и циркуляция вод, отличающиеся очень большой устойчивостью. Их теснейшая взаимосвязь обусловлена взаимозависимостью между полем движения и полем масс. Поэтому циркуляция должна изучаться в условиях реально стратифицированного океана, а структура — в соответствии с тем влиянием, которое оказывает обращение вод на перераспределение масс.

При крайней ограниченности непосредственных измерений течений для изучения циркуляции вод Мирового океана все шире применяются различные расчетные методы. Из них особо широко применение получил так называемый динамический метод. На основе расчета течений по косвенным данным получены представления о циркуляции вод во всех океанах и многих морях. Наиболее обстоятельные исследования в последнее время проведены по Атлантическому океану Р. П. Булатовым (1971 г.), по Тихому — В. А. Бурковым (1972 г.), по Индийскому — В. Г. Нейманым (1970 г.) и А. Д. Щербининым (1971 г.), по Северному Ледовитому — А. Ф. Трешниковым и Г. И. Барановым (1972 г.).

В исследовании циркуляции, выполненном А. С. Мониным и В. А. Бурковым (1974 г.), дается анализ факторов, которые определяют обращение вод в реально стратифицированной среде.

В. Н. Степановым (1969 и 1970 гг.) рассчитаны меридиональные и вертикальные составляющие течений и построены схемы переноса вод в меридиональной плоскости всех океанов. При этом выявлено, что каждая структурная зона обладает самостоятельной системой вертикального обращения вод. Можно полагать, что тем самым и определяется сохранение квазистационарности физико-химических полей и стратификация вод Мирового океана.

Обобщение материалов, полученных по отдельным океанам, позволило (В. Н. Степанову, 1974) построить карты циркуляции по всему Мировому океану, вскрыть основные закономерности обращения вод и особенности перестройки макроциркуляционных систем.

В соответствии с зональным обменом энергии и веществ в каждом океане в одних и тех же географических областях в поверхностной структурной зоне создаются однотипные циркуляционные системы. В экваториальной зоне это антициклонические круговороты, в тропических широтах — циклонические, в субтропических — антициклонические, в субполярных — снова циклонические, в северной полярной области, представленной океаном, — опять антициклоническая. Последовательная зональная их смена и является общей планетарной закономерностью циркуляции поверхностных вод.

Преобладание зональной циркуляции отмечается до оси промежуточных вод, прослеживающейся по экстремальным физико-химическим свойствам вод на глубине 600—1000 м. Ниже все более усиливается меридиональный перенос и межзональный обмен вод, энергии и веществ.

Благодаря различию направлений и скоростей переноса поверхностных, промежуточных, глубинных и придонных вод сохраняется многообразие свойств водных масс, поддерживается квазистационарность стратификации и структуры. Четырехслойность циркуляции и структуры вод имеет исключительно большое значение не только для процессов, протекающих в Мировом океане, но и для глобального обмена энергии и веществ, а следовательно, планетарных процессов, определяющих формирование и изменение природы Земли в целом.

Очень большой вклад внесен советскими учеными в создание теории течений, что необходимо для познания их природы и разработки методов расчета; особенно значительные исследования в этой области проведены П. С. Линейкиным (1957 г.), А. С. Саркисяном (1966 г.), В. Б. Штокманом (1967 г.), А. И. Фельзенбаумом (1968 г.), В. В. Шулейкиным (1968 г.). Анализ исследований, проведенных по численному моделированию циркуляции вод, дается В. М. Каменковичем (в работе, написанной совместно с А. С. Мониним и В. А. Бурковым, 1974). Из иностранных работ последних лет прежде всего надо упомянуть Г. Стоммела (1965 г.), С. Манаве и К. Брайена (1972 г.).

В Институте океанологии АН СССР в настоящее время ведутся расчеты циркуляции вод в трехмерном пространстве по Атлантическому, Индийскому и Тихому океанам по модели А. С. Саркисяна. Первые полученные результаты весьма обнадеживающие. Горизонтальное обращение вод оказалось очень близким к тому, которое получено динамическим методом. Вертикальное перемещение вод на всей акватории океана хорошо согласуется с макроциркуляционными системами (в антицикло-

нических круговоротах отмечаются нисходящие движения, в циклонических — восходящие).

*Турбулентность.* А. С. Монин (1974 г.) говорит о том, что исследование этого важнейшего процесса в океане помимо познания природы и свойств короткопериодных флюктуаций гидрофизических полей необходимо для понимания структуры вод и вертикального перемешивания. Последнее имеет огромное значение для выявления особенностей распространения в океане растворенных солей и газов, минеральных взвесей, радиоактивных веществ и планктона. Поскольку турбулентность ускоряет диффузию различных примесей, изучение ее становится особенно актуальным в связи с нарастающим загрязнением океана нефтью, свинцом, пестицидами и другими вредными веществами.

Теоретические исследования турбулентности начались около 50 лет назад. Однако широкие экспериментальные работы на кораблях науки развернулись в последнее десятилетие. Этому способствовало создание высокочувствительных, малоинерционных турбулиметров. Первые исследования были направлены на определение коэффициентов обмена. Затем главное внимание уделялось статистическим характеристикам и применимости законов локально-изотропной турбулентности в океанских условиях. Анализ экспериментальных данных позволил А. Г. Колесникову с сотрудниками (1964 г.) вскрыть особенности изменения по вертикали продольной и поперечной интенсивности турбулентности, коэффициентов турбулентной вязкости и других важнейших характеристик. Р. В. Озмидов (1968 г.) установил распределение турбулентной энергии по всему диапазону масштабов: от вязкостной границы турбулентности (порядка нескольких миллиметров) до турбулентных «вихрей», соизмеримых с размерами океана.

В результате проведенных исследований стало ясно, что океан практически всегда и всюду расслоен на квазиоднородные слои толщиной от десятков метров до дециметров и сантиметров, разделяемые очень тонкими прослойками с резкими вертикальными изменениями (скачками) гидрофизических параметров; причем эти слои имеют значительные времена жизни, по меньшей мере десятки минут и часы. Турбулентность обычно слаба, не способна разрушать указанную переслоенность, развивается лишь внутри квазиоднородных слоев, имеет локальный характер (непосредственно от глубины не зависит) и характеризуется малыми числами Рейнольдса» (Монин и др., 1974).

*Термогалинные поля.* Изучены они наиболее обстоятельно по сравнению со всеми другими характеристиками вод благодаря массовости определений, производящихся кораблями науки. По этим данным создано множество карт и атласов температуры, солености и плотности воды (А. М. Муромцев, С. Г. Панфилова, Фуглистер и др.).

Обобщение имеющихся материалов позволило нам (Степанов, 1974) построить карты термогалинных полей для всей толщи

вод Мирового океана и выявить характерные для них закономерности.

Наиболее глубокому исследованию физических свойств океанических вод мы особо обязаны Н. Н. Зубову (1938 г.), В. В. Шулейкину (1968 г.), О. И. Мамаеву (1970 г.).

*Гидрохимические поля.* При ограниченности имеющихся материалов поля концентрации неорганических и органических веществ, а также содержание растворенных газов в водах Мирового океана оказались изучены еще слабо. Полученные результаты изложены в монографии А. П. Виноградова (1968 г.) и многочисленных работах С. В. Бруевича, В. Н. Иваненкова, Б. А. Скопинцева, А. И. Симонова и др.

Используя литературные источники, нам (Степанов, 1974) удалось построить по всему Мировому океану карты концентрации растворенного кислорода и содержания фосфатов. Анализ этих карт представляет огромный интерес для понимания особенностей глобального переноса вод в Мировом океане. В условиях, когда существующие сведения о циркуляции вод основываются на расчетах по различным моделям, анализ гидрохимических полей может внести необходимые коррективы. Особенно важно это для глубинных и придонных вод с довольно однородными термогалинными характеристиками. Различия же в концентрации гидрохимических элементов оказываются весьма значительными.

Анализ полей фосфатов и растворенного кислорода подтверждает, что в поверхностной и промежуточной структурных зонах ярко выражено преобладание зонального переноса вод. Как установлено, в поверхностных водах концентрации кислорода максимальна, тогда как содержание фосфатов близко к нулю. В промежуточных водах благодаря интенсивному окислению осаждающейся органики происходит резкое изменение концентраций обеих элементов. При этом несколько выше ядра промежуточных вод отмечается минимум кислорода и максимум фосфатов.

В глубинной и придонной структурных зонах Мирового океана увеличивается меридиональная составляющая перемещения вод. Максимальная концентрация кислорода (до 5,5—6,0 мл/л) и минимальное содержание фосфатов (ниже 1,5 мкг-ат/л) в северной Атлантике подтверждают представление о том, что здесь формируется самая «молодая» глубинная водная масса Мирового океана. Она образуется главным образом за счет опускания поверхностных вод. О ее распространении в направлении Антарктиды свидетельствует постепенное падение содержания кислорода (до 4,5—5,0 мл/л) и повышение содержания фосфатов (до 2 мкг-ат/л). На генеральное перемещение вод в Антарктике на восток указывает повышение концентрации фосфатов до 2,5 мкг-ат/л. О переносе глубинных вод из Антарктики до северных пределов Индийского и Тихого океанов можно судить по тому, что содержание кислорода в районе Аравийского полуострова падает до 4 мл/л, а фосфатов — увеличивается до 2,5 мкг-ат/л, вблизи же Кана-

ды — до 2 мл/л и выше 3 мкг-ат/л соответственно. Таким образом, сюда приходят наиболее «старые» воды, давно потерявшие связь с поверхностью океана. Действительный их путь, судя по расчетным картам циркуляции, очень сложен. О генеральном перемещении вод можно получить представление только по консервативным гидрохимическим показателям. Отсюда становится понятным, сколь необходимы такие исследования.

*Оптические свойства океанических вод.* Со времени проведения Международного геофизического года наступил резкий перелом в развитии гидрооптических исследований. Благодаря применению инструментальных методов измерения распространения света появилась возможность определять оптические свойства всей толщи океанических вод. К настоящему времени получены гидрооптические характеристики по обширным пространствам Мирового океана. При этом выявилось, что они существенно отличаются у различных водных масс; прослеживаются конвергенции и дивергенции течений и океанические фронты. Получены интересные результаты в области влияния света на жизнедеятельность растительных и животных организмов.

*Льды.* С использованием самолетов для изучения ледяного покрова необходимость в судовых экспедициях для этих целей практически отпала. Давно уже «ледовые патрули» перешли к океанографическим съемкам арктических акваторий. Дрейфующие станции на паковых льдах и айсбергах превратились в базы для широких гидрометеорологических исследований Арктического бассейна.

В результате систематических исследований последних 30—40 лет ледяной покров Северного Ледовитого океана оказался изученным весьма обстоятельно. Антарктические же льды все еще обследуются мало и редко.

*Приливы.* Поскольку огромное большинство исходных данных относится к прибрежным пунктам, основное представление о приливных явлениях получено расчетным путем, главным образом методом гармонического анализа. Большие усилия были приложены к тому, чтобы попытаться воссоздать сложную систему распространения прилива в океанах и морях. К. Т. Богданову удалось разработать программу численного решения гидродинамических уравнений, использованную для расчета приливных течений и распространения главных составляющих приливных волн по всему Мировому океану.

А. С. Монин (1974 г.) считает, что дальнейшее уточнение таких карт потребует описания эффектов, связанных с детализацией границ, влиянием рельефа дна, придонного трения и перехода энергии во внутренние волны.

Особое место в изучении приливов занимают работы И. В. Максимова. Результаты его многолетних исследований опубликованы в специальной монографии (1970 г.). В ней рассматривается значение сил деформации и долгопериодных при-

ливных сил, а также влияние космических и геофизических факторов на изменчивость гидрофизических условий.

*Ветровые волны.* При ограниченности инструментальных определений элементов ветровых волн и остаточного волнения (зыби) широкое использование получили расчетные методы. Основываясь на уравнении баланса энергии, В. В. Шулейкин поставил экспериментальные работы по изучению механизма передачи энергии ветра волнам и создал физико-математическую теорию ветрового волнения. Впоследствии на тех же принципах Ю. М. Крыловым и И. С. Бровиковым было создано руководство по расчету элементов волн. Дальнейшее развитие метода пошло по линии расчета энергетического спектра ветрового волнения.

Другой расчетный метод, разрабатывавшийся И. Н. Давиданом, А. Д. Ямпольским и другими советскими и зарубежными океанографами, построен на изучении статистических закономерностей элементов волн. Особенно успешным оказалась разработка этого направления Ю. М. Крыловым. Ему удалось впервые одновременно учесть все важнейшие особенности неупорядоченности волнения, их трехмерности и зависимости от развития ветра.

*Непериодические колебания уровня.* Целый ряд работ посвящен изучению колебаний уровня в океанах и морях. Общими закономерностями их изменений занимались И. Паттулло и В. Манк с группой соавторов, а также Е. Лисицина. Из советских исследователей надо указать А. И. Дуванина и Н. В. Буторина, написавших монографические работы по колебаниям уровня Атлантического океана, и Л. И. Галеркина, проведшего исследование непериодических колебаний уровня Тихого и Индийского океанов. Кроме того, необходимо упомянуть работу Е. С. Селицкой, посвященную сезонному ходу уровня Мирового океана.

*Перенос вод, тепла и растворенных веществ.* В Мировом океане происходит сложный обмен энергии и веществ. Он осуществляется в процессе переноса водных масс различных по своим объемам и физико-химическим свойствам, перемещающихся на огромных пространствах с различными скоростями. Смешение водных масс и перераспределение энергии и веществ не только в пределах отдельных структурных зон, но и между ними происходит в значительной степени путем вертикальных перемещений. В этих условиях динамическое равновесие поддерживается за счет большой устойчивости макроциркуляционных систем. Если бы этого не было, воды Мирового океана за долгую историю Земли подверглись бы полному перемешиванию, они стали бы совершенно однородными, и не было бы того сложного обмена энергии и веществ, который имеет место в действительности. Несмотря на огромную важность этих процессов, они еще только начинают изучаться.

Значительное количество работ опубликовано по водообмену между различными океанами и морями. На основании имею-

щихся сведений и собственных расчетов В. Г. Кортон определен водный баланс Мирового океана (1962 г.). Тем же автором оценивался водо- и теплообмен в пределах Антарктической акватории. В. Н. Иваненковым и А. Н. Гусаровой (1973 г.) на основе уточнения водного баланса рассчитан годовой обмен газами и важнейшими химическими веществами между океанами.

Особенно обстоятельные исследования переноса тепла и солей проведены Л. К. Моисеевым по Атлантическому океану. Им установлено равенство геострофического переноса тепла и солей в широтном и меридиональном направлениях во всем океане в целом и в пределах отдельных структурных зон, исключая глубинную зону, где меридиональный перенос немного превышает зональный. Тем самым подтверждаются ранее высказанные нами соображения о наличии самостоятельных систем обращения вод в пределах каждой структурной зоны (Степанов, 1969). Более сложные закономерности выявлены Л. К. Моисеевым в переносе тепла и солей для северной и южной частей Атлантического океана. Аналогичные расчеты по другим океанам ведутся сейчас в Институте океанологии АН СССР,

Предпринятая здесь попытка сделать краткий обзор важнейших результатов исследований свойств и динамики вод вызвана стремлением оттенить вклад кораблей науки в изучение Мирового океана. Тем самым мы стремились отдать должное Ивану Дмитриевичу Папанину, посвятившему значительную часть своей жизни организации экспедиционных океанографических исследований. Пожелаем же ему дальнейших успехов на этом благороднейшем поприще.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Арсеньев В. С., Булатов Р. П., Волосатых Б. В., Панфилова С. Г., Степанов В. Н. Сравнительная характеристика вод глубоководных впадин Американского средиземного моря. — «Труды ИОАН», т. 100, 1974.  
Атлас теплового баланса земного шара. М., 1963.
2. Атлас теплового баланса океанов. Севастополь, 1970.
3. Булатов Р. П. и др. Исследование циркуляции и переноса вод Атлантического океана. — «Океанологические исследования» № 22. М., 1977.
4. Бурков В. А. Общая циркуляция вод Тихого океана, сер. «Тихий океан». М., 1972.
5. Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. Л., 1956.
6. Виноградов А. П. Введение в геохимию океана. М., 1968.
7. Гаврилин Б. Л., Монин А. С. Модель долгосрочных взаимодействий океана и атмосферы. — «Доклады АН СССР», т. 176, № 4, 1967.
8. Зилитинкевич С. С. Динамика пограничного слоя атмосферы. Л., 1970.
9. Зубов Н. Н. Морские воды и льды. М., 1938.
10. Иваненков В. Н., Гусарова А. Н. Годовой обмен растворенным кислородом, кремневой кислотой и неорганическим растворенным фосфором между океанами. — Сб. «Химия морей и океанов». М., 1973.
11. Колесников А. Г., Пантелеев Н. А., Писарев В. Д. Результаты прямого определения интенсивности глубинного турбулентного обмена в Атлантическом океане. — «Доклады АН СССР», 155, № 4, 1964.

12. Корт В. Г. Водобмен между океанами. — «Океанология», т. II, вып. 4, 1962.
13. Линейкин П. С. Основные вопросы динамической теории бароклинного слоя моря. Л., 1957.
14. Мамаев О. И. Т — S — анализ вод Мирового океана. М., 1970.
15. Манабе С., Браден К. Климат и циркуляция океана. М., 1972.
16. Монин А. С., Каменкович В. М., Корт В. Г. Изменчивость Мирового океана. Л., 1974.
17. Монин А. С. Фундаментальные следствия взаимодействия атмосферы и океана. — «Изв. АН СССР». Физика атмосферы и океана, т. 5, № 11, 1969.
18. Муромцев А. М. Основные черты гидрологии Тихого океана. Л., 1958.
19. Муромцев А. М. Основные черты гидрологии Индийского океана. Л., 1959.
20. Муромцев А. М. и др. Основные черты гидрологии Атлантического океана. М., 1963.
21. Нейман В. Г. Новые карты течений Индийского океана. — «Доклады АН СССР», т. 195, № 4, 1970.
22. Озмидов Р. В. Горизонтальная турбулентность и турбулентный обмен в океане. М., 1968.
23. Папанин И. Д., Сузюмов Е. М. Корабли науки. — В кн.: «Океан и человечество». М., 1968.
24. Саркисян А. С. Основы теории и расчет океанических течений. Л., 1966.
25. Степанов В. Н. Бюджет тепла поверхности Мирового океана и тепло-содержание его вод. — «Труды ИОАН», т. XXXVII, 1960.
26. Степанов В. Н. Мировой океан. Динамика и свойства вод. М., 1974.
27. Степанов В. Н. Планетарные процессы и изменения природы Земли. М., 1970.
28. Степанов В. Н. Циркуляция вод в меридиональной плоскости океанов. — «Океанология», т. IX, вып. 3, 1969.
29. Степанов В. Н. Основные типы структуры вод Мирового океана. — «Океанология», т. V, вып. 5, 1965.
30. Степанов В. Н. К изучению вертикальной циркуляции и структуры вод Арктического бассейна. — Сб. «Вопросы географии» № 84, 1970.
31. Стоммел Г. Обзор теории морских течений. — Сб. «Проблемы океанической циркуляции». М., 1965.
32. Трешников А. Ф., Баранов Г. И. Структура и циркуляция вод Арктического бассейна. Л., 1972.
33. Фельзенбаум А. И. Динамика морских течений. — Сб. «Итоги науки», сер. механика, 1968.
34. Фельзенбаум А. И. Теоретические основы и методы расчета установившихся морских течений. М., 1960.
35. Штокман В. Б. Развитие теории морской и океанической циркуляции в СССР за 50 лет. — «Океанология», т. VII, вып. 5, 1967.
36. Шулейкин В. В. Физика моря. М., 1968.
37. Щербинин А. Д. Структура и циркуляция вод Индийского океана. — «Доклады АН СССР», т. 199, 1971.

К. А. БРОДСКИЙ, Е. А. ПАВШТИК

## ПЛАНКТОН ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

(по сборам дрейфующих станций  
«Северный полюс»)

Гидробиологические исследования, выполненные первой, папанинской дрейфующей станцией «Северный полюс», открыли новую эпоху и в изучении планктона центральной части Арктического бассейна.

Предыстория исследований планктона этого покрытого льдами труднодоступного района коротка.

Первые сведения о планктоне Арктического бассейна были получены в результате анализа сборов, сделанных до глубины 300 м во время дрейфа «Фрама» — экспедиции Фритьофа Нансена (Норвежской полярной экспедиции 1893—1896 гг.). Обработка этих сборов, проведенная зоологом Георгом Сарсом, показала, что воды центральной части Арктического бассейна населены веслоногими рачками, амфиподами и организмами других групп планктона и что фауна этой части Мирового океана очень близка к фауне северной части Атлантики (G. O. Sars, 1900). В результате работ «Фрама» науке стало известно 23 вида каланид из важнейшей группы зоопланктона — копепода (отряд низших ракообразных).

После длительного перерыва (со времени экспедиции Нансена) исследование планктона в центре Арктического бассейна было возобновлено уже советскими экспедициями, однако еще в очень ограниченном масштабе. Так, в 1935 г. с ледокола «Садко» был взят планктон с глубины 500 м (послойный лов) между Гренландией и Шпицбергенем, а во время дрейфа ледокола «Седов» (1937—1939 гг.) были сделаны немногие сборы планктона (Богоров, 1946). Некоторые сведения о планктоне дали и самолетные экспедиции (в частности, на самолете СССР Н-169), где было сделано три послойных лова до дна при глубинах около 2000 и 3000 м.

Научный подвиг И. Д. Папанина, Е. К. Федорова, П. П. Ширшова и Э. Т. Кренкеля, впервые в мире проработавших многие месяцы на дрейфующей льдине, сыграл огромную роль в развитии науки о жизни в толще вод Арктического бассейна не только непосредственными результатами своих исследований, но главным образом и отработкой методов проведения таких исследований с дрейфующей льдины.

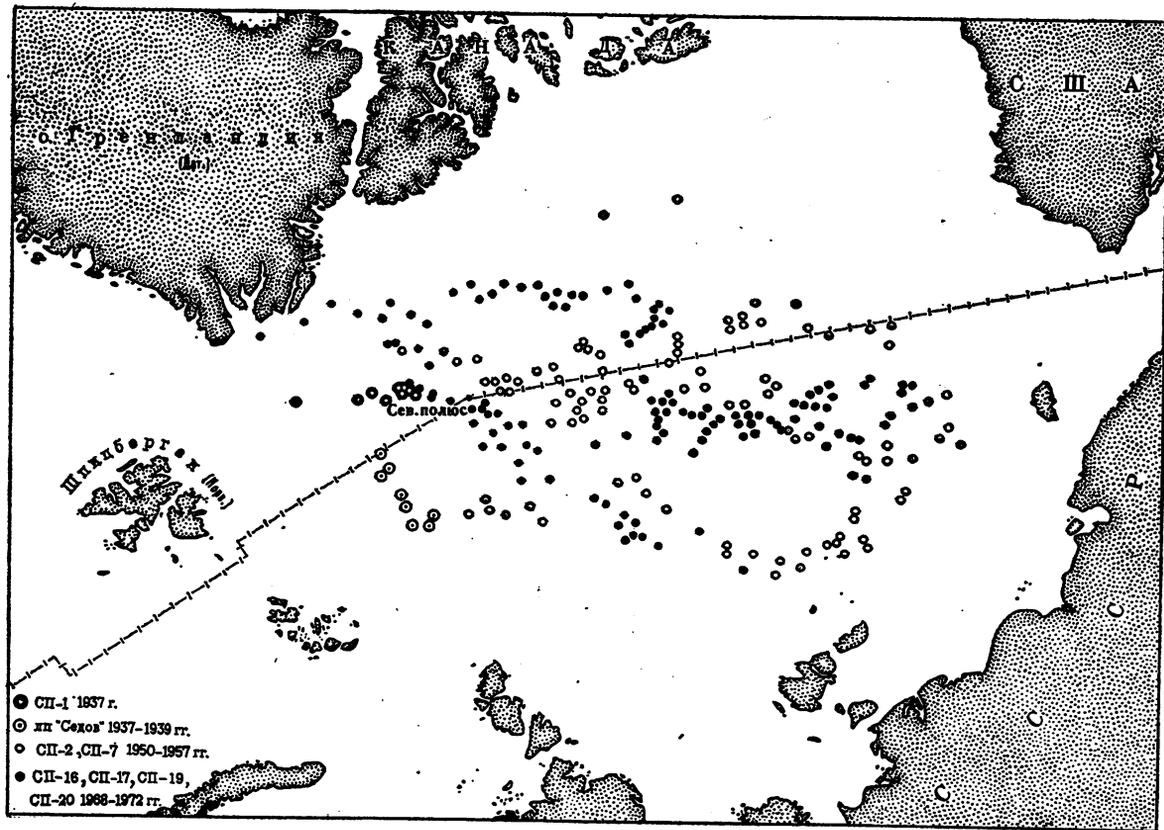
Несмотря на большой риск и трудности работы на льдине использование дрейфующей льдины для планктонных работ имеет ряд преимуществ даже по сравнению с кораблем. Исключается отклонение по вертикали троса, несущего планктонную сеть, которое служит источником многих ошибок; представляется возможным производить систематические послойные ловы планктона в одном и том же районе (при медленном дрейфе льдины), наконец, можно оценить смену планктона в течение длительного периода времени в близко расположенных районах. Таким образом, работа первой дрейфующей станции «Северный полюс» открыла путь дальнейшим планктонным исследованиям в районе Северного полюса, выполнив 14 планктонных станций и обловив планктонными сетями всю толщу вод до максимальных глубин.

СП-1 положила начало эпохе широких систематических исследований планктона Арктики. Папанинцы собрали пробы фитопланктона и зоопланктона в различные биологические сезоны и установили точные сроки развития фитопланктона в районе Северного полюса (Ширшов, 1938, 1944; Усачев, 1961).

В настоящее время, сменяя друг друга, несут свою научную вахту в Арктике дрейфующие станции «Северный полюс». Многие из них выполняют и серии планктонных станций.

В результате отечественных экспедиций, главным образом дрейфующих станций «Северный полюс», состав, распределение, сезонные изменения видового состава и количества планктона самого труднодоступного района Мирового океана — Арктического бассейна — известны теперь лучше, чем других лишенных льда частей Мирового океана. Как отмечалось ранее, «можно без преувеличения сказать, что работа дрейфующих станций... имела огромное историческое значение для познания природы Полярного бассейна» (Бродский, 1956).

В этой небольшой статье мы излагаем только основные результаты отечественных исследований планктона, начатых с 1937 г. папанинцами и продолженных в дальнейшем сотрудниками ААНИИ на дрейфующих станциях СП-2 — СП-7 в 1950—1956 гг. и СП-16, СП-17, СП-19 и СП-20 в 1968—1973 гг. Благодаря этим работам изученность планктона центральной части Арктического бассейна в настоящее время выше, чем некоторых соседних частей Мирового океана, изучение которых начато значительно раньше. Уже первые наблюдения папанинцев доказали, что воды и в центре Арктики населены планктонными организмами до самых больших глубин. Несмотря на постоянный ледя-



Расположение планктонных станций, выполненных дрейфующими станциями «Северный полюс» и л/п «Г. Седов»

**Материалы по планктону,  
собранные дрейфующими станциями «Северный полюс»**

Станция „Северный полюс“	Планктон собирали	Количество проб	Обработали пробы	Где использованы научные данные
СП-2 1950—1951	М. М. Сомов М. М. Никитин З. М. Гудкович	147	К. А. Бродский	К. А. Бродский, М. М. Никитин, 1955; К. А. Бродский, 1956
СП-3 1954—1955	А. Ф. Трешников А. П. Легеньков В. М. Булавкин В. А. Шамо́нтьев	86	М. А. Виркетис	М. А. Виркетис, 1957
СП-4 1954—1955 1955—1956 1956—1957	Е. И. Толстик Н. И. Демьянов П. А. Гордиенко М. М. Никитин В. И. Шильников	217	М. А. Виркетис	
СП-5 1955—1956	Н. А. Волков Г. Т. Силян З. И. Гудкович Н. П. Шестериков	158	М. А. Виркетис	М. А. Виркетис, 1959
СП-6 1956—1957	М. С. Кривоногов В. А. Харитонов	175	М. А. Виркетис	
СП-7 1957	Н. И. Блинов	167	М. А. Виркетис	
Всего в 1950—1957 гг. собрано		950		
СП-16 1918—1969 1969—1970	Ю. Б. Константинов К. И. Грачев П. Т. Морозов	119 151		
1970—1971 1971—1972	А. Н. Васильев А. Я. Бузуев П. Т. Морозов А. Ф. Зайцев	21 20	Е. А. Павштик	Е. А. Павштик, 1971
СП-17 1968—1969	О. Л. Евдокимов Н. Н. Блинов В. А. Заводчиков А. П. Легеньков	53	Е. А. Павштик	Е. А. Павштик, 19716
СП-19 1970—1972 1972—1973	Н. Н. Еремин О. Д. Дубко Ю. Д. Константинов В. А. Заводчиков	80 91	Е. А. Павштик	
СП-20 1970—1971	Ю. П. Тихонов В. И. Архипов	100	Е. А. Павштик	
Всего в 1968—1973 гг. собрано		635		

ной покров и низкую температуру воды (до  $-1,7^{\circ}\text{C}$ ), в бассейне нет «мертвых зон»\*, лишенных жизни (Ширшов, 1938, 1944).

Но суровые условия все же наложили свой отпечаток на планктон Арктического бассейна. Особенно это сказывается на видовом разнообразии. При меньшем числе видов почти всех групп планктона и отсутствии некоторых из них отдельные виды дают значительное число особей.

И все же бедность видового состава не так уж велика, как можно было ожидать по первым исследованиям, выполненным во время дрейфа «Фрама» (23 вида копепода). Уже сборы дрейфующей станции СП-2 в 1950—1951 гг. дали 44 вида этой группы (Бродский, 1950; 1957; Бродский и Никитин, 1955). Число это, вероятно, уже близко к «среднему уровню» видового состава, потому что дальнейшие исследования СП-3 и СП-4 дали для веслоногих рачков 42 и 47 видов, а СП-5 — 54 вида (Виркетис, 1957, 1959).

В настоящее время известно уже более 60 видов веслоногих рачков из центральной части Арктического бассейна. При дальнейшей обработке глубоководных сборов СП-19 и СП-16 не исключены возможности обнаружения новых для этого района и для науки видов.

Не все группы планктона, найденные в водах умеренных широт, были обнаружены в центральной части Арктического бассейна, но разнообразие их достаточно велико. Так, в сборах СП-4 были найдены виды следующих групп планктона: корненожки (1 вид), радиолярии (не определены до вида), гидромедузы (3 вида), гребневики (3 вида), остракоды (3 вида), веслоногие рачки (60 видов), гиперииды (5 видов), крылоногие моллюски (2 вида), щетинкочелюстные (3 вида) и аппендикулярии (6 видов). Фитопланктон представлен главным образом диатомовыми (Ширшов, 1938; Усачев, 1961; Виркетис, 1957). Конечно, этот список дает только общее представление о составе планктона, который будет пополняться и изменяться в связи с развитием наших знаний по надвидовой и внутривидовой систематике форм. Да и число групп тоже, вероятно, увеличится.

Итак, веслоногие рачки в центральной части Арктического бассейна представлены 60 видами, а в северной части Тихого океана их не менее 250 видов. Сравнение с отдельными морями северной части Тихого океана даст несколько меньшую разницу: так, в Охотском море найдено 75—80 видов, а в Чукотском — всего около 30. Но Чукотское море очень мелководно, и там отсутствует глубоководная фауна, дающая наибольшее видовое разнообразие.

Из каланид в центральной части Арктического бассейна не представлены не только многие роды (тепловодные) этой группы зоопланктона, но и целые семейства (*Paracalanidae*, *Arietellidae*,

\* За исключением очень ограниченных участков об этом см. ниже

Canadaciidae, Pontellidae и др.). Однако следует отметить одну особенность видового разнообразия в описываемом районе Арктики. Число видов в верхних слоях воды, несмотря на весьма суровые условия обитания организмов, относительно велико. Объясняется это тем, что в Арктическом бассейне при небольшой разнице в температуре воды верхних и нижележащих слоев в верхние слои поднимаются виды, которые в умеренных широтах придерживаются глубин не менее 500 м.

Так, по анализу сборов СП-4 и СП-5 (Виркетис, 1959) было получено следующее соотношение видов по глубинам (см. табл. 2).

Таблица 2

Количество видов каланид по глубинам

	СП-4		СП-5	
	число видов	%	число видов	%
Общее число видов	46	100	54	100
Из них:				
поверхностных	10	22	14	26
батипелагических	25	54	26	48
абиссальных	11	24	14	26

Интересно сопоставить количество не видов, а особей на  $1 \text{ м}^3$  в центральной части Арктического бассейна и вод умеренных широт. Так, эта величина в первом около 19 особей на  $1 \text{ м}^3$ , а, например, в Беринговом море свыше 3000 (как средняя величина). В отдельных морях и в центральной части Арктического бассейна было найдено до 1500 рачков в  $1 \text{ м}^3$ , но большая часть планктонных ловов содержала лишь единичные экземпляры организмов. По сборам СП-4 и СП-5 общее число особей зоопланктона в  $1 \text{ м}^3$  не превышало 100—200 экз./ $\text{м}^3$ , но это относилось к толще воды от поверхности до глубины в 250 м, а глубже, например в слое 100—250 м, едва достигало 10 экз./ $\text{м}^3$ .

Фитопланктон в районе Северного полюса даже в вегетационный период не показывает столь мощного развития, какое характерно для вод умеренных широт. Максимальное развитие фитопланктона в центральной части Арктического бассейна наблюдалось в августе (Ширшов, 1938; Усачев, 1961; Павштикс, 1971 б).

Зоогеографический анализ планктона на примере важнейшей группы — веслоногих рачков показывает его существенное значение для видового состава теплого слоя атлантической воды, широко распространенного слоя в центральной части Арктического бассейна с обитающей в нем североатлантической фауной, и меньшее, но все же ощутимое в этом слое значение северотихоокеанской фауны.

В пределах Арктического бассейна обитает по крайней мере половина видов атлантического происхождения, распространены также и в северной части Атлантики. Но и свои местные (эндемичные) виды составляют в высоких широтах Арктики не менее 13% всех видов веслоногих рачков. Они распространены здесь неравномерно, и их распределение характерно для понимания гидрологической и орографической дифференциации бассейна.

Больше всего эндемичных видов найдено в районе Северного полюса, несколько к востоку от хребта \* Ломоносова. В районе к северу от Северной Земли и Новосибирских островов было найдено только по одному эндемичному виду.

Преобладание местных видов с локальным распространением к востоку от хребта Ломоносова указывает на затрудненность свободного обмена вод Арктического бассейна: очевидно, хребет представляет собой барьер не только для глубинных вод, но и для планктона, населяющего эти воды. Все эндемичные виды найдены на значительных глубинах, ниже слоя атлантических вод.

Интересным примером большого значения атлантических вод для развития планктона в центральной части Арктического бассейна может послужить анализ планктонного лова, взятого в точке 140° з. д. и 75° с. ш., где в результате «выклинивания» атлантических вод планктонная сеть принесла только мертвые организмы: рачков, щетинкочелюстных и т. д. Живыми оказались особи только тех видов, которые живут ниже атлантического слоя (*Spinocalanus magnus*, *Lucicutia anomala* и т. д.).

Следует упомянуть и о влиянии на распределение планктона центральной части Арктического бассейна и тихоокеанских вод из северной части Тихого океана. Уже в 1950 г. при анализе сборов планктона СП-2 были обнаружены типично тихоокеанские виды до 77—78° с. ш.; по сборам СП-4 и СП-5 такой тихоокеанский вид, как *Eucalanus bungii*, был найден до 81°41' с. ш. и 180°49' в. д. Данные последующих лет показали, что тихоокеанские виды распространяются до самого полюса (Павштикс, 1971 б). Тихоокеанские воды, так же как и атлантические, имеют положительную температуру и создают условия, благоприятные для более тепловодных, чем арктические, тихоокеанских видов.

Отдельные виды из слоя положительных температур приспособились к обитанию в воде с отрицательной температурой и заселили эти слои воды. Происходит как бы постоянная «дисперсия жизни» от теплого слоя.

Глубинная фауна, хотя и бедная, в центральной части Арктического бассейна все же имеется, и ее происхождение должно быть объяснено. Мы располагаем пока еще не многочисленными, но уникальными сборами планктона с больших глубин.

---

\* О рельефе дна Арктического бассейна см. Трешников и Шпайхер, 1970.

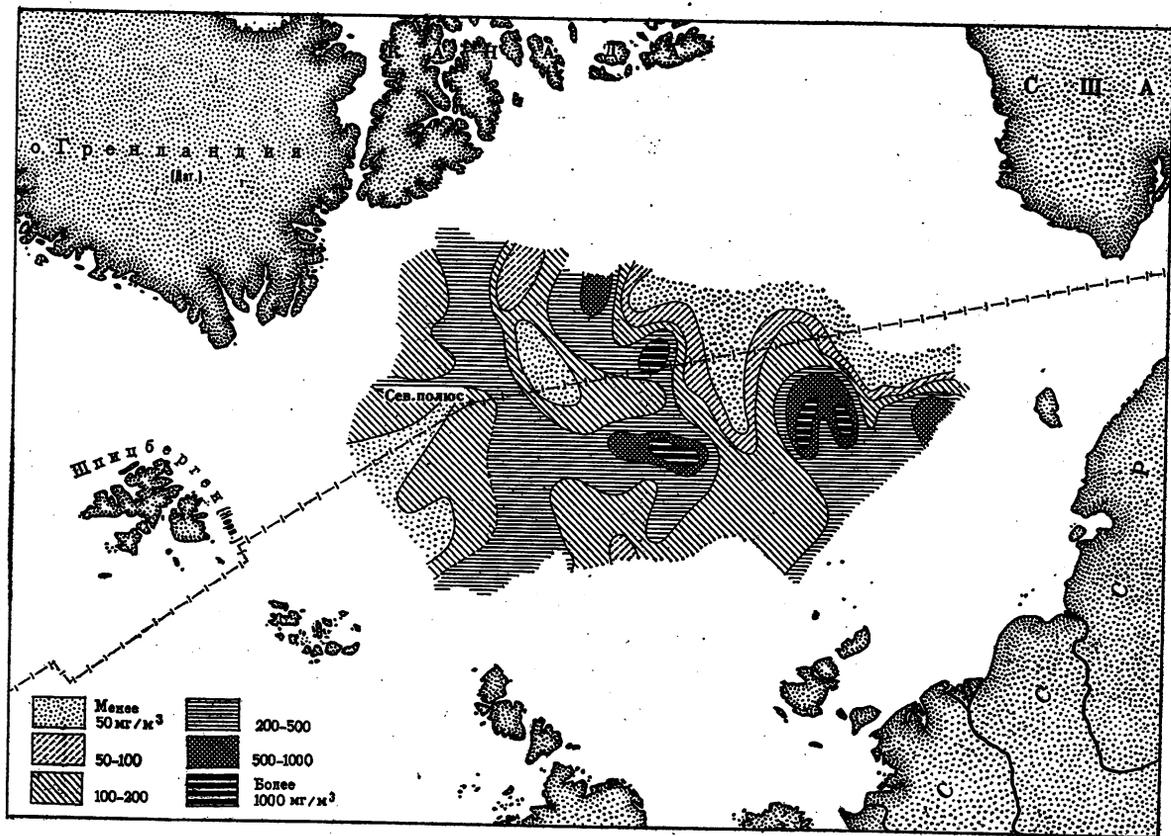
По составу фауны можно допустить, что глубинные воды приатлантической и центральной частей Арктического бассейна заполнены атлантическими водами, но прошедшими через «биологический барьер» в районах подводных хребтов, где в результате сильного перемешивания водных масс и резкой смены температуры и солености в них погибает значительная часть глубинной атлантической фауны. В результате этого в Арктический бассейн проникает лишь сильно обедненная фауна.

Глубинная фауна котловины Макарова богаче эндемичными видами, чем котловины Нансена и Амундсена. По-видимому, глубинные (придонные) воды котловины Макарова более изолированы, и фауна здесь более древнего происхождения, то есть возникла от атлантической, а частично и от тихоокеанской фауны гораздо раньше, чем в котловинах Нансена и Амундсена, и здесь уже успели сформироваться местные эндемичные виды.

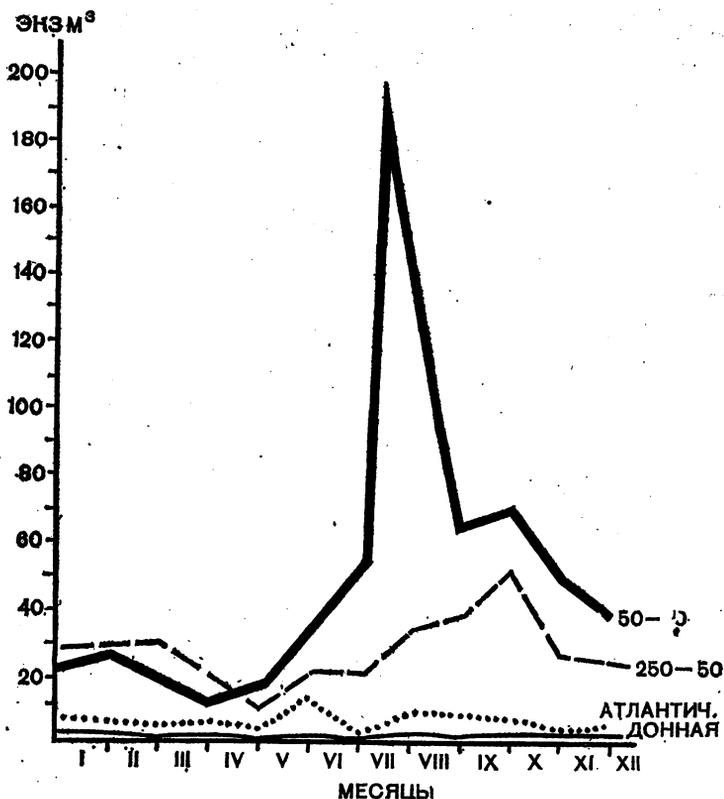
Анализ планктонных сборов дрейфующих станций «СП» позволил в пятидесятые годы прогнозировать наличие орографического барьера в центральной части Арктического бассейна, что было впоследствии подтверждено открытием хребта Ломоносова. Конечно, еще недостаточно данных по планктону из глубинных слоев Арктического бассейна, чтобы установить детали распределения его в соответствии со столь сложным рельефом дна, который обнаружен в нем в настоящее время.

Общая картина вертикального распределения планктона в центральной части Арктического бассейна, установленная несколько ранее (Бродский, 1956), не изменилась сколько-нибудь существенно и по настоящее время и представляет собой следующую схему:

1. Самый верхний тонкий слой, опресненный (таянием льда и стеканием воды из снежниц) — планктон очень беден видами.
2. Подповерхностный слой до глубины 50 м — много особей одного вида из циклопид (*Oithona similis*). В вегетационный период в этом слое питаются фитопланктоном и размножаются, чередуясь, многие планктонные организмы.
3. Слой арктической воды — значительное количество особей 4 видов: *Calanus f. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa* и *Microcalanus rugtaeus* (веслоногие рачки) держатся в нем большую часть года.
4. Слой атлантической воды — планктон наиболее богат видами, число особей невелико. Граница слоя в разных районах различна, в среднем 200—800 м, вода с положительными температурами.
5. Слой промежуточной воды, переходный от атлантического к глубинным (придонным). В планктоне наблюдается смешение атлантических и эндемичных видов Арктического бассейна.
6. Слой глубинной (придонной) воды — больше всего эндемичных видов центральной части Арктического бассейна, число особей ничтожно.



Биомасса сестона в слое 0—50 м в вегетационный период (июль — сентябрь)

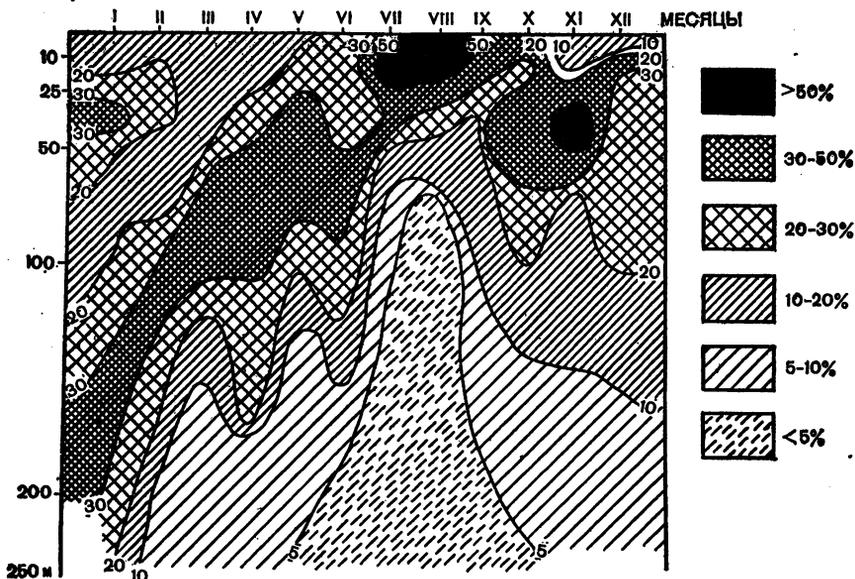


Изменение количества зоопланктона (экз./м<sup>3</sup>) в течение года в различных водных массах в районе Северного полюса (севернее 85° с. ш.)

Если основные сведения по видовому составу и вертикальному распределению планктона центральной части Арктического бассейна были получены при анализе планктонных сборов первых пяти дрейфующих станций «Северный полюс», то работа последующих «СП» (16, 17, 19, 20 в 1968—1973 гг.) дала богатый материал по сезонному изменению планктона, горизонтальному и вертикальному распределению биомассы сестона и выяснению циклов развития массовых видов, к изложению чего мы и переходим.

Сезонным изменениям в видовом составе и в вертикальном распределении планктона в толще вод Арктического бассейна посвящены работы последних лет (Павштикс, 1971а, 1971б, 1973).

Наряду с материалами по составу и распределению планктона, доставленными с дрейфующих станций «Северный полюс» 16, 17, 19, 20, сменявших друг друга в период 1968—1973 гг., были



Распределение зоопланктона в слое 250—0 м в течение года в котловине Макарова (район Северного полюса) по материалам СП-3, СП-4, СП-5 1954—1956 (Отобраны станции, выполненные в разные месяцы. Процент организмов в каждом слое высчитан от общего числа организмов в слое 250—0 м)

дообработаны материалы станций «Северный полюс» 2, 3, 4 и 5, работавших в 1950—1956 гг.

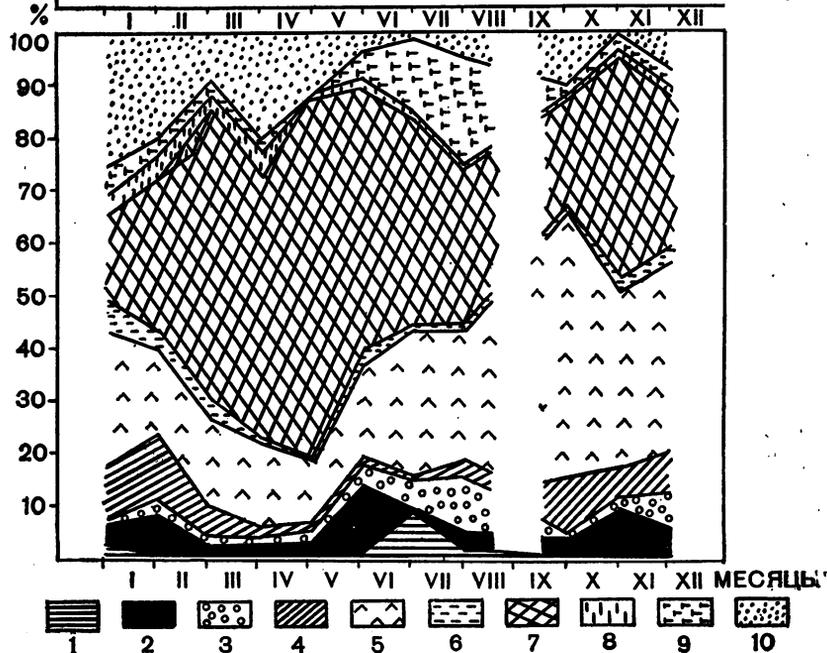
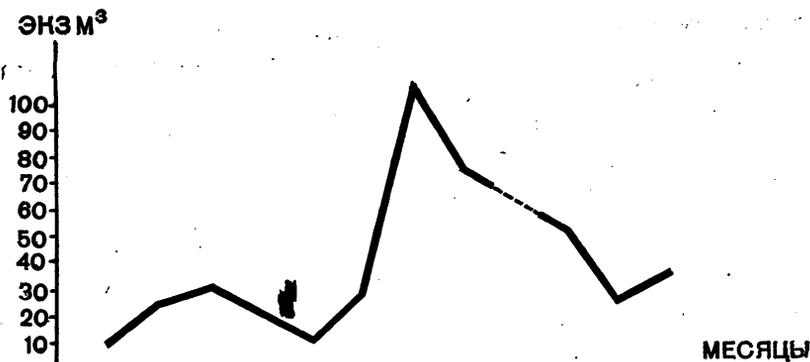
На основании всех вышеперечисленных материалов впервые составлена карта-схема количественного распределения сестона (объем планктона определяли методом «вытеснения воды» — см. Павшикс, 1971 б).

Так как в вегетационный период (в июле—сентябре) в слое 50—0 м преобладает по биомассе зоопланктон, то карта иллюстрирует богатство жизни\* в центре Арктики в полярный день.

Следует отметить, что относительно высокие показатели биомассы сестона в этом районе объясняются тем, что здесь измерялся объем всего планктона, включая мелких медуз (например, *Aeginopsis laurentii*), бокоплавов (*Gammaridae*, *Hyperiidae*), щетинкочелюстных (*Chaetognatha*), пелагических креветок (*Decapoda*), крылоногих моллюсков (*Limacina helicina*, *Clione limacina*) и др.

Фитопланктона во всех пробах планктона было мало, и существенного влияния на общий объем и вес сестона он не оказывал.

\* Сборы планктона в 1950—1956 гг. и сборы планктона в 1968—1973 гг. в одних и тех же районах зафиксировали в вегетационный период близкие показатели биомассы планктона в слое 50—0 м.



Сезонные изменения общей численности зоопланктона (А) и его состава (Б) в слое 250—0 м у Северного полюса:

1 — науплии *Calanoida*, 2 — *Calanus f. glacialis*, 3 — *Calanus hyperboreus*, 4 — *Metridia longa*, 5 — *Microcalanus pygmaeus*, 6 — *Spinocalanus sp.*, 7 — *Oithona similis*, 8 — *Chaetognatha*, 9 — *Fritillaria sp.* + *Oikopleura sp.*, 10 — прочий планктон

Из рисунка отчетливо видно, что некоторое увеличение биомассы сестона в июле—сентябре наблюдается в районе подводных хребтов Ломоносова и Менделеева, а также севернее Новосибирских островов и острова Врангеля.

Аналогичное увеличение биомассы сестона летом можно на-

блюдать в смешанных водах в Норвежском и Гренландском морях в районе хребта Мона — Книповича (Павштик, 1956, 1964). Подводные возвышенности (хребты, банки) способствуют усилению вертикального перемешивания вод и обогащению верхних слоев биогенными веществами, что способствует в этих местах развитию фитопланктона и питающегося им зоопланктона (так же как и на шельфах).

С июля по сентябрь от 50 до 90% зоопланктона концентрируется у поверхности в слое 25—0 м\*.

С наступлением полярной ночи большинство организмов покидает верхние слои и мигрирует на глубины свыше 250 м, рассеиваясь в толще воды, особенно в атлантической прослойке, где круглый год температура воды положительная (выше 0°).

В течение круглого года в составе зоопланктона в районе Северного полюса наиболее многочисленны мелкие ракообразные: *Oithona similis*, *Microcalanus rugmaeus*. Более крупные каланоиды *Metridia longa*, *Calanus hyperboreus*, *Calanus f. glacialis* доминируют в планктоне Арктики по биомассе, но численность их во много раз меньше, чем *O. similis* и *M. rugmaeus*.

На рисунке показано, как в течение года изменяется относительная численность различных планктонных организмов. Например, в январе — феврале в слое 250—0 м относительно больше *Metridia longa* (13%) и *Chaetognatha* (4,4%), чем во все другие сезоны. С марта по май в районе Северного полюса доминирует *Oithona similis* (56—67%).

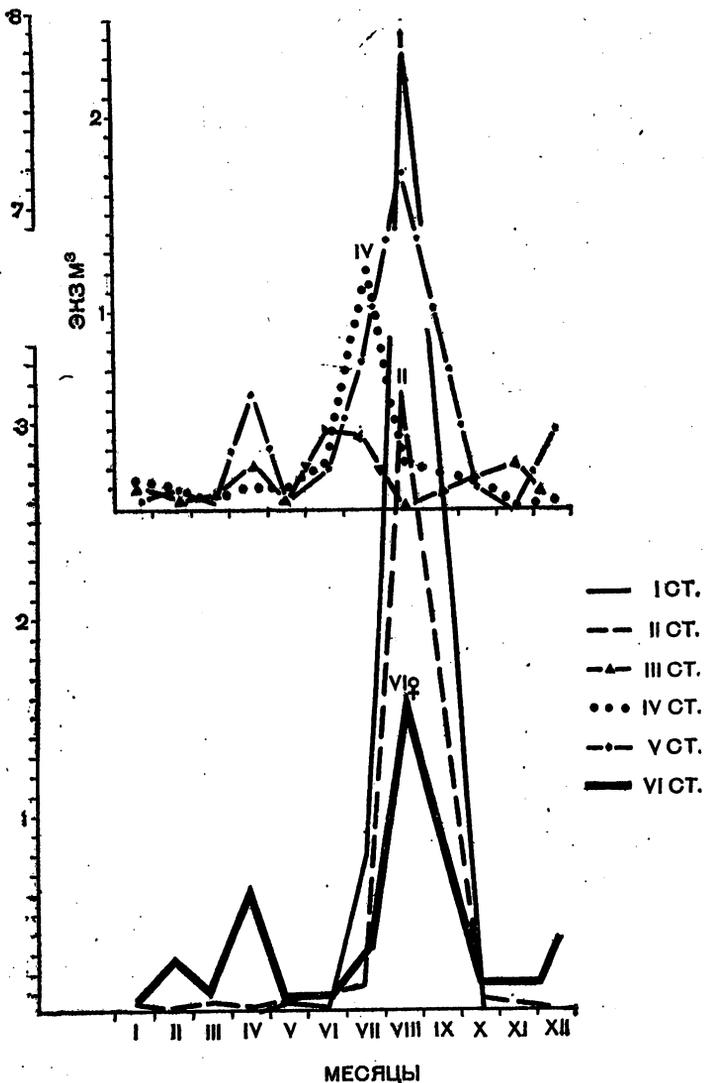
В июне *Calanus f. glacialis* составляет 12,5% от общей численности зоопланктона, а в августе 10% зоопланктона составляет *Calanus hyperboreus*. В этот же период увеличивается относительная\*\* численность *Oikopleura* sp. и *Fritillaria borealis* juv. (20%). В октябре более 50% общей численности зоопланктона в слое 250—0 м приходится на долю *Microcalanus rugmaeus* (Павштик, 1971 а).

Судя по составу зоопланктона, биологическая зима в районе Северного полюса продолжается девять месяцев (с октября до июня следующего года). В июне в центре Арктики состав планктона примерно такой же, как у северных берегов Норвегии в начале марта («предвесенний»). Биологическая весна, как уже было ранее отмечено по составу и количеству фитопланктона, в районе Северного полюса начинается на четыре месяца позднее, чем в умеренных широтах, например, в восточной части Норвежского моря (Ширшов, 1938; Усачев, 1961; Павштик, 1971 б).

При низких температурах (до  $-1,7^{\circ}$ ) окружающей среды планктонные организмы развиваются очень медленно. За два-

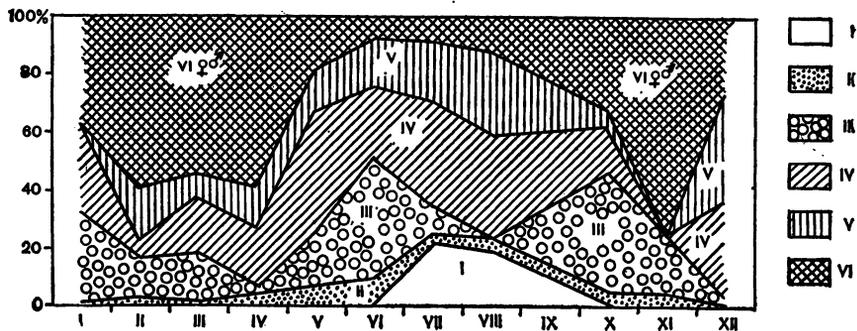
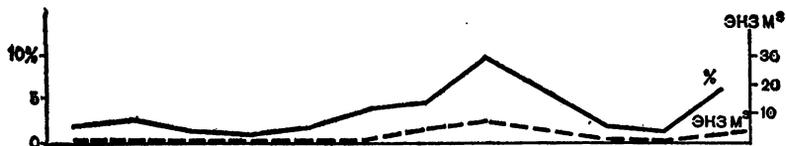
\* Для построения графиков нами отобраны характерные станции, выполненные вблизи Северного полюса в разные месяцы — 1954—1956 гг. дрейфующими станциями СП-3, СП-4 и СП-5.

\*\* Относительная численность — доля (%) организмов данного вида от общего числа планктонных организмов в определенном слое воды.



Изменения средней численности копепоидов (I—VI)  
*Calanus hyperboreus* в течение года в районе Северного полюса (дно — 0)

три месяца (июль — сентябрь) *Calanus f. glacialis*, *Calanus hyperboreus* едва успевают дать потомство: из яиц вылупляются науплии, которые, развиваясь, превращаются в копепоидов I, а затем II стадии. К началу зимы лишь немногие из этих копепоидов перейдут на III копепоидитную стадию. Большая часть их будет истреблена другими планктонными организмами или погибнет при неблагоприятных условиях.



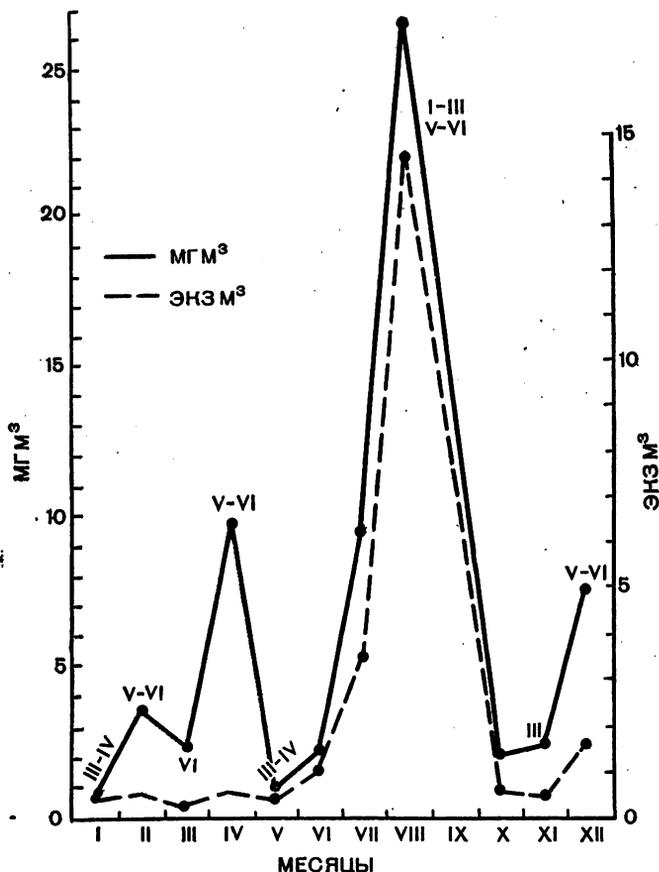
Изменения возрастного состава популяции *Calanus hyperboreus* в течение года в районе Северного полюса в слое 250—0 (Б).  
Сеть Нансена (А) — процент *C. hyperboreus* в составе зоопланктона и плотность популяции.  
*C. hyperboreus* в экз/м<sup>3</sup>

На этом рисунке отчетливо видно, что у *C. hyperboreus* копепоидов III стадии в течение года в планктоне меньше, чем копепоидов I—II стадии. Уцелевшие после зимовки копепоиды III стадии к июлю следующего года превращаются в молодь *C. hyperboreus* IV, а позже V копепоидитных стадий.

На старших копепоидитных стадиях *C. hyperboreus*, по-видимому, может задерживаться при неблагоприятных условиях на продолжительный срок (два-три года), до тех пор пока снова не попадет в более благоприятные условия. Можно предполагать, что ежегодно весной в размножении принимает участие лишь часть популяции *C. hyperboreus*, успевшая к этому времени созреть, превратиться в особи VI копепоидитной стадии.

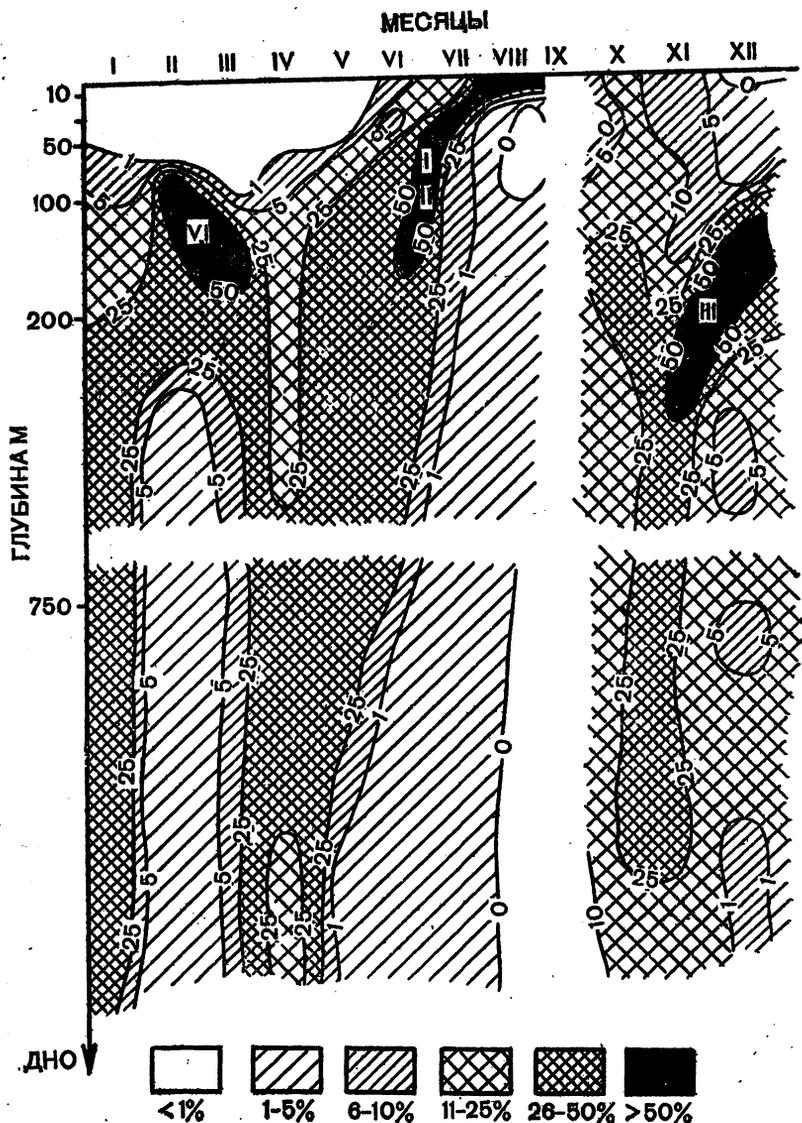
На рисунке показаны изменения, которые происходят в возрастном составе популяции *C. hyperboreus* в районе Северного полюса в течение года (слой 250—0 м). Вероятно, размножение этого веслоногого рачка происходит в очень короткий период в мае—июне, так как именно в этот момент в составе популяции резко уменьшается процент половозрелых особей. Ведь самки, отложив яйца, погибают.

Копепоиды *C. hyperboreus* I стадии появляются в июле—августе.



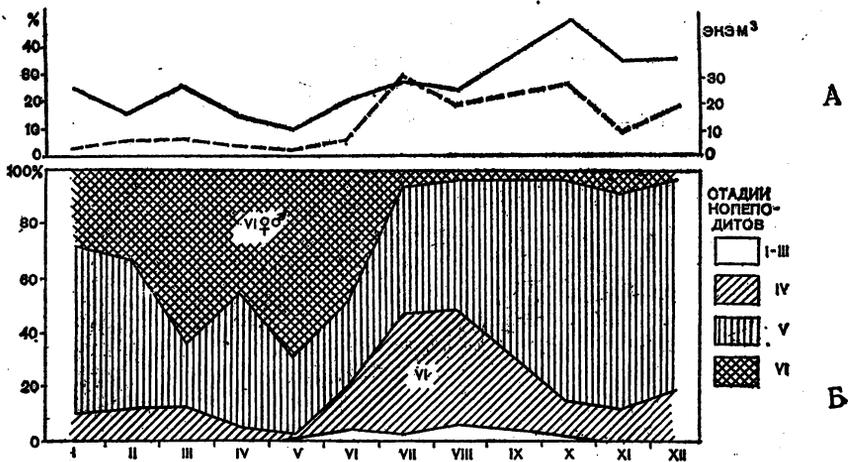
Изменения средней численности и биомассы *Calanus hyperboreus* в течение года (дно — 0) в районе Северного полюса

К сентябрю процент половозрелых особей в составе популяции вновь возрастает за счет созревающих копепоидов V стадии. Кроме того, возможно, что в сентябре часть копепоидов IV—V стадии, откормившись у поверхности на фитопланктоне, мигрируют из слоя 250—0 м на глубины в атлантическую прослойку. Там они, по-видимому, и зимой могут продолжать свое развитие при положительной температуре, увеличиваясь в размере и весе. Иначе трудно объяснить, почему на рисунке численность популяции *C. hyperboreus* с января по апрель не увеличивается, а вес (биомасса популяции) возрастает. На рисунке (стр. 164) дано вертикальное распределение популяции *C. hyperboreus* в толще воды в течение года (в каждом слое в % от общей численности *C. hyperboreus* во всей водной толще). Как мы видим, этот типичный представитель арктического планктона заселяет всю водную тол-



Распределение *Calanus hyperboreus* в толще воды в районе Северного полюса (дно — 0). Количество рачков во всей толще принято за 100%.

шу. В феврале — марте половозрелые особи *C. hyperboreus* концентрируются на глубине 200—100 м, возможно, здесь же откладывают яйца в мае—июне, а молодь их, как мы уже упоминали



Изменения возрастного состава популяции *Microcalanus rugtaeus*:  
 (Б) в районе Северного полюса в течение года (250—0 м),  
 — процент *M. rugtaeus* в составе зоопланктона (по числу экземпляров)  
 — — — — — плотность популяции в экз/м<sup>3</sup> *M. rugtaeus* (А)

выше, появится в июле—августе и будет вблизи поверхности питаться фитопланктоном. К ноябрю она покинет холодные поверхностные воды и вновь мигрирует в воды с положительной температурой (в атлантическую прослойку). Развитие *S. hyperboreus* в центре Арктики очень замедленно и, вероятно, растягивается там года на три, тогда как в фьордах Норвегии и у Восточной Гренландии продолжительность жизни *S. hyperboreus* не превышает двух лет (Somme, 1934; Ussing, 1938).

Итак, *S. hyperboreus* доминирует в центре Арктики по биомассе, а по численности среди веслоногих рачков там первое место занимает *Microcalanus rugtaeus*. Этот рачок, вероятно, тоже живет более года и заселяет, так же как и *S. hyperboreus*, всю водную толщу.

С января по июнь половозрелые особи (VI копепоидитной стадии) концентрируются в слое 250—0 м и там размножаются с июня по сентябрь.

Однако мелкая молодь *M. rugtaeus* плохо улавливается сетью Нансена из шелкового сита № 23, и пробы планктона не дают нам полного представления о возрастном составе популяции этого рачка.

Третий представитель веслоногих рачков — *Metridia longa* также заселяет всю водную толщу в Арктическом бассейне. Размножается *M. longa* в июне—июле. Хотя период размножения рачков этого вида сильно растянут во времени, но наибольшее количество молоди I копепоидитной стадии приходится на июль. Судя по обилию в составе популяции *M. longa* особей III—IV—V

копеподитных стадий до начала нереста самок, продолжительность жизни и этого рачка, вероятно, не менее двух лет.

Все приведенные выше данные показывают, что планктонологи в настоящее время располагают основными сведениями по планктону центральной части Арктического бассейна, а именно: выявлен состав планктона, горизонтальное и вертикальное его распределение, распределение и динамика биомассы. На отдельных примерах показано, как удалось понять жизненные циклы массовых видов, что дает возможность представить и сезонные явления в планктоне бассейна.

Обобщая, можно сказать, что поняты основные закономерности динамики столь труднодоступной экосистемы, как центральная часть Арктического бассейна. Конечно, это только основной биологический фон, который дает возможность уже с экологических позиций подойти к детализации связей экосистемы и переходить к моделированию ее.

Самое существенное заключается в том, что планктонологи вели только обработку проб, обработку весьма трудоемкую и тщательную, но весь сбор планктона на дрейфующих станциях «Северный полюс», за исключением СП-1, был сделан не биологами, а гидрологами, обеспечившими систематический сбор планктона наряду с выполнением своей основной работы — работы гидролога.

Научный подвиг И. Д. Папанина, П. П. Ширшова, Е. К. Федорова и Э. Т. Кренкеля открыл новую страницу в изучении жизни вод Арктического бассейна. Гидрологи Арктического и Антарктического института (ААНИИ), работающие на последующих дрейфующих станциях, продолжают уже многие годы начатый папанинцами планомерный и систематический сбор планктона, дающий большие научные результаты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богоров В. Г. Зоопланктон по сборам экспедиции на л/п «Г. Седов» 1937—1939 гг. — «Труды дрейфующей экспедиции Главсевморпути на ледокольном пароходе «Г. Седов» 1937—1940 гг.», т. III, 1946.

2. Бродский К. А. Веслоногие рачки (Calanoida) дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна. Определители, издаваемые Зоол. инт-ом АН СССР. М.—Л., 1946.

3. Бродский К. А. и Никитин М. М. Гидробиологические работы. — В кн.: «Мат-лы наблюдений научно-исследовательской дрейфующей станции 1950/51 года», т. I. М., 1956.

4. Бродский К. А. Жизнь в толще воды Полярного бассейна. — «Природа» № 5, 1956.

5. Бродский К. А. Фауна веслоногих рачков (Calanoida) и зоогеографическое районирование северной части Тихого океана и сопредельных вод. М.—Л., 1957.

6. Виркетис М. А. Некоторые данные о зоопланктоне центральной части Арктического бассейна. — В кн.: «Мат-лы наблюдений научно-исследовательских дрейфующих станций «Северный полюс-3» и «Северный полюс-4» 1954/55», т. I. М., 1957.

7. *Виркетис М. А.* Материалы по зоопланктону центральной части Арктического бассейна. — В кн.: «Результаты научно-исследовательских работ дрейфующих станций «Северный полюс-4» и «Северный полюс-5», 1955—1956 гг.». М., 1959.

8. *Павштик Е. А.* Сезонные изменения в планктоне и кормовые миграции сельди. — «Тр. ПИНРО», вып. 9, 1956.

9. *Павштик Е. А.* Многолетние наблюдения за распределением планктона в период весенне-летнего откорма сельди в Норвежском и Гренландском морях (1951—1962 гг.). — «Тр. ПИНРО», вып. 16, 1964.

10. *Павштик Е. А.* О сезонных изменениях численности зоопланктона в районе Северного полюса. — «Доклады АН СССР», т. 196, № 2, 1971.

11. *Павштик Е. А.* Гидробиологическая характеристика вод Арктического бассейна в районе дрейфа станции «Северный полюс-17». — «Тр. ААНИИ», т. 302, М., 1971.

12. *Трешников А. Ф., Шнайхер А. О.* Осуществление ленинских предначертаний в исследованиях Арктики. — «Океанология», т. 10, вып. 2, 1970.

13. *Усачев П. П.* Фитопланктон у Северного полюса (по сборам П. П. Ширшова на первой дрейфующей станции «Северный полюс» 1937—1938 гг. под начальством И. Д. Папанина. — «Тр. Всесоюзного гидробиологического общества», т. 11, 1961.

14. *Ширшов П. П.* Океанологические наблюдения. — «Доклады АН СССР», т. 19, № 8, 1938.

15. *Ширшов П. П.* Научные результаты дрейфа станции «Северный полюс». Общее собрание Академии наук СССР, 14—17 февраля 1944, стр. 128.

16. *Sars G. O.* Crustacea. The Norwegian North. Polar Expedition, 1893—1896, vol. 1 : 1 : 141, tables I—XXXIV, 1900.

17. *Somme J. D.* Animal plankton of Norwegian coast waters and the open sea. I Production of *Calanus finmarchicus* (Gunn.) and *Calanus hyperboreus* (Kroyer) in the Lofoten area, Rep. Norweg. Fish. Invest, 4 (9) : 1 : 163, 1934.

18. *Ussing H. H.* The biology of some important plankton animals in the fiords of East Greenland. Medd. Gronland, 100 : 1 — 108, 1938.

**GEOGRAPHICAL SOCIETY OF THE U.S.S.R.  
MOSCOW BRANCH**

---

Scientific publications  
founded by N. N. BARANSKY in 1946

**PROBLEMS OF GEOGRAPHY**

Volume 101

**ARCTIC  
DRIFTING  
STATIONS**

«MYSL»  
PUBLISHING HOUSE  
MOSCOW · 1976

**Н. И. БЛИНОВ, В. Ф. ЗАХАРОВ, Б. А. КРУТСКИХ.** Развитие исследований в Центральной Арктике

В статье рассмотрены основные этапы изучения Центральной Арктики с помощью дрейфующих станций «Северный полюс» и воздушных высокоширотных экспедиций «Север». Впервые этот метод был применен при организации дрейфующей станции «Северный полюс-1». Показано в развитие исследований Центральной Арктики до наших дней, когда дрейфующие станции стали постоянно действующими научно-исследовательскими обсерваториями, а воздушная высокоширотная экспедиция «Север» обеспечивает натурные исследования практически на всей акватории СЛО.

---

**А. Ф. ТРЕШНИКОВ, Е. Г. НИКИФОРОВ и Н. И. БЛИНОВ.** Итоги океанологических исследований на дрейфующих станциях «Северный полюс»

В статье в сжатой форме освещаются основные этапы систематических и длительных океанологических исследований на научно-исследовательских станциях, организуемых среди дрейфующих льдов Северного Ледовитого океана. Показано, как благодаря этим исследованиям, начиная с работ первой дрейфующей станции «Северный полюс», формировались современные взгляды на рельеф дна и геологию, водные массы и циркуляцию вод и льдов, а также на жизнь в водах океана. Излагаются основные итоги этих исследований.

---

**И. Г. ПЕТРОВ.** Изучение льдов на дрейфующих станциях

В широком комплексе научных исследований, проводимых на дрейфующих станциях, большое место занимает изучение ледяного покрова как одного из главных объектов арктической природы.

Разнообразие льдов, различные гидрометеорологические условия, множество явлений, связанных со льдом, делают дрейфующие станции прекрасной базой, перспективной естественной лабораторией для изучения льда. Поэтому там и проводится, начиная с первой дрейфующей станции, широкий комплекс ледоисследовательских работ.

На дрейфующих станциях изучается теплообмен между атмосферой и океаном, определяющий образование ледяного покрова с конкретными морфологией и термическим режимом и обладающего определенными физико-механическими свойствами.

Изучается тепловой баланс и его составляющие, количественно характеризующие теплообмен.

Изучаются разнообразные свойства льда: соленость, структура, прочность, теплофизические и радиационные свойства. Нашла свое решение интересная и важная проблема — преобразование поверхности ледяного покрова.

За время существования дрейфующих станций существенно усовершенствована методика изучения льда: от простых измерительных приборов перешли к сложным техническим средствам с использованием подводных методов наблюдения.

В результате проведенных на дрейфующих станциях исследований льда удалось значительно расширить и углубить наши знания о нем в самых различных аспектах.

**N. I. BLINOV, V. F. ZAKHAROV and B. A. KRUTSKIKH. The development of explorations in the Central Arctic**

The main stages of the study of the Central Arctic are discussed, carried out with the help of the drifting stations of «Severnyi Polyus» (North Pole) and the air high-latitude expeditions of «Sever» (North). This method was used for the first time with organizing the «Severnyi Polyus-1» drifting station. The development of the explorations in the Central Arctic is shown from the beginning and up to our days, when the drifting stations have become the permanently functioning scientific-research observatories while the air high-latitude expeditions of «Sever» secure the full-scale investigations practically over the entire water area of the Arctic Ocean.

---

**A. F. TRESHNIKOV, E. G. NIKIFOROV and N. I. BLINOV. Results of the oceanographic investigations at the «Severnyi Polyus» drifting stations**

The article deals in a brief form with the major stages of the systematic and long-term oceanographic explorations from the scientific-research stations organized amidst the drifting ice of the Arctic Ocean. It is shown how, owing to these investigations and beginning from the work of the first drifting station of «Severnyi Polyus» (North Pole), the modern views on the bed relief and on geology, on the water masses and on the water and ice circulation, as well as on the life in the waters of the ocean, have been taking shape. The main results of these studies are described.

---

**I. G. PETROV. Studies of ice at the drifting stations**

In the large-scale complex of scientific research carried out at the drifting stations, a significant part belongs to the study of the ice cover, it being one of the major bodies of the arctic environment. The diversity of ice, the various hydrometeorological conditions, and the great number of phenomena related to ice, — all these make the drifting stations an excellent base, a promising natural laboratory to study ice. That is why an extensive complex of ice-research work has been carried on there since the time of the first drifting station. Heat exchange between the atmosphere and the ocean is studied from the drifting stations, that predetermines the formation of the ice cover with a specific morphology and specific thermal regime, and with certain mechanical and physical properties. Also, the heat balance is studied, as well as its components that characterize the heat exchange quantitatively. The various properties of ice are studied, such as salinity, structure, durability, and thermal and radiation properties. An interesting and important problem, namely transformation of the ice cover surface, has found its solution. Methods of research into the ice have been essentially improved during the time of the existence of the drifting stations: simple measuring instruments have given way to complicated technical means with making use of the methods of submarine observations. As a result of the studies of ice carried out at the drifting stations our knowledge of it has become much more extended and profound in its most diverse aspects.

**А. Ф. ТРЕШНИКОВ, А. И. ВОСКРЕСЕНСКИЙ.** Климат зоны дрейфующих льдов

В работе рассмотрены характеристики климата зоны дрейфующих льдов (условия циркуляции, радиационный режим, поля температуры и давления, микроструктура облаков, климат свободной атмосферы и т. д.). Подчеркивается важность изучения метеорологического режима этого района в связи с планами народнохозяйственного освоения Севера и решением задач мореплавания вдоль северного побережья страны. Указывается на необходимость развития и совершенствования количественных оценок тепло- и влагообмена в рамках самого региона и на его внешней границе.

---

**Л. П. КУПЕРОВ.** Дрейфующие станции «Северный полюс» на новом этапе геофизических исследований

Статья посвящена краткому изложению научных достижений по геофизике на дрейфующих станциях «Северный полюс». Рассмотрены методы наблюдений и описана применявшаяся аппаратура, изготовленная в Арктическом и антарктическом научно-исследовательском институте.

Особое внимание уделено проблемам солнечно-земной физики, подчеркнута их практическая направленность.

Высказана основная задача дрейфующих станций «Северный полюс» в плане исследования магнитосферы и ее взаимодействия с ионосферой Земли в целом в аспекте солнечно-земной физики. Этой задачей является изучение геофизических процессов в центральной части полярной шапки для их прогнозирования. Территориально эта область включает пространство между северным географическим и геомагнитным полюсами.

Зона полярных сияний, проходящая южнее этого района, остается объектом изучения постоянных полярных обсерваторий.

---

**М. НОВИКОВ, Ю. ХМЕЛЕВСКИЙ, Д. ШПАРО, А. ШУМИЛОВ.** Пешие походы в Арктике

Шесть лет при газете «Комсомольская правда» существует общественная научно-спортивная экспедиция. Ее участники в условиях полной автономности совершили ряд лыжных и пеших маршрутов в высоких широтах, пройдя в общей сложности свыше 5000 км. Это потребовало создания специального снаряжения, пищевых рационов, одежды и т. д. В статье приводятся краткие характеристики основных видов снаряжения и продовольственных рационов, сообщаются некоторые результаты психологических и медико-биологических обследований участников экспедиции. Излагаются итоги поисков на побережье Таймыра следов русских полярных экспедиций, в том числе Э. В. Толля и В. А. Русанова.

**A. F. TRESHNIKOV and A. I. VOSKRESENSKY. Climate of the drifting ice zone**

Characteristics of the climate in the zone of drifting ice are discussed in the article (conditions of circulation, radiation regime, temperature and pressure fields, microstructure of clouds, climate of the free atmosphere, etc.). The importance of studies of the meteorological regime of this region is emphasized in connection with the plans for the National-economic development of the North and for the solution of the problems of navigation along the northern coasts of the Soviet Union. A need is shown for the development and improvement of the quantitative evaluations of the heat and water exchange within the region itself and along its outer boundary.

---

**L. P. KUPEROV. The «Severnyi Polyus» drifting stations at a new stage of the geophysical research**

The article is devoted to a brief description of the scientific achievements in geophysics at the drifting stations of «Severnyi Polyus» (North Pole). The methods of observation are discussed and the apparatus used is described, that had been manufactured at the Arctic and Antarctic Scientific Research Institute. Special attention is given to the problems of the solar and lithosphere physics and their practical trend is emphasized. The main objective of the «Severnyi Polyus» drifting stations is stated in connection with the study of the magnetosphere and its interaction with the ionosphere of the Earth as a whole in the context of the solar and lithosphere physics. This objective is that of a study of the geophysical processes in the central part of the polar ice cap for the purpose of forecasting these. Territorially this area embraces a space between the North geographical and the geomagnetic Poles. The auroral zone stretching southward of this region remains an object of research by the stationary polar observatories.

---

**M. NOVIKOV, Yu. KHMELEVSKY, D. SHPARO and A. SHUMILOV. Walking tours in the Arctic**

It is already six years that there has existed a public-spirited scientific and sports expedition under the auspices of the «Komsomolskaya Pravda», a youth newspaper. Its participants, under the conditions of complete autonomy, have made a number of skiing and walking tours of the high latitudes, having covered a total of more than 5,000 kilometres. This had required the creation of special equipment, food rations, clothes, etc. Brief characteristics of the main types of equipment and food rations are given in the article, and some results of the psychological and medical-biological examinations of the expedition members are described. Also, the results are given of the search for traces of the Russian polar expeditions, including those of E. V. Toll and V. A. Rusanov, over the coast of the Taimyr Peninsula.

**Г. Н. ГРИГОРЬЕВ. Научный флот Академии наук**

Приводятся общие сведения о научно-исследовательском флоте Академии наук СССР. Рассматривается классификация научно-исследовательских судов, построенная на принципе зависимости эксплуатационных возможностей от размеров судна. Дается технико-эксплуатационная характеристика отдельных научно-исследовательских судов и краткая информация о выполненных на них в экспедиционных рейсах работах.

---

**В. Н. СТРПАНОВ. Советские корабли науки изучают воды Мирового океана**

Последние два десятилетия Иван Дмитриевич Папанин занимается созданием советского научного флота и руководит экспедиционными исследованиями Академии наук СССР. Не ставя своей задачей рассмотрение всего комплекса исследований, проведенных кораблями науки, автор делает попытку обобщить те представления, которые получены о динамике и свойствах вод Мирового океана. В самой сжатой форме освещается современный уровень состояния основных разделов гидрофизики Мирового океана.

---

**К. А. БРОДСКИЙ, Е. А. ПАВШТИК. Планктон центральной части Арктического бассейна**

Исследования, выполненные на станции «Северный полюс», открыли новую эпоху в изучении планктона центральной части Арктического бассейна.

В результате отечественных экспедиций, главным образом дрейфующих станций «Северный полюс», стал известен состав, распределения, сезонные изменения видового состава и количества планктона в самом труднодоступном районе Мирового океана — Арктическом бассейне.

**G. N. GRIGORYEV. The scientific fleet of the Academy of Sciences of the U.S.S.R**

Some general data are given on the scientific-research marine of the Academy of Sciences of the U. S. S. R. The classification of the scientific-research vessels is discussed, that is worked out according to the principle of dependence of the exploitation possibilities of a vessel on its dimensions. The technical and operating characteristics of individual scientific-research ships are given, as well as some brief information on the work carried out on these during the expedition cruises.

---

**V. N. STEPANOV. The Soviet scientific ships study the waters of the World Ocean**

I. D. Papanin is the founder of the Soviet scientific fleet and the leader of the expedition research work of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. The author makes an attempt to generalize the knowledge of the dynamics and properties of the World Ocean waters. He shows the modern standard of knowledge of the main branches of the ocean hydro-physics very briefly.

---

**K. A. BRODSKY and E. A. PAVSHTIKS. Plankton of the Central part of the Arctic Basin**

The investigations carried out at the «Severnii Polyus-1» drifting station have opened a new era in the study of plankton of the Central part of the Arctic Basin. As a result of the Soviet expeditions, mainly those of the drifting stations of «Severnii Polyus» (North Pole), there have become known the composition, distribution, and seasonal changes in the species composition and in the amount of plankton in the Arctic Basin, — the most inaccessible region of the World Ocean.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

### ПЕРВАЯ ДРЕЙФУЮЩАЯ

<i>Е. Сузюмов</i> . Иван Дмитриевич Папанин . . . . .	4
<i>Ф. Шипилов</i> . Петр Петрович Ширшов . . . . .	18
<i>И. Папанин</i> . Евгений Константинович Федоров . . . . .	25
<i>Б. Кремер</i> . Эрнст Теодорович Кренкель . . . . .	31

### ИССЛЕДОВАНИЯ НА ДРЕЙФУЮЩИХ ПРОДОЛЖАЮТСЯ . . . . .

<i>Н. И. Блинов</i> , <i>В. Ф. Захаров</i> , <i>Б. А. Крутских</i> . Развитие исследований в Центральной Арктике . . . . .	39
<i>А. Ф. Трешников</i> , <i>Е. Г. Никифоров</i> , <i>Н. И. Блинов</i> . Итоги океанологических исследований на дрейфующих станциях «Северный полюс» . . . . .	49
<i>И. Г. Петров</i> . Изучение льдов на дрейфующих станциях . . . . .	70
<i>А. Ф. Трешников</i> , <i>А. И. Воскресенский</i> . Климат зоны дрейфующих льдов . . . . .	87
<i>Л. П. Куперов</i> . Дрейфующие станции «Северный полюс» на новом этапе геофизических исследований . . . . .	98
<i>М. Новиков</i> , <i>Ю. Хмелевский</i> , <i>Д. Шпаро</i> , <i>А. Шумилов</i> . Пешные походы в Арктике . . . . .	107

### ИССЛЕДОВАНИЯ ОКЕАНА

<i>Г. Н. Григорьев</i> . Научный флот Академии наук . . . . .	125
<i>В. Н. Степанов</i> . Советские корабли науки изучают воды Мирового океана . . . . .	134
<i>К. А. Бродский</i> , <i>Е. А. Павштикс</i> . Планктон центральной части Арктического бассейна (по сборам дрейфующих станций «Северный полюс») . . . . .	148

# CONTENTS

Preface . . . . .	3
-------------------	---

## THE FIRST DRIFTING STATION

<i>E. Suzyumov</i> , Ivan Dmitrievich Papanin . . . . .	4
<i>F. Shipilov</i> , Petr Petrovich Shirshov . . . . .	18
<i>I. Papanin</i> , Evgeny Konstantinovich Fedorov . . . . .	25
<i>B. Kremer</i> , Ernst Teodorovich Krenkel . . . . .	31

## RESEARCH IS CONTINUED

<i>N. I. Blinov</i> , <i>V. F. Zakharov</i> and <i>B. A. Krutskikh</i> . The development of explorations in the Central Arctic . . . . .	39
<i>A. F. Treshnikov</i> , <i>E. G. Nikiforov</i> and <i>N. I. Blinov</i> . Results of the oceanographic investigations at the «Severnyi Polyus» drifting stations . . . . .	49
<i>I. G. Petrov</i> . Studies of ice at the drifting stations . . . . .	70
<i>A. F. Treshnikov</i> and <i>A. I. Voskresensky</i> . Climate of the drifting ice zone . . . . .	87
<i>L. P. Kuperov</i> . The «Severnyi Polyus» drifting stations at a new stage of the geophysical research . . . . .	98
<i>M. Novikov</i> , <i>Yu. Khmelevsky</i> , <i>D. Shparo</i> and <i>A. Shumilov</i> . Walking tours in the Arctic . . . . .	107

## STUDIES OF THE OCEAN

<i>G. N. Grigoryev</i> . The scientific fleet of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. . . . .	125
<i>V. N. Stepanov</i> . The Soviet scientific ships study the waters of the World Ocean . . . . .	134
<i>K. A. Brodsky</i> and <i>E. A. Pavshchik</i> . Plankton of the Central part of the Arctic Basin . . . . .	148

*Вопросы географии, сб. 101.*

### АРКТИЧЕСКИЕ ДРЕЙФУЮЩИЕ СТАНЦИИ

Заведующий редакцией *И. Г. Мясин*  
Редактор *С. Я. Проходцева*  
Редактор карт *В. В. Рязанова*  
Художественный редактор *Е. А. Якубович*  
Технический редактор *А. В. Третьякова*  
Корректор *Т. С. Пастухова*

Сдано в набор 15 апреля 1976 г. Подписано в печать 22 января 1976 г. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага тип. № 2. Усл. печатных листов 11. Учетно-издательских листов 11,5. Тираж  
5200 экз. А03616. Заказ № 3395. Цена 90 коп.

Издательство «Мысль», 117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете  
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
Хохловский пер., 7.