

УНародный
ниверситет



естественно-
научный
факультет

В.М. КОТЛЯКОВ

ТАЙНЫ ЛЕДНИКОВ

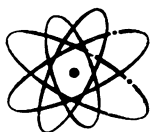
5



Кандидат географических наук
В. М. КОТЛЯКОВ

ТАЙНЫ ЛЕДНИКОВ

(современный лик Земли;
влияние ледников на климат;
грозное явление природы
служит человеку)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1965

551.498
K 73

Необычный мир, мало напоминающий обжитые районы Земли, открывается тому, кто попадает в ледниковое царство.

Это мир грандиозных ледяных рек, рождающихся среди безжизненных, суровых вершин и медленно ползущих по мрачным ущельям, под завесой метелей и туманов, в долины, залитые солнцем. Это мир загадочных ледяных громад, тысячи лет назад похоронивших под своими тяжкими щитами некогда зеленевшие леса, наполненные шумной жизнью долины Антарктиды и Гренландии. В этом мире рождаются ураганные ветры, а обжигающий мороз уступает первенство лишь холоду космического пространства. Здесь сама Природа на гигантских ледяных плитах «стряпает» погоду всей Земли.

Области распространения ледников — это последние «белые пятна», которые отряды многочисленных отважных исследователей, подчас с риском для жизни, «стирают» с хребтов Памира и Тянь-Шаня, с островов Арктики, с безмолвных пустынь Антарктиды. Одни из них с палаткой и спальным мешком за плечами, по пояс в снегу пробивают тропу к верховьям ледника Федченко. Другие на самолетах или в домиках на санях, которые везут могучие вездеходы, пересекают необозримые просторы Антарктиды. У всех них одна благородная задача — разгадать тайны этих белых пятен, чтобы не только понять природу Земли до конца, но и научиться ею управлять.

Еще несколько десятилетий назад о многих ледниках знали лишь понаслышке, и людей пугали «белые дьяволы» в горах, которые вдруг прерывали свой спокойный сон и начинали ползти вперед, сметая на своем пути дороги, мосты, селения. А в других местах ледники энергично таяли, размеры их быстро уменьшались; иссыкали горные речки, вытекавшие из-под них, падали урожай — и людям приходилось переходить в другие долины.

Почему же ледники так непостоянны в своем развитии?

Почему они неравномерно разбросаны по земному шару: в одних горных странах концы их спускаются по долинам почти до селений горцев, а в других, чтобы подняться до ледника, нужно совершить тяжелое и опасное путешествие? Чтобы ответить на эти и многие другие вопросы, связанные с существованием ледников на земном шаре, познакомимся с гляциологией — наукой, изучающей природные льды на Земле.

ЛЕДНИКИ — НАШИ СОВРЕМЕННОКИ

Ледники возникают из снега

Лед — это вода в твердом состоянии. Он встречается на поверхности рек и озер, морей и океанов, входит составной частью в вечномерзлые горные породы, а зимой одевает почти половину земной суши снежным покрывалом. Районы, покрытые снегом, получают солнечного тепла на 60—70% меньше нормы; это отражается на тепловом балансе всей Земли в целом. Основная масса льда на Земле (98—99%) сосредоточена в ледниках. В современную нам эпоху ледники покрывают около 16 млн. км² суши, общий объем льда в ледниках достигает 27 млн. км³. Если весь этот лед распределить равномерно по всей земной суше, то образовался бы слой толщиной чуть меньше 200 м. Грандиозность этих цифр трудно себе представить, пока не увидишь Антарктиду, протянувшуюся на тысячи километров. Чтобы попасть в центр этого материка, мощные санно-тракторные поезда тратят по несколько месяцев.

Как же возникают ледники и какие условия необходимы для их сохранения?

Жители средней полосы Советского Союза привыкли к тому, что каждую зиму земля укутывается снежным покрывалом, а весной вместе с приходом тепла снег тает. Чем дальше к северу или чем выше в горы, тем дольше лежит снег и тем короче бесснежное лето. Наконец, высоко в горах или на далеких полярных островах можно попасть в такие места, где скудного тепла короткого лета не хватает, чтобы растопить весь выпавший за зиму снег. Часть его не тает и в следующую зиму покрывается новым слоем снега. На том уровне, где тает ровно столько снега, сколько его выпало за зиму, проходит так называемая «снеговая линия».

В местах, расположенных выше снеговой линии, часть выпавшего зимой снега не успевает стаять за лето. Поэтому здесь толщина снежного покрова год от года увеличивается. Летом в него просачиваются талые воды и, замерзая, часть

снега превращают в фирн. Фирном называют переходную стадию от снега ко льду. Обычно фирн состоит из отдельных зерен обтаявшего снега поперечником в несколько миллиметров. Эти зерна часто плотно примерзают друг к другу и не сразу рассыпаются даже от удара лопатой. Однако в особенно холодных районах, например в Антарктиде, фирн может возникнуть и без таяния.

На небольших горных ледниках из-за интенсивного летнего таяния уже на глубине нескольких метров от поверхности можно встретить лед. Иное дело — огромные полярные ледники. В них вся масса снега и фирна преобразуется в лед на значительной глубине. Сюда не проникает вода, зато под действием огромной тяжести лежащего сверху снега развивается давление в несколько атмосфер; постепенно оно спрессовывает снег до плотности льда. Воздух, которого в верхних слоях снега было очень много, либо вытесняется наружу, либо замыкается в пузырьках, где он находится под большим давлением, особенно на значительной глубине. В образцах льда, извлеченных с глубины свыше 300 м из скважины, пробуренной в Гренландии, измерено давление, достигающее почти 30 атм. Гляциологи уже привыкли к тому, что, если вынуть образец льда из глубокой скважины, он начинает слегка потрескивать — это сжатый во льду воздух по мере таяния льда разрывает ледяные перегородки.

Форма ледников и их строение могут быть самыми разнообразными, но среди них можно выделить два основных типа: горные и покровные ледники.

Горные ледники

Быстро бежит небольшой грузовик по шоссе, которое пересекает плодородную подгорную равнину, постепенно переходящую в холмистые предгорья. Лента дороги вьется по склону долины, поднимаясь все выше в горы. Постепенно погода портится: в долину спускаются низкие облака, начинает накрапывать дождь, сверху дует холодный ветер. Мотор ревет все натужнее, и наконец машина останавливается — дальше дороги нет. Груз переключают на лошадей, которые по тропе поднимаются еще выше. По долине ползут облака, и временами приходится идти как в молоке. Высота уже 3500 м; становится тяжело дышать. Вдруг луч солнца пробивается сквозь пелену облаков, освещая впереди что-то ослепительно белое, сверкающее. Облака остаются внизу, а перед нами вырастает ледник — широкий поток льда, занимающий всю горную долину. Сейчас май, а здесь еще зима, и вся поверхность ледника покрыта снегом. Хотя солнце светит чрезвычайно ярко, снег почти не тает. В чем же дело?

Оказывается, снег имеет удивительное свойство: он поглощает всего около $\frac{1}{10}$ части лучистой энергии, приходящей к нам от солнца; остальные же $\frac{9}{10}$ энергии он отражает в атмосферу. Поэтому солнце с трудом нагревает снежный покров, и ледники существуют даже под его яркими летними лучами.

Типичные горные ледники — долинные. Их называют так потому, что они лежат в верховьях долин (рис. 1). Если

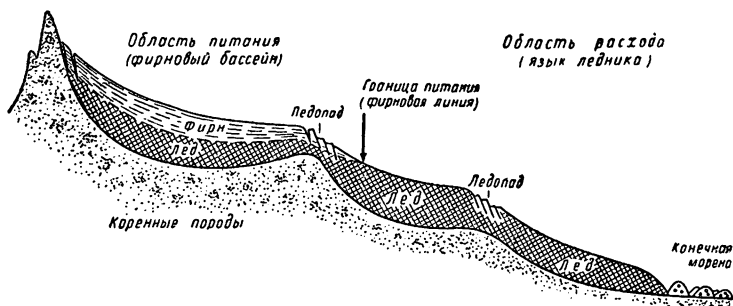


Рис. 1. Продольный разрез типичного горно-долинного ледника.

взглянуть на такой ледник в конце лета, легко различить две его части: нижнюю бесснежную и верхнюю, покрытую ослепительно белым снежным покровом. Эти области разграничиваются фирновой линией. Верхняя из них — область питания ледника, а нижняя — область расхода. Ее называют также языком ледника. В области питания накапливающийся из года в год снег превращается в фирн, а затем в лед. Лед обладает еще одной интересной особенностью: в отдельных образцах он хрупкий, а в больших количествах — пластичный. Избыток льда из области питания течет вниз по долине, минует фирновую линию и попадает в область расхода. Эта часть ледника зимой также покрывается снегом, однако за лето здесь стает не только весь этот снег, но и часть льда, поступившего сверху, из области питания.

В разные годы на леднике накапливается различное количество снега; точно так же «год на год не приходится» и в таянии. В результате в одни годы поступившего на ледник снега бывает больше стаявшего снега и льда, в другие — наоборот. В первом случае говорят, что приходо-расходный бюджет ледника положителен, во втором — отрицателен. В последние годы на горных ледниках расход вещества преобладает над приходом, так что бюджет ледников, как правило, бывает отрицательным. Это значит, что ледники отступают.

Кроме классических долинных ледников, в большинстве

горных стран можно встретить так называемые каровые ледники. Они лежат в округлых углублениях горного склона — карах. Называют их еще и цирками за сходство с цирковыми амфитеатром и ареной.

Узкими полосами на склонах протягиваются присклоновые ледники; издали кажется, что они вот-вот оборвутся и свалятся вниз, к подножью склона. Но нет, это только первое впечатление. Стоит подойти поближе, и увидишь многотонную толщу льда, прикрытого сверху тонким слоем снега. Эти ледники обычно невелики по размерам. Однако существуют и громадные горные ледники, которые не умещают в узких долинах и выползают на предгорную равнину, образуя предгорные ледники. Самые крупные ледники такого типа находятся на Аляске: ледник Беринга занимает площадь 5700 км^2 , а ледник Маляспина — около 2200 км^2 .

Впервые с горными ледниками ученые столкнулись в Альпах. Здесь со склонов гор спускаются долинные и каровые ледники; самый крупный из них — Большой Аалекский — чуть длиннее 25 км. В среднем длина альпийских ледников 10—15 км.

Похожи на альпийские и ледники Кавказа. Они лишь немного короче альпийских; общая площадь оледенения в Альпах — 3600 км^2 , а на Кавказе — 1780 км^2 , т. е. примерно в два раза меньше. Самые крупные ледники здесь развиваются на древних вулканических конусах: Казбеке (81 км^2) и Эльбруса (144 км^2). Особенно живописно оледенение Эльбруса. В хорошую погоду белоснежный двуглавый Эльбрус со стороны Предкавказья виден за 100 км и дальше; а вблизи перед глазами встает сравнительно пологая ледниковая шапка, одевающая этот древний вулкан — высшую точку Европы (рис. 2).

В Советском Союзе самое обширное горное оледенение — в Средней Азии. Здесь до высоты 6—7 тыс. м поднимаются горные системы Тянь-Шаня и Памира; в пределах каждой из них ледники занимают больше 8000 км^2 . Ледники здесь очень крупные. Этому способствуют высокие горы и значительное количество атмосферных осадков. Целые ледяные реки текут в скалистых берегах. На Памире находится один из крупнейших долинных ледников мира — ледник Федченко (рис. 3). Его длина около 75 км, а площадь всех ледников, входящих в его систему, лишь немногим меньше 1000 км^2 .

Горные ледники существуют на всех континентах земного шара. В Азии они спускаются с высочайших вершин Гиндукуша, Каракорума, Гималаев, Тибета. Истоки многих сибирских рек находятся у ледников Алтая и Саян. На Камчатке ледники соседствуют с горячими гейзерами. Много ледников на Аляске и в американских Кордильерах. Ледяные массивы встречаются на всем протяжении Южно-Американских Анд.



Рис. 2. Высочайшая вершина Европы — двуглавый Эльбрус — покрыта шапкой вечных снегов, от которой в долины спускаются несколько ледниковых языков.

На островах Новой Зеландии ледники покрывают кратер и склоны вулкана Руапеху, спускаются по склонам Новозеландских Альп. Некоторые из них доходят до 300 м над уровнем моря и заканчиваются в красивейшем лесу среди буков и древовидных папоротников. В Европе небольшие ледники можно встретить в Альпах, Пиренеях, Апеннинах и на Полярном Урале, более крупные — на Скандинавском полуострове.

То, что ледники существуют в горах умеренных широт, вполне понятно: зимой здесь выпадает много снега, а лето на больших высотах прохладное. Гораздо удивительнее, что ледники встречаются в Африке, Центральной Америке, Новой Гвинее — у самого экватора. В тропической Африке ледники расположены на вулканах Кении и Килиманджаро и в горной цепи Рувензори; в Мексике — на вулканах Орисаба, Попокатепетль и Икстасихуатль. Высота этих гор 5000—6000 м, а ледники спускаются не ниже 4500 м. На таких больших высотах снега выпадает сравнительно немного, однако летом здесь так холодно, что большого таяния не бывает. Зато очень велика солнечная радиация, под влиянием которой снег протаивает неравномерно и на его поверхности образуются «снега кающихся» — наклонные столбики снега, напоминающие фигуры, закутанные в белые саваны. Таких «кающихся» в разгар летнего таяния можно увидеть и в Антарктиде.

Покровные ледники

Давайте теперь спустимся с гор и отправимся на север, в Арктику. Экспедиции прибывают сюда обычно летом. Арктика встречает их низким свинцовым небом, рваными туманами и противным моросящим дождем. Редко сквозь плотные облака пробивается солнце, и ледники здесь впервые предстают перед путешественником в совершенно ином обличье, чем это было в горах.

На арктических островах располагаются ледниковые покровы. Их называют так потому, что они покрывают все неровности рельефа островов, за исключением отдельных нунатков — так эскимосы в Гренландии называют крутые скалы, выступающие из-под льда на десятки и сотни метров. Издалека кажущиеся однообразными, ледниковые покровы на самом деле совсем неодинаковы. Гренландию и Антарктиду покрывают гигантские ледниковые щиты, первую — площадью в 1,8 млн. км², вторую — 13,2 млн. км². А совсем недалеко от них, на небольших островах и архипелагах, лежат ледниковые шапки, часто поперечником всего в несколько километров. Если бы нам удалось охватить взглядом весь такой купол, мы бы увидели что-то похожее на каравай хлеба: плоскую ровную поверхность ледника в центре купола и все более крутые склоны ближе к берегу. Такая форма возникает не случайно: она связана с физико-механическими свойствами льда и его способностью к растеканию (рис. 4).



Рис. 3. Эта ледяная река, текущая между крутых склонов, — самый длинный в Средней Азии ледник Федченко.

Огромные ледниковые покровы (иначе их еще называют щитами) однообразны лишь в своих центральных, наиболее плоских частях. Чем ближе к краю щита, тем тоньше становится покров льда; неровности рельефа, ранее скрытые подо льдом, теперь как бы проявляются в его поверхности, а среди ровного ледникового склона, обращенного к морю, можно уже различить выводные ледники. Эти ледники текут по пони-

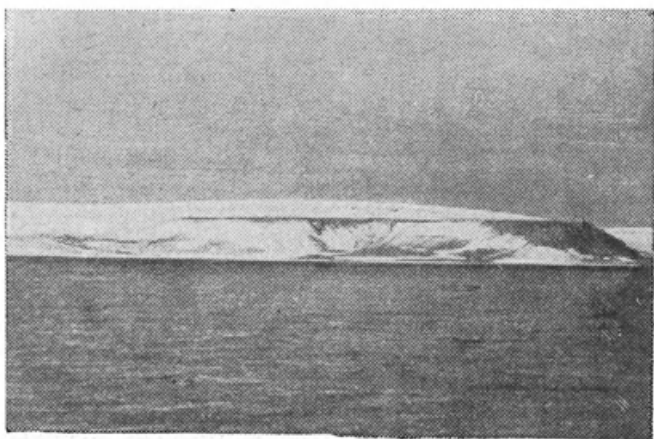


Рис. 4. Ледниковый купол Чурляниса на Земле Франца-Иосифа. Внизу приведен схематический разрез через такой ледниковый купол.

жениям рельефа и выводят к берегу лед, образовавшийся в нескольких десятках, а в Антарктиде — даже сотнях километров от края ледникового покрова. Один из таких ледников — Денман, находящийся недалеко от «оазиса» Бангера в Антарктиде, — за год проходит больше километра, т. е. за сутки он продвигается на 3—4 м. А в Гренландии известно несколько выводных ледников,двигающихся быстрее 20 м в сутки. Такое движение ледника уже заметно на глаз.

Так как выводные ледники движутся со скоростью, в несколько раз превышающей скорость сползания основной массы ледникового покрова, они выносят в море много льда. Позже из него образуются айсберги. Выводные ледники те-

кут в ледяных берегах, которые хорошо видны с самолета из-за обилия трещин самых различных форм и размеров.

В некоторых местах ледниковый покров растекается по поверхности моря, образуя шельфовые ледники. Это плавающие ледниковые щиты, связанные с основной, материковой частью ледника. Они называются шельфовыми потому, что обычно располагаются в пределах береговой отмели — континентального шельфа, где глубины моря не превышают 400—500 м. Толщина этих ледников около 200 м, но над поверхностью воды они возвышаются только на 20—30 м, круто обрываясь в море и образуя ледниковый барьер. Такой барьер впервые увидели в 1820 г. русские моряки со шлюпов «Восток» и «Мирный»; они совершенно правильно определили, что он может быть связан лишь с «матёрым» (т. е. материковым) льдом.

Площадь крупнейшего шельфового ледника Росса 500 тыс. км². Впервые его увидел в 1840 г. китобой Джемс Росс и назвал Великим Барьером. С тех пор прошло более 100 лет, но каждый новый путешественник не перестает восхищаться 30-метровым ледяным обрывом, искрящимся и переливающимся на солнце всеми цветами радуги.

Однако спокойные с виду шельфовые ледники очень коварны. В любой момент через них может пройти трещина. Тогда от ледника откалывается и начинает самостоятельную жизнь огромный столовый айсберг. Иногда айсберги бывают гигантских размеров: до 50, 100 км длиной и даже больше. Самый крупный айсберг в 1927 г. обнаружили норвежцы: его длина достигала 167 км.

В наше время крупные шельфовые ледники распространены лишь в Антарктике. У островов Северного Ледовитого океана они встречаются крайне редко и очень малы. Новейшие исследования Северной Земли дали основание полагать, что небольшие шельфовые ледники существуют и в этом архипелаге, в частности в фиорде Матусевича. Еще несколько лет назад шельфовый ледник был в Канадском арктическом архипелаге. Он примыкал к острову Элсмира. Но... два года назад он окончательно распался на отдельные айсберги и перестал существовать. Айсберги, откалывавшиеся в прошлом от этого ледника, разносились по всему Северному Ледовитому океану. В отличие от морского льда, эти ледяные острова достигали в толщину нескольких десятков метров и служили прекрасной базой для полярных дрейфующих станций. На одном из таких «островов» несколько лет работает известная американская дрейфующая станция Т-3.

Многообразны ледники на Земле. Мы рассказали сейчас лишь о самых основных их представителях. А сколько их еще! Типичные долинные ледники, например, можно встретить в горах Антарктиды, а на высоких плоских вершинах Тянь-

Шаня образуются настоящие ледниковые купола, похожие на полярные. Часто — например, в Исландии или на Камчатке — рядом с ледниками и непосредственно под ними находятся действующие вулканы. Они извергаются прямо среди льда. Соседство «желтого и белого дьяволов» не протекает мирно: огромное количество тепла, выделяющееся при вулканических извержениях, растапливает ледники на склонах вулкана, а это приводит к наводнениям и другим бедствиям.

Посмотрим, как распределяются по площади ледники в разных частях земного шара (рис. 5):

	квадратные километры
Арктика	2 083 438
Европа	8 655
Азия	114 147
Северная Америка	67 661
Южная Америка	25 000
Африка	23
Океания	1 015
Антарктида	13 204 000

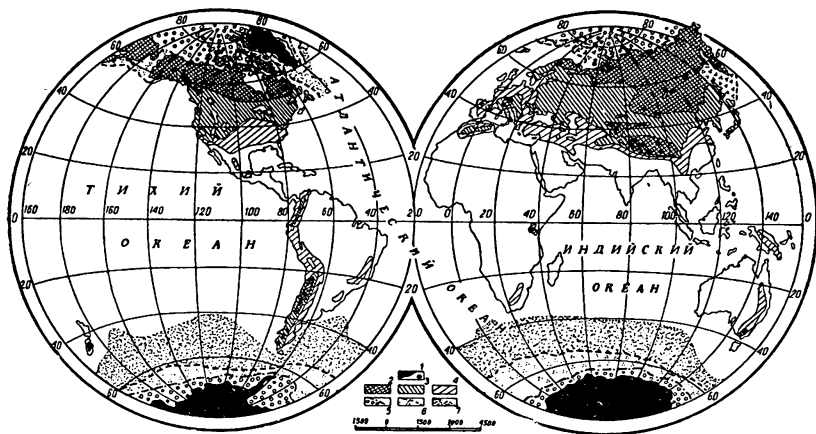


Рис. 5. Распространение льда на земном шаре: 1 — ледники и районы оледенения; 2 — вечная мерзлота; 3 — ежегодный сезонный снежный покров; 4 — неежегодный снежный покров; 5 — постоянные морские льды; 6 — сезонные морские льды; 7 — айсберги. (По П. А. Шумскому и А. Н. Кренке).

Эти цифры, конечно, не абсолютно точны, потому что многие ледники еще не исследованы и даже не открыты. Кроме того, площадь ледников постоянно изменяется. Год от года они либо увеличиваются в размерах, либо уменьшаются, и очень редко подолгу остаются неизменными.

Гляциология — наука молодая

Первое знакомство людей с ледниками произошло давно. До нас дошло описание альпийских ледников, сделанное еще в 1544 г. Конечно, это были лишь беглые упоминания о них при описании природы Альп. Изучение ледников началось с конца XVIII в. Тогда на ледники поднимались небольшие группы людей, не имевшие с собой никакого специального оборудования, кроме тетради и карандаша. Позже орудиями труда гляциологов стали горный компас и эклиметр — простейшее приспособление для измерения углов наклона, но характер исследований не изменился. В сущности говоря, в те годы занимались не изучением ледников, а их описанием.

Гляциология оставалась по преимуществу описательной наукой вплоть до середины XIX в. По мере приобретения знаний о ледниках становилось все яснее, что необходимо проникать в физическую сущность происходящих явлений. Катастрофические падения лавин в ледниковых районах, внезапные наступания концов ледников, прорывы ледниково-подпрудных озер и т. п. — все эти необычные явления требовали глубокого исследования и проникновения во внутренний мир льда.

Сегодня гляциология, с одной стороны, наука географического профиля, изучающая одно из звеньев географической среды, в пределах которой живут и трудятся люди, с другой — отрасль геофизики, изучающая условия существования и процессы развития «твердой воды» на Земле, ее взаимодействие с земной корой и многое другое.

Перенесемся в конец XIX в. В это время в среде передовых ученых мира все более утверждалось мнение о необходимости изучать природные явления на Земле в их взаимосвязи. Ведь особенности климата на Земле, движения вод в океанах и морях, развитие ледников тесно связаны между собой, и познать их можно лишь в том случае, если изучать все эти объекты земной природы совместно. Такие научные исследования очень сложно организовать, и они дорого стоят. Эта задача не под силу одной стране или даже небольшой группе стран. Для ее решения нужно сконцентрировать усилия ученых многих государств. Но как это сделать?

В 1874 г. из Арктики возвратилась экспедиция, одним из руководителей которой был известный полярный исследователь того времени Карл Вайпрехт. Экспедиции удалось открыть самый северный арктический архипелаг, названный Землей Франца-Иосифа. Вайпрехт убедился, как много не-

изведенного еще таят в себе полярные страны, и после возвращения из этой экспедиции начал усиленно пропагандировать идею проведения Международного полярного года, во время которого научные станции разных государств работали бы по единой согласованной программе. К концу XIX в. наименее изученными на Земле были полярные области. Поскольку же ни одна из стран не могла в то время организовать большую экспедицию в Антарктику, основное внимание Первого международного полярного года, проведенного в 1882—1883 гг., было сосредоточено на Арктике. В исследованиях Первого международного полярного года приняли участие ученые 11 стран, в том числе и России.

Последующие годы знаменуются работой нескольких ледниковых экспедиций. Начинаются систематические наблюдения за ледниками Альп, регулярно выезжают экспедиции на ледники Алтая и Кавказа; в 1911 г. русский военный топограф К. И. Подозерский составляет каталог всех ледников Кавказского хребта. Неоднократно посещаются ледники в горах Средней Азии.

Однако наибольшие средства по-прежнему тратятся на исследования полярных областей. На грани XIX и XX вв. на берег Антарктиды впервые ступила нога человека: здесь в 1899 г. состоялась первая зимовка небольшой партии норвежца К. Борхгревинка. А в 1901—1904 гг. к берегам Антарктиды устремились сразу три большие экспедиции: немецкая, английская и шведская. Их возглавляли известные полярники и ученые: Э. Дригальский, Р. Скотт и А. Норденшельд. Гляциология обогатилась первыми сведениями об антарктических ледниках.

Начало XX в. — наиболее насыщенные страницы истории исследования Антарктиды. Походы по шельфовому леднику Росса англичанина Э. Шеклтона (1908—1909 гг.), достижение Южного полюса Р. Амундсеном и Р. Скоттом (1911—1912 гг.), работы Австралийской экспедиции Д. Моусона (1911—1913 гг.) — далеко не полный перечень экспедиций тех лет. Австралийцам пришлось зимовать на очень ветреном пятачке — мысе Денисон. Впоследствии свою книгу о жизни в Антарктиде Моусон так и назвал «В стране пурги».

Взоры гляциологов обращались и к другому гигантскому ледниковому покрову, лежащему «под боком» Европы, — гренландскому. Экспедиции в Гренландию, самые крупные из которых были совершены в 1912—1913, а затем в 1929—1931 гг., связаны с именем неутомимого путешественника, обладавшего неудержимой фантазией, автора знаменитой гипотезы дрейфа материков, немецкого геофизика А. Вегенера. В 1929 г. в центре Гренландии он организовал станцию «Айс-митте», на которой несколько человек, совершенно оторванные от мира, в долгую зимнюю полярную ночь выдолбили

шахту внутри ледника и вели там кропотливые исследования снега и льда.

Прошло полвека со времени Первого международного полярного года, и ученые стали думать об организации Второго. Задачи были расширены,— ведь появились такие мощные экспедиционные средства, как радиосвязь, авиация, ледоколы. С 1 августа 1932 г. начался Второй международный полярный год, продолжавшийся и в 1933 г. По единой программе велись наблюдения и в Северном Ледовитом океане, и в Антарктике. Здесь, на шельфовом леднике Росса, американцы организовали станцию Литл-Америка, ставшую центром антарктических исследований в эти годы. Советский Союз организовал основные исследования в арктических и высокогорных районах. В 1932—1933 гг. научные станции работали на Новой Земле и Земле Франца-Иосифа, на высоте 4300 м над уровнем моря на леднике Федченко. Были открыты ледники на Полярном Урале и получены новые сведения о ледниках Кавказа, Алтая, гор Средней Азии.

Благодаря расширению полярных и высокогорных исследований армия гляциологов выросла, и для руководства изучением ледников требовалась хорошая организация. Особенно быстро стали развиваться исследования ледников после окончания второй мировой войны. СССР, США, Канада, Великобритания, Норвегия, Швеция, Япония, Новая Зеландия, Швейцария, Франция, Италия, Германия, Чили, Аргентина— вот основные «ледниковые» страны. Во многих из них существуют специальные учреждения, изучающие природные льды на Земле. Например, Арктический институт Северной Америки объединяет гляциологов США и Канады; Инженерная лаборатория по исследованию холодных стран существует при военном ведомстве США; Институт снега, льда и низких температур ведет важные исследования по физике льда и снега в Японии.

В Советском Союзе гляциологи работают в ряде институтов Академии наук СССР и академий союзных республик, в системе гидрометеорологической службы, в нескольких крупных университетах— Московском, Ленинградском, Томском, Харьковском и других. Все эти учреждения приняли участие в грандиозном научном мероприятии нашего времени— Международном геофизическом годе (МГГ), который был проведен в 1957—1959 гг.

Работы, сделанные в период МГГ, не идут ни в какое сравнение с Первым и Вторым международными полярными годами, потому что исследованиями были охвачены не только полярные области, но и буквально все уголки земного шара. Во время МГГ 26 стран организовали 103 гляциологические станции и множество экспедиций (рис. 6). Наибольшее количество станций (17) было создано Советским Союзом и Сое-

диненными Штатами Америки. Шесть советских станций работали в Антарктиде, одиннадцать — на территории СССР: в Арктике, на Кавказе, в Средней Азии и в Сибири.

К началу Международного геофизического года ученые разработали в общих чертах методику современных исследований на ледниках, которой надлежало пользоваться всем гляциологам. При наблюдениях должны были применяться

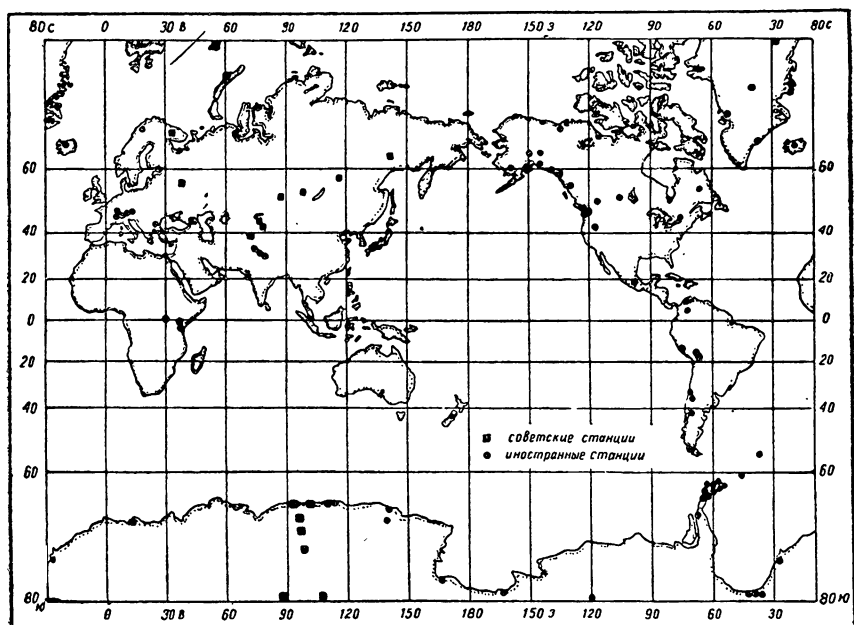


Рис. 6. Гляциологические станции Международного геофизического года.

точные приборы. Описательные методы были лишь необходимым подспорьем: они служили для создания более полной картины современного оледенения во всем многообразии его проявления на Земле.

Как изучают ледники

Итак, ледниковая экспедиция... Она всегда начинается с суматошных дней сборов в дальний путь. Нужно позаботиться не только о приборах, но и о снаряжении, о продуктах. Ведь придется проехать не одну тысячу километров и подняться к самым вершинам гор или забраться в сердце полярных районов. Кругом ящики, коробки, мешки — там, на леднике, в совершенно безлюдных местах, не найдешь ни гвоздя,

ни булавки. Все должно быть продумано до мелочей, особенно техника безопасности. Но современная ледниковая экспедиция немыслима без машин. На пологих полярных куполах хозяйничают тракторы. Когда кончается полярная ночь и солнце начинает все выше чертить спираль по небу, на леднике все чаще слышен рокот тракторного мотора. Медленно ползет он вверх по леднику, осторожно обходя трещины, а сзади к нему прицеплены либо сани, на которые уложено снаряжение экспедиции, либо балок — домик на санях, в котором живут и работают гляциологи.

Задачи гляциологов при полевых исследованиях ледников — как можно глубже проникнуть в закономерности их жизнедеятельности, познать особенности прошлого и дать прогноз будущего их развития. Изучение ледника начинают с его всестороннего осмотра, описания формы и измерения размеров. С помощью современных геофизических методов измеряют мощность ледника и затем подсчитывают его запасы льда. Это один из самых сложных моментов исследования.

Важно также определить приход и расход вещества в ледниках и их основные составляющие, выявить соотношение первого и второго, — иначе говоря, получить цифры, по которым будет видно, что больше: питание ледника или, наоборот, его расход. Это очень кропотливая работа: чтобы ее выполнить, нужно измерить количество накопленного или стаявшего снега и льда на всем пространстве ледника. И чем больше на леднике мест, по которым имеются подобные данные, тем точнее будет ответ на вопрос — каков современный «приходо-расходный» бюджет ледника. А ответ на этот вопрос очень важен для современной гляциологии, так как с его помощью объясняются факты современного наступания или отступания ледников и проблема эволюции всего оледенения.

И питание, и расход вещества в ледниках тесно связаны с климатом в ледниковых районах. Поэтому во время экспедиций на леднике гляциологи обязательно ведут метеорологические наблюдения. Это необходимо еще и потому, что существующие метеорологические станции расположены значительно ниже ледников, часто в других физико-географических (ландшафтных) поясах, и не дают правильного представления об особенностях климата, в которых существуют ледники.

Климатические условия определяют и температурный режим ледников. Его узнают, измеряя температуру в ледниковых скважинах. Бывают ледники «теплые» — в них температура близка к точке плавления льда, бывают «холодные» — в них лед охлажден до -10° и ниже. В зависимости от температурного состояния меняются и пластические свойства льда. «Теплый» лед движется быстрее холодного, а в своих нижних,

придонных слоях он часто плавится и создает дополнительную жидкую смазку, которая облегчает скольжение льда по своему ложу.

При движении структура ледника постоянно изменяется. У молодого льда, образовавшегося из выпадающих снежинок и прошедшего стадию фирна, мелкокристаллическое строение и довольно хорошо выраженная горизонтальная слоистость: чередование зимы и лета сказывается на отложении снега и образовании льда. С нарастанием мощности льда и напряжений в его толще движение ледника ускоряется, кристаллическое строение и слоистость льда меняются.

Изучая особенности строения льда, ученые раскрыли весь ход преобразования структуры ледников в процессе их движения. Двигаясь, ледник совершает гигантскую работу. Он выпихивает свое ложе, переносит и тонкослоистый мелкозем, и огромные глыбы горных пород к своему концу и откладывает его там, создавая так называемую морену. Крупные долинные ледники совершенно видоизменяют долины, по которым они движутся. Со временем ледниковые долины приобретают корытообразный профиль. Такая долина называется трогом. Если когда-либо в горах вы увидите долину с V-образным профилем, знайте, что когда-то по ней двигался ледник, который теперь либо совсем исчез, либо отступил далеко в верховья долины.

Изучая рельефообразующую деятельность современных ледников, а также рельеф поверхности на месте их недавнего распространения, мы перекидываем мост от современных условий к тем сравнительно недавним временам, когда ледники были распространены значительно шире. Тем самым мы подходим к разрешению еще одной важной проблемы — древнего оледенения.

Таким образом, проводя полевые исследования, гляциолог изучает форму и размеры ледников; особенности питания и расхода вещества, а также климатические условия, в которых сейчас существуют ледники; их температурный режим и строение, особенности движения и рельефообразующей деятельности; наконец, признаки бывшего распространения ледников. Посмотрим теперь, какие методы применяют ученые, чтобы исследовать весь этот широкий комплекс вопросов.

Чтобы подсчитать общие запасы льда в ледниках, необходимо знать их толщину. Как же измерить мощность льда, если она составляет не одну сотню метров, а иногда достигает километра и более? Здесь на помощь приходят сейсмические волны.

Часто в газетах мы читаем краткие сообщения, где говорится, что специальный прибор — сейсмограф, находящийся, скажем, в Москве, записал подземные толчки, эпицентр которых находился за тысячи километров. Определяют рас-

стояние до центра землетрясения по времени, которое понадобилось сейсмическим волнам, распространяющимся в земной коре с определенной скоростью, на путь от этого места до сейсмографа. Для определения толщины льда создают искусственное землетрясение — взрыв на поверхности ледника. Волны от взрыва распространяются во все стороны; они быстро двигаются и вниз, пока не встретят на пути среду, более плотную, чем лед, — коренные породы. В этом месте волны отражаются и начинают двигаться вверх, к поверхности ледника, где их подстерегают сейсмографы. Чем больше времени прошло между взрывом и записью сейсмических волн на ленте, тем больше мощность ледника в данном месте.

Однако сейсмический метод определения мощности ледника не единственный, хотя и самый точный из геофизических. В основе другого метода — гравиметрического — лежит измерение силы тяжести очень чувствительным прибором — гравиметром. Поскольку плотность льда и коренных пород различна, сила тяжести больше там, где покров льда тоньше. Результаты гравиметрических измерений, проводимых параллельно сейсмическим, позволяют без излишних затрат времени и сил получить детальные данные о положении коренных пород подо льдом.

Есть еще один способ — электрометрический. Считается, что лед хороший изолятор. На самом деле электричество распространяется и во льду. С помощью специальной аппаратуры на основании различий в электропроводности льда и горных пород ледникового ложа можно измерить толщину льда.

Можно измерить толщину ледника, пробуравив сквозь всю его толщу глубокую скважину, которая одновременно может служить и для измерения температуры льда и изучения его структуры. Однако бурить лед — дело не простое. С первого взгляда кажется, что лед — не камень, бур пройдет его быстро. Но приходится затратить много сил, прежде чем скважина будет готова. Стоит ненадолго оставить бур в скважине, как он примерзает ко льду, и требуются большие усилия, чтобы извлечь его. Для укрепления стенок и удаления размельченной породы скважину в грунте обычно промывают глинистым раствором. Однако во льду воду использовать нельзя, — приходится бурить с помощью компрессора, что еще больше усложняет бурение. Для льда применяют и другой способ бурения — термический. Вместо буровой ложки, коронки или долота в скважину опускают наконечник с сильным электронагревателем, который плавит лед. Скважину-то этим способом получить можно, но зато нельзя отобрать керн — образцы льда с больших глубин, — который очень интересуют гляциологи.

Глубокие скважины используют для определения темпе-

ратуры льда. Еще сравнительно недавно температуру можно было измерить лишь хрупкими ртутными и спиртовыми термометрами. Теперь в экспедициях их почти не применяют. Обычными стали электротермометры и термисторы (полупроводниковые термометры), сопротивление которых изменяется с изменением температуры. Такие термометры надежны в эксплуатации, показывают температуру с большой точностью, а главное позволяют проводить дистанционные измерения на расстоянии сотен метров от скважины.

Обычно на леднике стоит теплый домик или палатка, а из нее тянутся провода к двум-трем скважинам, в которых заложены электротермометры и термисторы. Туман ли окутал ледник, или бушует пурга, — гляциолог находится в домике и на специальном приборе — мосте сопротивлений — подбирает четырехзначные цифры электрических сопротивлений, которые потом переводит в градусы температуры.

Конечно, чтобы всесторонне изучить ледник, в погожие дни приходится исходить его вдоль и поперек. В характерных местах ставят 3—4-метровые бамбуковые рейки. Их делают столь высокими для того, чтобы их не занесло снегом, а бамбуковые они потому, что зимой на ледниках часто свирепствуют сильные ветры, и обычные деревянные рейки быстро ломаются. По установленным рейкам регулярно отмечают изменение высоты поверхности ледника, чтобы узнать, сколько накопилось либо стаяло снега и льда за то или иное время. Рейки используют и для измерения скоростей движения ледника; с этой целью на леднике проводят геодезические измерения и затем составляют его план, на который наносят положение всех приметных точек и установленных реек. Если через несколько месяцев эти работы повторить, можно будет определить, куда и насколько сместились вместе со льдом рейки, и вычислить все изменения, произошедшие с ледником.

Особенно сложны геодезические измерения на крупных ледниковых покровах — гренландском и антарктическом. Ведь здесь на многие сотни километров расстилается ровная поверхность движущегося льда, и ни одной неподвижной скалы кругом. В таких условиях смещение льда измерить невероятно трудно. Приходится прибегать к особому способу: с помощью пустых бочек, небольших деревянных пирамид и т. п. на поверхности ледника закрепляют ряд точек, образующих прямоугольники или пятиугольники. Длины всех сторон этих фигур измеряют дважды — с промежутком в несколько лет. Сравнение результатов дает возможность не только получить величины смещения этих участков ледника, но и характер деформаций ледника, вызванных его растяжением или сжатием. Мы получаем ответ на вопрос, понижается или повышается ледниковая поверхность за последнее время, ускоряется или замедляется движение ледника.

В последние годы подобные работы в Гренландии начала международная экспедиция, а в Антарктиде — советско-французский отряд Советской антарктической экспедиции. Особое внимание исследователи обращают на измерение расстояний между закрепленными пунктами. Для этого применяют наиболее точные из существующих сейчас дальномеров — так называемые теллуromетры. Они дают возможность измерять длину 10-километровых отрезков с точностью до нескольких миллиметров.

Интенсивность питания ледника определяют по количеству снега, которое остается на поверхности к концу лета. Этот слой «ежегодного снегонакопления» можно измерить с помощью отсчетов по рейкам. Проводят и наблюдения в больших снежных ямах-шурфах.

В хороший летний день на леднике, где работают гляциологи, можно видеть, как несколько человек роют в снегу глубокую яму. Спросите у них, что они ищут — и они скажут: «прошлогодний снег». Это не шутка. Гляциологи действительно ищут прошлогодний снег. И не только прошлогодний, но и снег более далеких лет, который превратился в фирн, а может быть, уже и в лед. Для этого они роют шурфы и вынимают из них огромные кубы снега, которые называют снежными монолитами.

Для непосвященного в тайны гляциологии в снежном монолите не заключено ничего особенного. Специалист же видит в нем многое: вот тонкая льдистая корочка — она долго находилась на поверхности и немного оплавилась под лучами скупого весеннего горного солнца; вот плотный как камень слой снега — в дни, когда отложился этот снег, на леднике была сильная метель; а вот загрязненный толстый слой льда — это наверняка «летний» слой, образовавшийся в результате таяния снега. Весь снег, лежащий ниже этого загрязненного слоя, относится к прошлой зиме — это и есть «прошлогодний снег». Углубляясь в снежно-ледяную толщу, можно найти снег и более ранних лет. Так что шурфы в снегу — очень важная и трудоемкая часть работы на леднике, а лопата по-прежнему — один из важнейших инструментов гляциолога.

Для определения возраста тех или иных горизонтов ледника существуют и другие методы. Вот, например, спорово-пыльцевой метод. В любом слое льда и снега можно посчитать количество пыльцы и спор определенных растений. И пыльца, и споры чрезвычайно легкие частицы, они далеко разносятся ветром. Вегетация различных растений происходит в разное время года; поэтому в слоях льда или снега, отложенных в разные месяцы, откладываются неодинаковые частицы. Это-то и дает возможность узнать сезоны их отложения.

В последние годы для определения возраста снега и льда все шире применяются изотопные методы исследований. Наиболее простой из них — определение изотопов кислорода O_{16} и O_{18} . Соотношение этих изотопов в снегу зависит от температуры воздуха во время отложения снега. Вычислив это соотношение в том или ином горизонте снега или льда, можно сказать, в теплое или холодное время года был отложен этот горизонт.

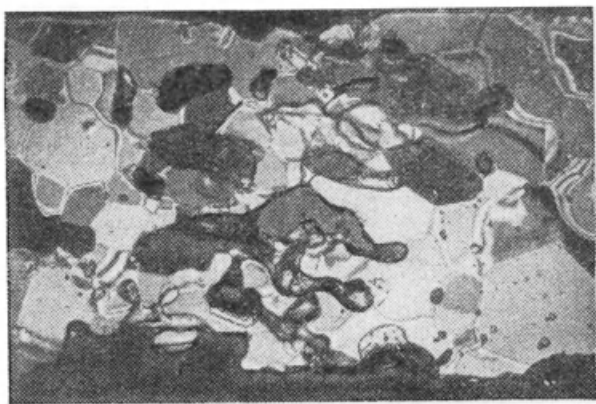


Рис. 7. Микрокристаллическое строение льда. Видны ледяные кристаллы и пузырьки воздуха (увеличено в 6 раз).

Все монолиты снега, вынутые из шурфов, и образцы льда, взятые из скважин, привозят в холодную лабораторию, где с помощью различных приспособлений изучают их строение. Мельчайшие миллиметровые кристаллы, из которых состоит снег и лед, рассматривают в микроскопы (рис. 7). Для нормальных условий работы в холодной лаборатории требуется температура не выше минус $5-10^{\circ}$. И как это ни парадоксально, холода иногда не хватает! Термометр в лаборатории неумолимо ползет вверх, образцы тают и портятся.

В поселке Мирном в Антарктиде для организации холодной лаборатории удалось использовать холод самого ледника. С приближением лета на окраине поселка выбрали большую трещину во льду, забили ее дно снегом, а верх расчистили и с помощью автокрана спустили внутрь, на глубину 10 м, небольшой домик. Первая же пурга забила трещину снегом, и домик оказался в теле ледника. Чтобы в лаборатории было холоднее, метров на 25 в глубь трещины спустили хобот насоса и включили мотор, который непрерывно подавал холодный воздух снизу. Это дало возможность избавиться от влия-

ния «жаркого» антарктического лета, когда температура воздуха поднималась до плюс 3—5°, и спокойно продолжить зимний цикл работ.

Все это — лишь некоторые виды работ на ледниках. Конечно, исследования ледниковой экспедиции гораздо разнообразнее. Полученные в поле сведения дают обширный материал, позволяющий расшифровать особенности существования этих аккумуляторов воды на Земле и ответить на многие вопросы, которые интересуют человека в его хозяйственной деятельности в районах, примыкающих к ледникам.

Исследования Международного геофизического года, проведенные почти во всех ледниковых районах земного шара, показали, что хотя ледники — лишь небольшая частица географической среды, их влияние на природу всей нашей планеты огромно. Еще больше оно было в те периоды геологической истории Земли, которые называются ледниковыми.

ЛЕДНИКИ И СОВРЕМЕННЫЙ КЛИМАТ ЗЕМЛИ

На географической карте мира видно, что ледники распределены по ней не в беспорядке. Больше всего их у полюсов и в горах умеренных поясов. Значит, главная причина такого размещения ледников — существующая географическая зональность, а ледники — лишь ее продукт? Это верно лишь отчасти. Исследования последних лет показали, что ледники — это не только следствие современного земного климата, а в значительной степени его причина.

Подчиняются ли ледники современному климату?

Посмотрим, как изменяется высота снеговой линии на различных параллелях земного шара. На рис. 8 хорошо видно, что выше всего она лежит на 35° с. ш. и 15° ю. ш. — на высоте почти 6000 м над уровнем моря. Здесь самые неблагоприятные условия для развития ледников — помимо того, что в этих местах очень жарко, там выпадает чрезвычайно мало осадков — ведь именно на этих широтах лежат самые крупные пустыни в мире. В экваториальной области снеговая линия снижается до 4500 м, потому что у экватора выпадает гораздо больше осадков. При движении к полюсам снеговая линия опускается — довольно медленно в северном полушарии и очень резко в южном. Почти во всей Арктике снеговая линия лежит на высоте около 200—300 м над уровнем моря.

Совершенно иная картина в Антарктике. Уже на 60—65° ю. ш. снеговая линия располагается на уровне моря, а по отношению к более южным районам, т. е. ко всей Антарктиде, можно сказать, что здесь снеговая линия лежит ниже уровня моря.

Выражение «ниже уровня моря» нужно понимать вот в каком смысле: если бы море из этих районов отступило и уровень его понизился, на освободившуюся площадь неизбежно распространились бы ледники. Между прочим, об этом свидетельствует большое количество плавающих шельфовых ледников в Антарктиде: это связано с низким положением снеговой линии.

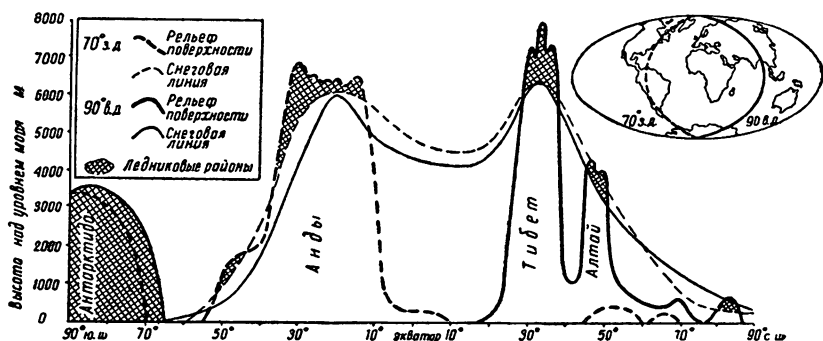


Рис. 8. Высотное положение снеговой линии вдоль двух меридианов: 90° в. д. и 70° з. д.

Снеговая линия определяет средние климатические условия, которые характерны для того или иного ледникового района. Однако ледники не так уж тесно связаны с этими средними условиями. Гораздо важнее для ледников другой уровень — «граница питания». Она проходит по леднику в тех местах, где область питания сменяется областью расхода. Этот уровень, а вместе с ним и большинство ледников, лежит значительно ниже снеговой линии: в горах Сибири — на 600—800 м, на Кавказе — на 800 м, на Тянь-Шане и Памире — на 1000—1300 м, а на Камчатке — даже на 1650 м.

В местах возникновения ледников обычно складываются благоприятные условия для большого накопления снега — основного материала, создающего ледники. Во время сильных зимних метелей огромные массы снега сметаются с окружающих склонов в понижения рельефа, туда же скатываются тысячетонные лавины. В результате в таких понижениях образуется ледник, в то время как с окружающих склонов снег к концу лета полностью стает.

В некоторых местах, например на Полярном Урале, горы так низки, что, казалось бы, ледники на них возникнуть не

могут. Однако уже во время Второго международного полярного года здесь открыли несколько ледников, а после исследований Международного геофизического года, когда в этом районе была создана специальная гляциологическая станция, число открытых ледников перевалило за 120. Правда, ледники эти небольшие, как правило, не длиннее 2—3 км, но развиваются они вполне нормально. А все дело в том, что за зиму на них попадает снега в несколько раз больше, чем его в среднем выпадает в этом районе.

Таким образом, ответ на вопрос, поставленный в заголовке этого раздела, не так уж прост. Безусловно, существование ледников в определенных местах земного шара связано с общей сменой климатов на Земле и характером циркуляции атмосферы. Однако не менее важны для возникновения ледников и местные особенности рельефа и питания ледников, позволяющие им существовать порою в самых, казалось бы, неблагоприятных для них условиях.

Почему южное полушарие Земли холоднее северного?

На рис. 8 видно, что климат северного и южного полушарий Земли неодинаков. Северное полушарие гораздо теплее южного. Это было ясно еще 10 лет назад, когда температурный режим Антарктиды южнее 70° ю. ш. совершенно не был известен. В январе северное полушарие на 2,7° холоднее южного, где в это время в самом разгаре лето. А в июле южное полушарие, где господствует зима, холоднее северного на 4,9°. В итоге за год южное полушарие оказывается холоднее северного на 2,2°.

Вместе с множеством других данных о таинственной Антарктиде советские и зарубежные антарктические экспедиции привозили все новые и новые сведения о температурах внутри континента. Первая зимовка на Южном полюсе — и первая неожиданность: температура воздуха понижалась до —74°. Осенью 1957 г. советские полярники организовали в Антарктиде станцию Комсомольская. Перед отъездом они оставили там термометр. Весной 1958 г. этот термометр показал тоже около —74°. Наконец, в августе 1958 г. была зарегистрирована самая низкая из известных температур на Земле: на станции Восток термометр «упал» ниже —87°.

Итак, в Антарктиде находится Полюс холода Земли. А каковы же здесь средние годовые температуры? Ученые встали перед сложной проблемой: как на всем материке определить

средние за год температуры воздуха, если на всем его пространстве не было не только годовичных, но даже и разовых измерений температуры. На помощь пришли гляциологи. Оказывается, на глубине 15—20 м в толще снежного покрова температура почти не изменяется, оставаясь одинаковой и летом, и зимой. Зимние волны холода и летние волны тепла проникают лишь до 15—20-метрового уровня, где устанавли-

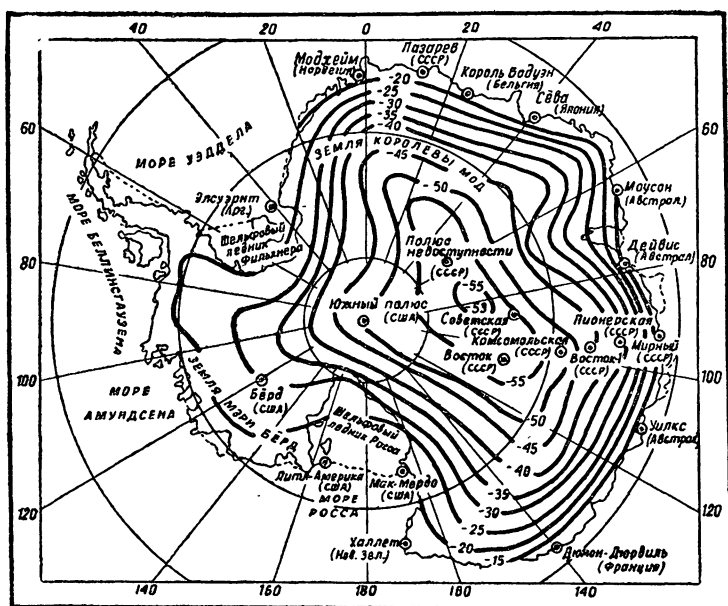


Рис. 9. Средние годовые температуры на поверхности Антарктиды по измерениям в скважинах на глубине 15—20 м.

вается температура, равная средней годовой температуре окружающей местности. Имея это в виду, во всех санно-тракторных внутриконтинентальных походах бурили скважины и в них измеряли температуру снега. Постепенно удалось составить карту среднегодовой температуры в Антарктиде (рис. 9).

Эта карта наглядно показывает, как много холода сосредоточено в Антарктиде, и лишний раз подчеркивает, что южное полушарие холоднее северного. Термический экватор, т. е. линия самых высоких температур воздуха на Земле, располагается севернее географического экватора на 10° в январе и на 20° в июле. В чем же причина такой асимметрии земного шара и всегда ли она существовала?

Первое традиционное объяснение такого различия условий в двух полушариях заключается в неравномерном рас-

пределении на поверхности земного шара суши и моря. Действительно, в северном полушарии расположены крупнейшие материки: Евразия, Северная Америка, большая часть Африки, а в южном, помимо Африки, лишь Южная Америка, Австралия да у самого полюса Антарктида. Основные пространства южного полушария занимают акватории Тихого, Атлантического и Индийского океанов. Считается, что поскольку суша и вода имеют различную теплоемкость, а толщина воды, к тому же, непрерывно перемешивается, одно и то же количество тепла нагревает их неодинаково. В конечном счете суша оказывается теплее воды. Но так ли это? Водная поверхность отражает только 5—10% приходящей от Солнца лучистой энергии, а поверхность суши — около 20%. Значит, в общем в толщу воды тепла поступает больше, чем к суше.

Может показаться, что более низкие температуры Южного полушария легко объяснить: просто здесь больше воды, чем суши. Действительно, летом материки нагреваются гораздо сильнее, чем океаны, и температура воздуха на них бывает на 10—12° выше, чем в среднем на той же широте. Однако охлаждение их зимой гораздо значительнее, так что, например, в январе температура в Сибири ниже средней широтной на 24°, а в Северной Америке — на 15°. Поэтому средняя годовая температура внутри материка ниже, чем на его побережье и тем более в открытом океане, и, значит, северное полушарие не может быть теплее южного вследствие этой причины.

Неодинаковые температурные условия этих полушарий объясняют и так: Земля движется вокруг Солнца не по кругу, а по вытянутому эллипсу. При этом в наиболее удаленной от Солнца точке она бывает в июле, т. е. во время зимы южного полушария, которая поэтому должна быть холоднее и продолжительнее, чем зима северного полушария.

Однако, говоря об этой причине, стоит задуматься не только о зимних, но и о летних условиях. В период антарктического лета, когда Земля ближе всего к Солнцу, солнечная радиация здесь повышена, и южное полушарие с избытком восполняет все то тепло, которое оно недополучило зимой. Именно Антарктида летом получает наибольшее из измеренного на земном шаре количество солнечной энергии. Здесь полюс максимального количества солнечного тепла, поступающего на земную поверхность в летние месяцы.

Итак, климатические особенности южного полушария нельзя объяснить ни характером распределения суши и морей на Земле, ни вытянутостью земной орбиты. Главный источник охлаждения южного полушария — Антарктида, огромный холодильник объемом около 28 млн. км³ с температурами до —80°. Влияние Антарктиды распространяется и на весь земной шар.

Ледники и географическая зональность

В противоположной — арктической — области земного шара также концентрируется много льда: грёнландский ледниковый покров, морские льды Северного Ледовитого океана. Они также охлаждают климат северного полушария, но значительно меньше. В Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова под руководством М. И. Будыко были проведены расчеты «освоения» Арктикой солнечного тепла в случаях, когда она покрыта льдом и когда свободна ото льда. Зимой солнечной радиации чрезвычайно мало, поскольку в это время Солнце не показывается из-за горизонта — здесь господствует полярная ночь. Но летом полярный день продолжителен и количество поступающей от Солнца лучистой энергии заметно больше, чем даже в районе экватора. Однако температуры остаются по-прежнему низкими, так как ледяной покров отражает до 80% приходящей энергии.

Все оказалось бы иначе, если бы ледяного покрова не было. Тогда почти все приходящее летом тепло осваивалось бы и температура в полярной области отличалась бы от тропической гораздо меньше. Значит, не будь вокруг земных полюсов материкового ледникового покрова Антарктиды и ледяного покрова Северного Ледовитого океана, на Земле не было бы привычного нам деления на природные пояса и весь климат нашей планеты был бы однообразнее.

С незапамятных времен, в течение всей тысячелетней истории человечества причина различий в климатах на Земле казалась ясной: чем выше поднимается солнце над горизонтом, тем жарче палят его лучи и тем более жарким становится климат. Поскольку Земля шарообразна, солнечные лучи падают на ее поверхность под углом, и чем ближе к полюсам, тем этот угол меньше. Древние греки впервые употребили слово «климат», что означало «наклон» солнечных лучей. Так до самого последнего времени объясняли происхождение географической зональности на Земле.

В действительности главная причина существования ярко выраженной географической зональности на Земле — распространение крупных массивов льда у полюсов. Они сами создают холод вокруг себя и не дают температуре подняться выше определенного предела. Но стоит им растаять, как в полярных областях станет гораздо теплее, а на берегах бывшего Северного Ледовитого океана и на поверхности свободной ото льда Антарктиды появится богатая растительность. Именно так и было на Земле в неогеновом периоде — совсем недавно с точки зрения геологической истории Земли. Всего

несколько миллионов лет назад на всей нашей планете был почти ровный мягкий климат.

В прошлые геологические эпохи на Земле гораздо чаще господствовал климат, подобный неогеновому, а климат, похожий на современный, был скорее исключением. Значит, более устойчивое состояние Земли — полное отсутствие на ее поверхности ледников. Можно представить себе и другое устойчивое состояние планеты — когда она целиком покрыта панцирем льда. Ведь ледники, раз образовавшись, в определенных условиях способны разрастаться сами: они понижают окружающую температуру и повышают уровень своей поверхности, тем самым попадая в более высокие и более холодные слои атмосферы. Откалывающиеся от крупных ледниковых покровов айсберги разносятся по океану, попадают в тропические воды. Там они тают, и воздух вокруг них охлаждается.

Представим себе, что образованию ледников ничто не препятствует. Тогда слой льда мог бы увеличить свою толщину до нескольких километров за счет воды из океанов, уровень которых непрерывно бы понижался. Постепенно все материки оказались бы подо льдом, температура на поверхности Земли понизилась бы примерно до -90° и органическая жизнь на Земле прекратилась. Если бы это случилось, Земля уже не вернулась бы в обратное состояние, и в нашей Солнечной системе, совсем недалеко от Солнца, продолжала бы свое движение планета, целиком покрытая льдом.

К счастью, этого не было на протяжении всей геологической истории Земли, и нет оснований считать, что такое оледенение может произойти в будущем. Нам повезло, мы живем в век наиболее значительных климатических контрастов и имеем возможность одновременно наблюдать тропический зной Африки и ледяное дыхание Антарктиды. Правда, наши современники ледники находятся сейчас в неустойчивом состоянии и рано или поздно должны, по-видимому, исчезнуть, чтобы затем под влиянием каких-то причин возникнуть вновь, как это было уже в начале четвертичного периода.

ЧЕЛОВЕЧЕСТВО И ЛЕДНИКОВЫЙ ПЕРИОД

Великое четвертичное оледенение

Всю геологическую историю Земли, которая длится уже несколько миллиардов лет, геологи разделили на эры и периоды. Последний из них, продолжающийся и сейчас, чет-

вертичный период. Он начался почти миллион лет назад и ознаменовался обширным распространением ледников на земном шаре — Великим оледенением Земли.

Под мощными шапками льда оказались северная часть Северо-Американского континента, значительная часть Европы, а возможно, также и Сибирь (рис. 10). В южном полушарии подо льдом, как и сейчас, находился весь Антарктический материк. Льда на нем было больше — поверхность лед-

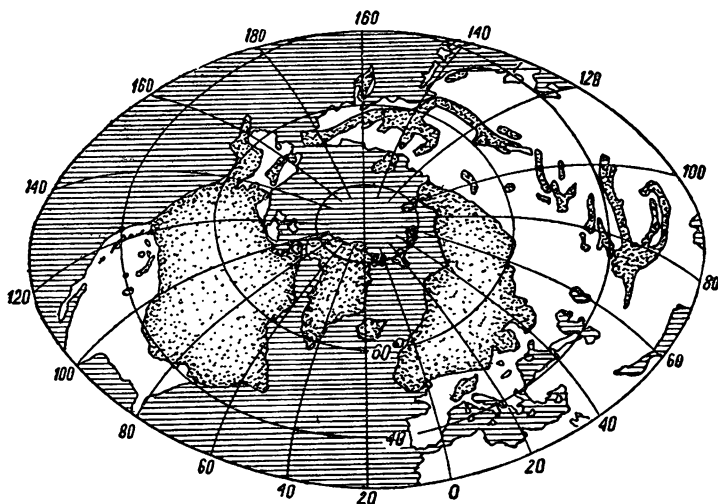


Рис. 10. Максимальное распространение четвертичного оледенения в северном полушарии.

никового покрова поднималась на 300 м выше своего современного уровня. Однако по-прежнему Антарктида со всех сторон была окружена глубоководным океаном, и льды не могли продвигаться к северу. Море мешало расти антарктическому гиганту, а материковые ледники северного полушария расползались к югу, превращая цветущие пространства в ледяную пустыню.

Человек ровесник Великого четвертичного оледенения Земли. Первые его предки — обезьянолюди — появились в начале четвертичного периода. Поэтому некоторые геологи, в частности русский геолог А. П. Павлов, предложили называть четвертичный период антропогеновым (по-гречески «антропос» — человек). Прошло несколько сот тысяч лет, прежде чем человек принял свой современный облик. Наступание ледников ухудшало климат и условия жизни древних людей, которые должны были приспосабливаться к окружающей их суровой природе. Людям приходилось вести оседлый образ

жизни, строить жилища, изобретать одежду, использовать огонь.

Достигнув наибольшего развития 250 тыс. лет назад, четвертичные ледники стали постепенно сокращаться. Ледниковый период не был единым на протяжении всего четвертичного времени. Многие ученые считают, что за это время ледники по крайней мере трижды совершенно исчезали, сменяясь эпохами межледниковья, когда климат был теплее современного. Однако на смену этим теплым эпохам вновь приходили похолодания, и ледники распространялись вновь. Сейчас мы живем, по-видимому, в конце четвертой стадии четвертичного оледенения. После освобождения Европы и Америки из-под льда эти материки стали подниматься — так земная кора реагировала на исчезновение ледниковой нагрузки, давившей на нее многие тысячи лет.

Ледники «уходили», и вслед за ними к северу распространялась растительность, животные и, наконец, селились люди. Поскольку ледники в разных местах отступали неравномерно, так же неравномерно расселялось и человечество.

Отступая, ледники оставляли после себя сглаженные скалы — «бараньи лбы» и валуны, покрытые штриховкой. Эта штриховка образуется от движения льда по поверхности скал. По ней можно определить, в какую сторону двигался ледник. Классическая область проявления этих черт — Финляндия. Ледник отступил отсюда совсем недавно, менее десяти тысяч лет назад. Современная Финляндия — это край бесчисленного множества озер, лежащих в неглубоких впадинах, между которыми поднимаются невысокие «курчавые» скалы (рис. 11). Здесь все напоминает о былом величии ледников, об их движении и огромной разрушительной работе. Закроешь глаза — и сразу представляется, как медленно, год за годом, столетие за столетием, ползет здесь мощный ледник, как выпаживает он свое ложе, отламывает огромные глыбы гранита и несет их на юг, в сторону Русской равнины. Не случайно, именно находясь в Финляндии, П. А. Кропоткин задумался над проблемами оледенения, собрал множество разрозненных фактов и сумел заложить основы теории ледникового периода на Земле.

Подобные же уголки есть и на другом «конце» Земли — в Антарктиде; недалеко от поселка Мирного, например, расположен «оазис» Бангера — свободный ото льда участок суши площадью в 600 км². Когда пролетаешь над ним, под крылом самолета поднимаются небольшие беспорядочные холмы, а между ними змеятся причудливой формы озера. Все так же, как в Финляндии и... совсем не похоже, потому что в «оазисе» Бангера нет главного — жизни. Ни одного деревца, ни одной травинки — только лишайники на скалах, да водоросли в озерах. Наверное, такими же, как этот «оазис», были когда-то все территории, недавно освободившиеся из-под

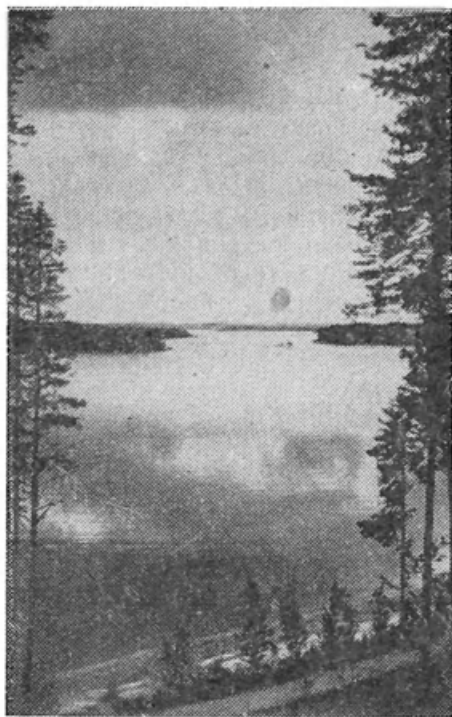


Рис. 11. Типичный ландшафт Финляндии — озера причудливой формы и моренные холмы.

льда. С поверхности «оазиса» Бангера ледник ушел всего несколько тысяч лет назад.

Четвертичный ледник распространялся и на территорию Русской равнины. Здесь движение льда замедлялось, он начинал все больше таять, и где-то на месте современного Днепра и Дона из-под края ледника вытекали мощные потоки талых вод. Тут проходила граница его максимального распространения. Позже на Русской равнине находили много остатков распространения ледников и прежде всего — крупные валуны, вроде тех, что часто встречались на пути русских былинных богатырей. В раздумье останавливались у такого валуна герои старинных сказок и былин, прежде

чем выбрать свою далекую дорогу: направо, налево или прямо пойти. Эти валуны издавна бередили воображение людей, которые не могли понять, как такие колоссы оказывались на равнине среди густого леса или бескрайних лугов. Придумывали различные сказочные причины, не обошлось и без «всемирного потопа», во время которого море будто бы принесло эти каменные глыбы. Но все объяснялось гораздо проще — огромному потоку льда мощностью в несколько сот метров ничего не стоило «подвинуть» эти валуны на тысячу километров.

Почти на полпути между Ленинградом и Москвой есть живописный холмисто-озерный край — Валдайская возвышенность. Здесь среди густых хвойных лесов и распаханых полей плещутся воды множества озер: Валдайского, Селигера, Ужино и других. Берега этих озер изрезаны, на них много островов, густо заросших лесами. Именно здесь проходила граница последнего распространения ледников на Русской равнине. Это ледники оставили после себя странные бесфор-

менные холмы, понижения между ними заполнили своими та-
лыми водами, и впоследствии растениям пришлось много по-
работать, чтобы создать себе хорошие условия для жизни.

О причинах великих оледенений

Итак, ледники на Земле были не всегда. Даже в Антарк-
тиде найден каменный уголь — верный признак того, что
здесь был теплый и влажный климат с богатой растительно-
стью. Вместе с тем геологические данные свидетельствуют о
том, что великие оледенения повторялись на Земле неодно-
кратно через каждые 180—200 млн. лет. Наиболее характер-
ные следы оледенений на Земле — особые породы — тил-
литы, т. е. окаменевшие остатки древних ледниковых морен,
состоящие из глинистой массы с включением крупных и мел-
ких штрихованных валунов. Отдельные толщи тиллитов мо-
гут достигать десятков и даже сотен метров.

Причины таких крупных изменений климата и возникно-
вление великих оледенений Земли до сих пор остаются загад-
кой. Высказано много гипотез, но ни одна из них не может
пока претендовать на роль научной теории. Многие ученые
искали причину похолодания вне Земли, выдвигая астроно-
мические гипотезы. Одна из гипотез — что оледенение возни-
кало, когда в связи с колебанием расстояния между Землей и
Солнцем изменялось количество солнечного тепла, получае-
мого Землей. Это расстояние зависит от характера движения
Земли по орбите вокруг Солнца. Предполагали, что оледене-
ние наступало тогда, когда зима приходится на афелий, т. е.
точку орбиты, наиболее далеко отстоящую от Солнца, при
максимальной вытянутости земной орбиты.

Однако последние исследования астрономов показали, что
только изменения количества солнечного излучения, попадаю-
щего на Землю, недостаточно, чтобы возник ледниковый
период, хотя такое изменение и должно иметь свои послед-
ствия.

Развитие оледенения связывают и с колебаниями актив-
ности самого Солнца. Гелиофизики уже давно выяснили, что
темные пятна, вспышки, протуберанцы появляются на Солнце
периодически, и даже научились предсказывать их возникно-
вление. Оказалось, что солнечная активность периодически из-
меняется; существуют периоды разной длительности: 2—3,
5—6, 11, 22 и около ста лет. Может так случиться, что куль-
минации нескольких периодов разной длительности совпадут,
и солнечная активность будет особенно велика. Так, напри-
мер, было в 1957 г. — как раз в период Международного гео-

физического года. Но может быть наоборот — совпадут несколько периодов пониженной солнечной активности. Это может вызвать развитие оледенения. Как мы увидим дальше, подобные изменения солнечной активности отражаются на деятельности ледников, но вряд ли они способны вызвать великое оледенение Земли.

Другую группу астрономических гипотез можно назвать космической. Это предположения, что на похолодание Земли влияют различные участки Вселенной, которые проходит Земля, двигаясь в космосе вместе со всей Галактикой. Одни считают, что похолодание происходит, когда Земля «проплывает» участки мирового пространства, заполненные газом. Другие — когда она проходит через облака космической пыли. Третьи утверждают, что «космическая зима» на Земле бывает, когда земной шар находится в апогалактии — точке, наиболее удаленной от той части нашей Галактики, где расположено больше всего звезд. На современном этапе развития науки нет возможности подкрепить фактами все эти гипотезы.

Наиболее плодотворны гипотезы, в которых причина изменения климата предполагается на самой Земле. По мнению многих исследователей, похолодание, вызывающее оледенение, может возникать в результате изменений в расположении суши и моря, под влиянием движения материков, из-за перемены направления морских течений (так, течение Гольфстрим ранее было отклонено выступом суши, простиравшимся от Ньюфаундленда к островам Зеленого мыса). Широко известна гипотеза, по которой во время эпох горообразования на Земле поднимавшиеся крупные массы континентов попадали в более высокие слои атмосферы, охлаждались и становились местами зарождения ледников. По этой гипотезе эпохи оледенения связаны с эпохами горообразования, более того, они обусловлены ими.

Климат может значительно меняться и в результате изменения наклона земной оси и перемещения полюсов, а также вследствие колебаний состава атмосферы: становится больше вулканической пыли либо меньше углекислого газа в атмосфере — и на Земле значительно холодает. В последнее время ученые стали связывать появление и развитие оледенения на Земле с перестройкой циркуляции атмосферы. Когда при одном и том же климатическом фоне земного шара в отдельные гористые районы попадает слишком много осадков, то там возникает оледенение.

Несколько лет назад американские геологи Юинг и Донн выдвинули новую гипотезу. Они предположили, что Северный Ледовитый океан, сейчас покрытый льдом, временами оттаивал. В этом случае с поверхности арктического моря, свободного ото льда, происходило усиленное испарение, а потоки

влажного воздуха направлялись к полярным областям Америки и Евразии. Здесь, над холодной поверхностью земли, из влажных воздушных масс выпадали обильные снега, не успевавшие растаять за лето. Так на материках возникли ледниковые покровы. Расползаясь, они спускались и к северу, окружая ледяным кольцом арктическое море. В результате превращения части влаги в лед уровень мирового океана понизился на 90 м, теплый Атлантический океан перестал сообщаться с Северным Ледовитым океаном, и тот постепенно замерз. Испарение с его поверхности прекратилось, снега на материках стало выпадать меньше, и питание ледников ухудшилось. Тогда ледниковые покровы стали оттаивать, уменьшаться в размерах, а уровень мирового океана повысился. Снова Северный Ледовитый океан стал сообщаться с Атлантическим океаном, воды его потеплели, и ледяной покров на его поверхности начал постепенно исчезать. Цикл развития оледенения начался сначала.

Эта гипотеза объясняет некоторые факты, в частности несколько наступаний ледников в течение четвертичного периода, но на главный вопрос: какова причина оледенений Земли,— она также не отвечает.

Итак, нам пока неизвестны причины великих оледенений Земли. С достаточной степенью достоверности можно говорить лишь о последнем оледенении. Обычно ледники сокращаются неравномерно. Бывают периоды, когда их отступление подолгу задерживается, а иногда они быстро продвигаются вперед. Подмечено, что подобные колебания ледников происходят периодически. Наиболее длительный период смены отступаний и наступаний продолжается многие столетия.

Некоторые ученые считают, что изменения климата на Земле, с которыми связано и развитие ледников, зависит от взаиморасположения Земли, Солнца и Луны. Когда три этих небесных тела находятся в одной плоскости и на одной прямой, резко возрастают приливы на Земле, изменяется циркуляция воды в океанах и движение воздушных масс в атмосфере. В конечном счете на земном шаре несколько возрастает количество выпадающих осадков и понижается температура, что приводит к росту ледников. Такое увеличение увлажненности земного шара повторяется через каждые 1800—1900 лет. Последние два таких периода приходились на IV в. до н. э. и первую половину XV в. н. э. Наоборот, в промежутке между этими двумя максимумами условия для развития ледников должны быть менее благоприятны.

На том же основании можно предположить, что в современную нам эпоху ледники должны отступать. Посмотрим, как в действительности вели себя ледники в последнее тысячелетие.

Развитие оледенения в последнее тысячелетие

В X в. исландцы и норманны, плавая по северным морям, обнаружили южную оконечность необозримо большого острова, берега которого заросли густой травой и высоким кустарником. Это так поразило моряков, что они назвали остров Гренландия, что означает «Зеленая страна».

Почему же таким цветущим был в то время ныне самый оледенелый на земном шаре остров? Очевидно, особенности тогдашнего климата привели к отступанию ледников, таянию морского льда в северных морях. Норманны смогли на небольших судах свободно проходить от Европы до Гренландии. На берегу острова были основаны поселки, но просуществовали они недолго. Ледники вновь стали наступать, «ледовитость» северных морей возросла, и попытки в последующие века достичь Гренландии обычно кончались неудачей.

К концу первого тысячелетия нашей эры сильно отступили и горные ледники в Альпах, на Кавказе, в Скандинавии и Исландии. Стали проходимы некоторые перевалы, раньше занятые ледниками. Освободившиеся от ледников земли начали возделывать. Проф. Г. К. Тушинский недавно обследовал развалины поселений алан (предков осетин) на Западном Кавказе. Оказалось, что многие постройки, относящиеся к X в., находятся в местах, ныне совершенно не пригодных для жилья из-за частых и разрушительных сходов лавин. Значит, тысячу лет назад не только ледники «отодвигались» ближе к гребням гор, но и лавины здесь не сходили. Однако в дальнейшем зимы стали все более суровыми и снежными, лавины начали падать все ближе к жилым постройкам. Аланам пришлось строить специальные противолавинные дамбы, их остатки можно видеть и сейчас. В конце концов, жить в прежних селениях оказалось невозможно, и горцам пришлось селиться ниже по долинам.

Близилось начало XV в. Условия жизни становились все суровее, и наши предки, не понимавшие причин такого похолодания, очень тревожились за свое будущее. Все чаще в летописях появляются записи о холодных и трудных годах. В Тверской летописи можно прочесть: «В лето 6916 (1408 г.)... бе же тогда зима тяжка и студено зело, снежна преизлишне», или «В лето 6920 (1412 г.) зима была бысть снежна вельми, и потому на весну бысть вода велика и сильна». В Новгородской летописи сказано: «В лето 7031 (1523 г.)... то же весны, на Троицын день, пала туча снега велика, да лежал снег на земли 4 дни, да много мерзло живота, коней и коров, и птицы мерли в лесу». В Гренландии из-за наступившего похолодания к середине XIV в. перестали

заниматься скотоводством и земледелием; связь между Скандинавией и Гренландией нарушилась из-за обилия морского льда в северных морях. В отдельные годы замерзало Балтийское и даже Адриатическое море. Начиная с XV и вплоть до XVII в. горные ледники наступали в Альпах и на Кавказе.

Последнее большое наступание ледников относится к середине прошлого столетия. Во многих горных странах они продвинулись довольно далеко. Путешествуя по Кавказу, Г. Абиш в 1849 г. обнаружил следы быстрого наступания одного из ледников Эльбруса. Этот ледник вторгся в сосновый лес. Многие деревья были поломаны и лежали на поверхности льда или торчали сквозь тело ледника, а кроны их были совершенно зелеными. Сохранились документы, повествующие о частых ледяных обвалах с Казбека во второй половине XIX в. Иногда из-за этих обвалов нельзя было проехать по Военно-Грузинской дороге. Следы быстрых наступаний ледников в это время известны почти во всех обжитых горных странах: в Альпах, на западе Северной Америки, на Алтае, в Средней Азии, а также в Советской Арктике и в Гренландии.

С приходом XX столетия на земном шаре почти повсеместно начинается потепление климата. Оно связано с постепенным увеличением солнечной активности. Последний максимум солнечной активности был в 1957—1958 гг. В эти годы наблюдалось большое количество солнечных пятен и чрезвычайно сильных вспышек на Солнце. В середине нашего столетия совпали максимумы трех циклов солнечной активности — одиннадцатилетнего, векового и сверхвекового. Не следует думать, что усиление активности Солнца приводит к увеличению тепла на Земле. Нет, так называемая солнечная постоянная, т. е. величина, показывающая, сколько тепла приходит на каждый участок верхней границы атмосферы, остается неизменной. Но усиливается поток заряженных частиц от Солнца к Земле и общее воздействие Солнца на нашу планету, и интенсивность циркуляции атмосферы на всей Земле увеличивается. К полярным областям устремляются потоки теплого и влажного воздуха из тропических широт. А это приводит к довольно резкому потеплению. В полярных областях резко теплее, а затем теплеет и на всей Земле.

В 20—30-х годах нашего столетия средняя годовая температура воздуха в Арктике возросла на 2—4°. Граница морских льдов отодвинулась к северу. Северный морской путь стал проходимее для морских судов, срок полярной навигации удлинился. Ледники Земли Франца-Иосифа, Новой Земли и других арктических островов за последние 30 лет быстро отступают. Именно в эти годы разрушился один из последних шельфовых ледников Арктики, находившийся на Земле Элсмира. В наше время ледники отступают и в подавляющем большинстве горных стран.

Еще несколько лет назад почти ничего нельзя было сказать о характере изменения температур в Антарктике: здесь было слишком мало метеорологических станций и почти совсем не было экспедиционных исследований. Но после подведения итогов Международного геофизического года стало ясно, что в Антарктике, как и в Арктике, в первой половине XX в. температура воздуха повышалась. Этому есть несколько интересных доказательств.

Старейшая антарктическая станция — Литл-Америка на шельфовом леднике Росса. Здесь с 1911 по 1957 г. средняя годовая температура повысилась более чем на 3°. На Земле Королевы Мери (в районе современных советских исследований) за период с 1912 г. (когда здесь проводила исследования Австралийская экспедиция под руководством Д. Моусона) по 1959 г. средняя годовая температура возросла на 3,6°.

Мы уже говорили, что на глубине 15—20 м в толще снега и фирна температура должна соответствовать средней годовой. Однако в действительности на некоторых внутриматериковых станциях температура на этих глубинах в скважинах оказалась на 1,3—1,8° ниже, чем средние годовые температуры за несколько лет. Интересно, что с углублением в эти скважины температура продолжала понижаться (вплоть до глубины 170 м), тогда как обычно с увеличением глубины температура горных пород становится выше. Такое необычное понижение температуры в толще ледникового покрова — отражение более холодного климата тех лет, когда происходило отложение снега, оказавшегося теперь на глубине нескольких десятков метров. Наконец, очень показательное, что крайняя граница распространения айсбергов в Южном океане сейчас располагается на 10—15° широты южнее по сравнению с 1888—1897 гг.

Казалось бы, такое существенное увеличение температуры за несколько десятилетий должно привести к отступанию антарктических ледников. Но тут-то и начинаются «сложности Антарктиды». Частично они связаны с тем, что мы еще слишком мало о ней знаем, а частично объясняются и большим своеобразием ледяного колосса, совершенно не похожего на привычные нам горные и арктические ледники. Попробуем все же разобраться в том, что происходит сейчас в Антарктиде, а для этого познакомимся с ней поближе.

АНТАРКТИДА — ОКНО В ПРОШЛОЕ ЗЕМЛИ

Можете ли вы себе представить идеальную равнину? Пожалуй, нет: поверхность Земли всегда хоть чуть-чуть, но неровная, и всегда на ней что-нибудь растет. А вот центральные районы Антарктиды и есть пример такой равнины. Здесь,

куда ни глянь, расстилается безбрежное ровное море снега, и уклон в сторону моря совершенно не заметен на глаз (рис. 12). А ведь Антарктида расположена на высоте 3000—3500 м над уровнем моря; на такие высоты в Европе и Азии поднимаются лишь отдельные хребты.



Рис. 12. Ровная поверхность в центральной части ледникового покрова. Этот снимок сделан на Новой Земле. Так же выглядят центральные районы Антарктиды и Гренландии.

Чтобы добраться до центральных районов материка, отстоящих от моря на 1000—1500 км, нужно совершить трудный путь по снежной пустыне на санно-тракторном поезде. В начале нашего столетия Р. Амундсен добирался до Южного полюса на собаках и лыжах. Теперь эти романтические времена прошли. В наше время вверх к центру материка движутся мощные тягачи, но и им приходится затратить на весь путь около двух месяцев. За это время участники похода постепенно привыкают и к высоте, и к сильным морозам, и к другим особенностям этих районов. Труднее приходится тем, кто делает молниеносный скачок от берега моря до центра материка на самолете. Ведь в этом случае всего за несколько часов человек попадает из земной в «космическую» обстановку.

Слово «космическая» употреблено не случайно. Именно таким было первое впечатление после приземления самолета на станции Комсомольской, лежащей почти в 900 км от края материка. Открыли люк самолета, и нас окутал неподвиж-

ный, холодный, какой-то неземной воздух. Сердце застучало неровно и странно, сил убавилось вдвое — двухсоткилограммовую бочку с горючим, которую в Мирном мы легко вкатывали в самолет вдвоем, здесь с трудом разворачивали четыре человека. А кругом — ни малейшего дуновения ветерка и никаких звуков. Полное впечатление, что ты не на Земле, а где-либо на Марсе. Кстати, и температура вполне марсианская: не выше 60° мороза.

В царстве вечного мороза

Отойдем от стационарных зданий и взглянем на девственный облик антарктического ледника. Трудно идти по снегу, при каждом шаге нога утопает выше колена. Снег на поверхности очень рыхлый, — ветры здесь дуют редко и почти не уплотняют его. В воздухе носятся мельчайшие ледяные кристаллики, имеющие форму узких и длинных игл. Они постепенно оседают и образуют то, что мы называем снежным покровом. Но откуда они выпадают? Ведь настоящих облаков здесь не бывает почти никогда — ни зимой, ни «летом». Оказывается, из-за низкой температуры воздуха даже небольшое количество влаги, которое содержится в воздухе, превращается в кристаллики льда, которые и падают вниз. И хотя этот процесс, почти не прекращаясь, продолжается круглый год, всего снега за год здесь выпадает лишь 50—60 мм (в слое воды) — в 10 раз меньше, чем под Москвой. Этот снег совершенно не тает, так как температура даже летом не поднимается выше 30° мороза. Год за годом растет снежно-фирновая толща, и примерно через тысячу лет на глубине свыше 100 м она превращается в лед.

А над поверхностью ледникового покрова скапливается очень холодный воздух. Чем дальше от центра континента, тем больше растет уклон поверхности. Тяжелый холодный воздух катится под уклон со все возрастающей скоростью, и к побережью он приходит сильнейшим ветром. Эти ветры называют стоковыми. Они господствуют в прибрежных районах большую часть года, особенно зимой. Воздушные массы, поступающие сюда с океана, содержат много влаги. Поэтому часто идет снег, а под действием ветров возникают сильнейшие метели — «близзарды» (так американцы называют сильную метель при очень низких температурах воздуха). Такие метели, пожалуй, больше нигде на Земле не встречаются, разве что в Гренландии. Во время близзардов мельчайшая снежная пыль иногда поднимается на десятки метров и надолго остается в воздухе даже после прекращения ветра. На поверхности откладывается много снега — в некоторых местах до 600 мм в год. Поэтому питание ледника в

прибрежных районах происходит во много раз быстрее, чем внутри материка.

Ежегодно над Антарктидой выпадает свыше 2000 млрд. т снега. Это очень много. Представьте себе два огромных куба, каждый длиной, шириной и высотой по 10 км, заполненных до краев водой. Ежегодно вся эта вода, превратившись в снег, попадает на поверхность ледникового покрова и служит источником его питания. Ледник может оставаться в равновесии лишь в том случае, если такая же масса вещества будет с него удаляться. Антарктический материковый лед не тает, он постепенно движется к берегу океана, и здесь от него откалывается бесчисленное количество айсбергов, разносящихся по всему Южному океану. Правда, при соприкосновении плавучих шельфовых ледников с морской водой лед с их нижней поверхности медленно стает, но по сравнению с количеством отколовшихся айсбергов такого стаявшего льда совсем немного.

Растет ли ледниковый покров Антарктиды

Еще несколько лет назад антарктический щит считали малоактивным, малоподвижным образованием, и этим объясняли его необыкновенную живучесть — ему, возможно, уже более миллиона лет. Теперь ясно, что такая точка зрения неправоильна. Чтобы уравновесить те 2000 млрд. т воды, которые ежегодно попадают на поверхность щита, у своего края он должен двигаться со скоростью не менее 400 м в год. Это очень большая скорость, особенно если учесть, что даже самые крупные горные ледники движутся гораздо медленнее.

В Антарктиде, как мы уже видели, быстрее всего движутся выводные ледники. Однако они соприкасаются с морем лишь на десятой части береговой черты Антарктиды. Остальные девять десятых края ледникового покрова движутся очень медленно. Маловероятно, что средняя скорость движения края антарктического ледника превышает 400 м в год. Скорее всего, она меньше этой величины.

Но если это действительно так, значит, часть ежегодно выпадающего над Антарктидой снега остается в ее пределах, и антарктический ледниковый покров год от года растет. Такой несколько неожиданный вывод получили ученые разных стран после исследований в период Международного геофизического года. Он противоречил установившемуся мнению, что сейчас повсюду на земном шаре ледники отступают. Противоречил он и наблюдениям в прибрежных районах Антарктиды, где обнаружено отступление некоторых ледников.

Действительно, у берегов Антарктиды сейчас не найдешь плавучих ледников, мимо которых проходили корабли еще

несколько десятилетий назад. Отступил к югу и Великий ледниковый барьер, который в 1840 г. увидел Джемс Росс. Местами недалеко от берега моря ледниковая поверхность за последние 50 лет понизилась на несколько метров. Эти факты говорят о сокращении ледников. Но можно привести немало данных и о неизменном положении ледникового края в течение по крайней мере нескольких десятилетий. Некоторые участки побережья Антарктиды были сфотографированы в начале XX в. Последующие экспедиции постарались сделать фотоснимки ледника с тех же точек; каково же было удивление ученых, когда изображение, сделанное спустя 50 лет, оказалось почти точной копией прошлого! Такая копия могла быть, только если ледник за это время оставался неизменным.

Много интересного принесли наблюдения за лишайниками, встречающимися в Антарктиде у самой границы скал со льдом. Лишайники даже в условиях умеренного климата расселяются много лет, и поэтому на умеренных и арктических ледниках отчетливо выделяется лишайная растительности полоса, с которой ледник отступил за последние 30—40 лет. Конечно, в суровых антарктических условиях лишайники не могут распространяться быстрее. Значит, то, что они растут на скалах рядом со льдом, как и резко выраженное разрушение пород в результате морозного выветривания непосредственно до подножья скал, говорит о том, что в последние десятилетия ледниковый покров Антарктиды не отступает.

Возможно ли, чтобы одновременно с отступанием большинства горных и арктических ледников самый крупный ледниковый покров нашего времени — антарктический — оставался в равновесии, а может быть, даже и наступал? Такую возможность еще в начале нашего столетия предположил Р. Скотт. Он считал, что наступание оледенения — результат смягчения климата, а не следствие понижения температуры. Из-за потепления в полярные районы и на Антарктический материк приходит более теплый и влажный воздух. Однако повышение температуры на несколько градусов не вызовет таяния льда во внутренних районах материка, где обычны морозы в 30—40°, в то время как увеличение влаги приводит к обильным снегопадам. В результате количество снега здесь должно расти, а оледенение увеличиваться. А на небольших ледниках, где летом температура держится около нуля и бывает даже выше, из-за потепления увеличится таяние и ледники сократятся.

Это гипотеза не общепризнанная, потому что механизм влияния изменений климата на ледники полностью не изучен. Если температура льда увеличится и климат потеплеет, то лед станет пластичнее, будет быстрее двигаться — в результате увеличится образование айсбергов. Расчеты проф.

П. А. Шумского показывают, что в этом случае расход льда превысит его питание и ледник будет отступать.

Ежегодное превращение в лед больших масс воды и их консервация в растущем ледниковом покрове Антарктиды должны были бы регулярно понижать уровень Мирового океана. Вместо этого уровень моря в течение XX в. постоянно растет со скоростью около 2 мм в год. Это серьезно противоречит мнению о современном росте антарктического ледникового покрова. Однако такой подъем уровня моря может быть вызван изменением очертаний и увеличением размеров материков, поднятием океанического дна, непрерывным отложением осадков на дне морей, нагреванием морской воды и ее тепловым расширением, происходящим вследствие современного потепления климата Земли. К небольшому увеличению воды в океанах приводит и появление «молодой» воды, поступающей из недр Земли. Наконец, уровень океана увеличивается за счет таяния и уменьшения большинства горных и арктических ледников. Как видите, причин много. Таким образом, несмотря на постоянный рост уровня моря, можно предположить, что сейчас ледниковый покров Антарктиды находится в неустойчивом равновесии, а возможно и увеличивается в своих центральных областях. Весьма возможно, что крупнейший ледниковый покров северного полушария — гренландский — также близок к состоянию равновесия.

Итак, гренландский и особенно антарктический ледниковые покровы ведут себя совсем не так, как большинство других ледников. Это можно объяснить в первую очередь их огромной величиной. Подобные различия в режиме ледников, различающихся своим размером, были и в прошлом — в разгар четвертичного оледенения. Североамериканский ледниковый покров, который больше по размерам, дольше оставался активным и растаял гораздо позже, чем ледниковый покров Северной Европы. А окруженный со всех сторон морем антарктический ледниковый покров и до сих пор находится в благоприятных условиях для своего развития. В современном климате он просуществует еще не один десяток тысяч лет. Здесь, в центре южного полушария, продолжается ледниковый период. А коль скоро Антарктида не собирается снимать с себя свое ледяное покрывало, и даже наоборот, возможно, делает его более мощным, не есть ли это признак начинающегося разрастания ледников? Не грозит ли нам новый ледниковый период?

ЛЕДНИКИ — ГРОЗНОЕ ЯВЛЕНИЕ ПРИРОДЫ

Вопрос, поставленный в предыдущей главе, с первого взгляда кажется несерьезным. О каком новом ледниковом периоде может идти речь, если во всех обжитых местах в наше

время ледники отступают? Но не будем торопиться с выводами. При современных климатических условиях возможны во всяком случае небольшие наступания отдельных ледников. И даже эти небольшие наступания могут вредить народному хозяйству. Ведь с развитием техники человек все дальше углубляется в горы, где его ждут новые полезные ископаемые, гигантские запасы энергии рек.

Все чаще через горы приходится строить железные дороги и шоссе, нефте- и газопроводы, радиорелейные линии и линии высоковольтных передач. Высоко в горах появляются сначала одинокие палатки и домики, но проходит несколько лет, и на их месте вырастает большой рабочий поселок. А рядом с ним, на несколько сот метров выше, слышится грохот ледяных обвалов и шум низвергающихся лавин. Там логово ледника — то мирно спящего, то неистовствующего великана, от которого можно ждать любой неожиданности. Жителям горной долины приходится постоянно быть начеку, чтобы вовремя заметить приближающийся паводок на реке, берущей начало с ледника, или резкое движение вперед самого ледника.

Катастрофические наступания ледников

Именно таким было внезапное пробуждение в 1963 г. ледника Медвежьего, спускающегося с западного склона самого высокого на Памире хребта Академии наук. Ледник Медвежий — сосед ледника Федченко, но гораздо меньше его. На высотах 4200—5500 м над уровнем моря в нескольких замкнутых цирках находится область его питания. Образующийся здесь лед имеет только один выход — в долину реки Хирсдары, куда он выливается узким семикилометровым языком, спускающимся до высоты 3000 м. Ледник Медвежий обычно движется со скоростью 200—400 м в год, т. е. не более 1 м в сутки.

22 апреля 1963 г. скорость движения ледника внезапно возросла более чем в 100 раз. Теперь лед проходил за сутки расстояние в 100 м и быстро продвигался вниз по долине. Чуть больше месяца понадобилось ему, чтобы удлинить свой язык на 2 км. Он перегородил боковую долину реки Абдукагор, — здесь начало образовываться озеро. Воды другой подпруженной реки нашли силы «пропилить» себе канал между ледником и склоном долины.

К началу июня глубина озера, наполненного рекой Абдукагор, достигла 80 м и продолжала расти со скоростью 15 см/час. 18 июня под напором воды ледяная плотина начала разрушаться, и на следующий день перелившаяся вода про-

рвала все ледяные преграды и устремилась вниз по долинам Абдукагора и Ванча. Расход потока достигал $1000 \text{ м}^3/\text{сек.}$ В 80 км ниже по течению в поселке Ванч вода поднялась на несколько метров и сильно возросла скорость ее течения: поток нес с собой крупные ледяные и каменные глыбы. За несколько часов озеро перестало существовать. «Буйство» Медвежьего продолжалось весь июнь, но постепенно стихало. В первых числах июля он успокоился. И хотя особой катастрофы продвижение ледника не вызвало, урон был велик, разрушены постройки и нарушена жизнь в поселке Дальнем.

Продвижение Медвежьего летом 1963 г. было не самым крупным из известных. Но это было первое наступание, которое непосредственно наблюдали и исследовали ученые. Около десяти лет назад резко двигались вперед ледники Семенова и Мушкетова на Тянь-Шане. Каждые 80—100 лет ледник Фернагтфернер в Альпах начинает продвигаться вперед и, перегораживая 140-метровой плотиной Рофнерскую долину, образует крупное озеро, которое затем катастрофически быстро спускается.

Самое крупное из известных продвижений ледников произошло в 1953 г. в горах Каракорума. В конце марта в верховьях долины, упирающейся в заполненные снегом и льдом цирки южного склона горного массива Харамош (7397 м), вдруг ожили сразу три ледника. 21 марта они начали выносить в долину огромные массы льда и, слившись в единый поток — ледник Кутиах, заполнили льдом долину на всю ее ширину — около 3 км. Этот ледник двигался вниз по долине, ломая вековые деревья и переворачивая огромные глыбы. В отдельные дни он проходил по 130 м в сутки, или по 5,5 м в час. За три месяца он продвинулся вниз по долине на 12 км и лишь к середине июня успокоился. Затем этот громадный язык начал медленно таять и постепенно отступать к исходным рубежам.

Причины таких грозных продвижений ледников до сих пор окончательно не выяснены. Некоторые ученые предполагали, что «виноваты» в них землетрясения. Отдельные продвижения льда, возможно, и связаны с этим. Однако в большинстве случаев они не только не сопровождались даже небольшими землетрясениями, но часто происходили в районах, где их вообще не бывает — например на Шпицбергене. Несостоятельны попытки объяснить стремительное движение льда тем, что в области питания ледника откладываются большие массы снега в многоснежные зимы. Данные немногочисленных метеорологических станций, работающих в районе ледников, не показывают такой зависимости. Бывают годы, когда за зиму выпадает снега в два раза больше, чем обычно, и тем не менее ледник остается спокойным; но бы-

вает и наоборот: снега зимой выпадает очень немного, а ледник резко наступает.

Гляциологи, посетившие летом 1963 г. ледник Медвежий, выяснили, что он наступает через каждые 12—14 лет. Местные жители рассказали, что не менее чем на километр за несколько дней ледник продвигался в 1951 и в 1937 гг. В результате проведенных наблюдений было предложено новое, наиболее правдоподобное объяснение этого явления.

За несколько лет (на Медвежьем это немногим больше десятилетия) в области питания ледника накапливается снега больше, чем вытекает оттуда льда. С каждым годом масса отлагающегося снега и льда растет. Наконец, нагрузка превышает определенный предел, скорость течения льда резко возрастает и излишнее его количество сбрасывается в долину. С увеличением толщины снежного одеяла, прикрывающего сверху область питания ледника, под ледником появляется вода. Она действует на ледник как «смазка» и тоже увеличивает скорость его движения. Когда часть льда уйдет и равновесие восстановится, ледник «успокаивается» на определенный срок. Теперь, когда выяснилось, что ледник «изливается» периодически, стало возможным предсказывать, когда он снова двинется вперед. На Медвежьем этого теперь надо ожидать в 1975—1977 гг.

Ледниково-подпрудные озера и сели

Хозяйственной деятельности человека в горах угрожают ледниково-подпрудные озера. Они возникают либо рядом с ледником, когда он «подпруживает» боковые речки и ручьи, либо в понижении долины,— тогда их образуют талые воды, стекающие с ледника. Такие озера часто встречаются на Тянь-Шане и Аляске, в Арктике и Альпах, в Норвегии и Исландии, в Патагонии и Каракоруме.

С первого взгляда безобидные, эти небольшие озера таят в себе страшную опасность. Ведь часть их берегов состоит из очень непрочного материала — льда, который легче воды и к тому же при соприкосновении с ней тает. Как только толщина слоя воды достигает $\frac{9}{10}$ мощности ледника, лед начинает всплывать, а вода устремляется под него. Она размывает лед, образуя в леднике широкий тоннель. Как правило, прорывы таких озер происходят регулярно раз в 1—2 года, и вниз устремляется большой водный поток. При спуске озера Тулсеква в Канаде расходуется 1500 м³/сек воды потока. В Исландии при прорыве озера Ватнсдалсфьядль водный поток несет 3000 м³/сек, а при прорыве озера Греналоун — даже

6000 м³/сек. Низвергающиеся воды размывают глубокие ущелья, ложбины и тоннели, образуют «исполиновые котлы» и выносят на равнины гигантские глыбы горных пород.

Прорывы озер бывают обычно совершенно неожиданными и поэтому особенно опасными для жителей близлежащих селений. Они изменяют окружающий ландшафт. В районе залива Благополучия на Новой Земле в 1952 г. была проведена аэрофотосъемка. Из-за плохой погоды съемочный самолет в этих местах пролетал дважды — 21 и 25 июля, и оба раза было сделано по снимку озер Ольгинского и Высокого, подпруженных ледниками. Оказалось, что в один из этих июльских дней озера прорвались, и контуры их изменились. 21 июля уровень озера Ольгинского был максимальным, а поверхность озера Высокого оказалась уже на 2—3 м ниже; видимо, совсем недавно начался медленный спуск озера. 25 июля котловина Высокого площадью 1,85 км² и глубиной до 60 м была уже совершенно сухой. Уровень озера Ольгинского упал примерно на 10—12 м, а площадь его сократилась с 8,1 до 5,2 км².

В заполненном состоянии поверхность озера Высокого лежит на высоте 205 м над уровнем моря, а озера Ольгинского — на высоте 25 м. Видимо, прорыв озера Ольгинского был вызван быстрым подъемом его уровня из-за внезапного поступления в него вод озера Высокого. За 1,5—2 суток из этих озер было сброшено около 125 млн. м³ воды.

В необжитых районах Арктики даже такие грандиозные прорывы озер не приносят особого вреда. Другое дело — спуск озер в долины, где живут люди. Здесь они часто кончаются катастрофами. В 1941 г. интенсивное таяние ледников в Перуанских Андах привело к чрезмерному заполнению водой озер, подпруженных ледниками и моренами. Озеро Палькачоча в верховьях долины Коуп было прорвано, воды его устремились вниз по долине и разрушили город Уарас. При этом погибло около 6000 человек.

Сильные паводки на реках, вытекающих с ледников, бывают не только от прорывов озер. Бывают годы, когда летом условия для таяния складываются особенно благоприятно; почти ежедневно светит яркое летнее солнце и не идет снег. В такие годы сезонный снег быстро стает и начинает таять лед. Горные речки вздуваются, несут большое количество мутной белесой воды. И хотя в таких случаях обычно обходится без человеческих жертв, урон бывает большой: на реках сносятся мосты и переправы, размываются дороги, гибнет скот.

Разрушительны паводки в вулканических районах. Здесь нередко ледники лежат рядом с кратерами вулканов. Во время извержений лед превращается в воду, низвергающуюся вниз по склонам. В стране льда и огня — Исландии — к

таким «йокульхлаупам», как здесь называют вулканические наводнения, давно привыкли. В некоторых местах они бывают очень регулярно и люди знают множество признаков, свидетельствующих о приближении «потопа». Однако на склонах вулканов случаются и внезапные паводки. В декабре 1953 г. было спущено озеро, находящееся в кратере вулкана Руапеху (Новая Зеландия). Один небольшой участок берега этого озера был сложен смесью вулканического пепла и фирна. Именно это слабое место и прорвали теплые воды озера. Они устремились вниз по ледниковой долине, по пути разрушили железнодорожную насыпь и повредили мост. Результатом этого паводка было крушение пассажирского поезда — погибло свыше 150 человек.

В горных ледниковых районах повседневно приходится встречаться и с таким грозным явлением, как сели. Сели — это быстро движущиеся и разрушительные грязекаменные потоки. Не все они связаны с ледниками, но многие из них бывают ледниковыми. Очень часто сели возникают в результате спуска ледниково-подпрудных озер и прорыва внутренних полостей в ледниках, заполненных водой. Сейчас, когда отступают многие горные ледники, на месте их бывшего распространения остаются участки так называемого «мертвого льда» и рыхлых моренных отложений, насыщенных талыми водами. После сильных ливней эти наносы начинают течь вниз по склону, скорость потока увеличивается — и вскоре вниз уже несется лавина камней, воды и влажного грунта. Сила этого потока громадна: он сметает все на своем пути, а то, что не успевает разрушить, засыпает камнями и грязью.

Особенно опасны сели, которые сходят в густонаселенные долины. Сели постоянно угрожают Алма-Ате. В 1921 г. из долины реки Малой Алматинки сошел крупный сели и разрушил большую часть города. Такие нашествия на Алма-Ату возможны и сейчас. Поэтому разрабатывается проект создания искусственной противоселевой дамбы, которая будет задерживать селевые потоки и не пускать их к городу. Для этого собираются произвести грандиозный взрыв и обрушить гору породы в долину реки.

Обвалы ледников

В горах с резко пересеченным рельефом нередко случаются обвалы ледников. Особенно часто они бывают при наступлении ледников. Вызывают обвалы землетрясения, прорывы ледниково-подпрудных озер, интенсивное летнее таяние льда. В конце лета 1895 г. в Бернских Альпах оторвался кусок языка Ательского ледника, спускавшегося по склону под углом приблизительно 30°. Масса льда объемом около

4 млн. м³ свалилась на широкую поляну, занимавшую 275 га, и медленно таяла на ней.

В первой половине XIX в., когда на Кавказе начали быстро наступать ледники, участились ледниковые завалы на Военно-Грузинской дороге. В 1808, 1817, 1832, 1842 и 1855 гг. обваливались огромные глыбы льда с Девдоракского ледника (недалеко от Казбека). Подобный же обвал был на Кавказе совсем недавно — 20 августа 1960 г. обвалился ледник Муркар, лежащий на северном склоне горы Базар-Дюзи в Дагестане. 30 минут продолжался грохот, а затем по долине реки Сельды с огромной скоростью прошла волна высотой 4 — 5 м, тащившая огромные глыбы льда. Под действием удара масс фирна и льда, упавших с вершины горы, язык ледника продвинулся на 300 м вниз по долине, перегородил русло р. Сельды и образовал озеро, которое впоследствии прорвалось и вызвало разрушительную волну.

Трещины на ледниках

Все эти случаи — результат беспокойных периодов в жизни ледника. Но и в спокойном виде ледники далеко не так безобидны, как кажется издали. Опаснее всего на леднике — многочисленные трещины, рассекающие его тело иногда на многие десятки метров (рис. 13). Основная причина появления трещин на леднике — напряжения во льду. Они появ-



Рис. 13. Облик выводного ледника — хаос ледяных глыб, рассеченных трещинами.

ляются при резких изменениях скоростей движения ледника, когда он течет по неровному подстилающему ложу. Особенно много трещин появляется в тех местах, где ледник пересекает холмистую грядку или из узкой части долины переходит в широкую и т. п. В каждом конкретном случае ледник может раскалываться по самым разнообразным причинам, и поэтому трещины бывают далеко не одинаковы: косые (диагональные), поперечные, продольные (по отношению к движению ледника) и т. д.

Зимой коварные расщелины перекрываются снежными мостами, которые к концу зимы обычно довольно прочны, но по мере таяния становятся все тоньше. К середине лета, когда устанавливается самая хорошая погода и на леднике появляются люди — исследователи, туристы, альпинисты — ходить по леднику становится особенно опасно: трещин еще не видно, но мосты уже всего лишь слабые перемиčky, не выдерживающие человека.

Чем быстрее движется ледник, тем больше трещин пронизывает его толщу. В Антарктиде наиболее трещиноваты выводные ледники. С самолета по расположению трещин на поверхности ледника хорошо видно, где находятся «берега» выводных ледников, за пределами которых ползет малоподвижный материковый лед. Гораздо хуже видны эти берега, когда находишься на самом леднике, особенно у истоков выводных ледников.

Недалеко от Мирного к морю выползает сравнительно небольшой выводной ледник Хелен. Дорога от Мирного к внутриконтинентальным станциям проходит в нескольких километрах от этого ледника, на ней нет трещин. Но приходилось смотреть в оба, особенно в ненастную погоду, чтобы случайно не сбиться с пути и не угодить в ледниковый плен. И все же однажды ледник Хелен чуть было не захватил в свои лапы наших исследователей.

Заканчивался апрель 1957 г. С Пионерской к Мирному возвращался санно-тракторный поезд, торопясь успеть в поселок к 1 мая. Оставалось немногим более 100 км и всего несколько апрельских дней. Погода стояла отвратительная, и поезду почти всю дорогу приходилось идти вслепую, с помощью компаса и радиолокационных приборов. Позади остался ветреный пояс Антарктиды, огромные, двухметровые, твердые как камень заструги, на которых машины резко бросало из стороны в сторону — качка была похуже морской. Ближе к берегу поверхность стала ровнее. Здесь она покрыта большими сугробами свежего рыхлого снега. Тягачи по ней продвигались медленно и спокойно. Но вот однажды ночью характер движения изменился; теперь тягачи шли как будто по застывшим волнам — то медленно поднимались на гребень, то резко уходили вниз, чтобы затем снова взобраться

на следующий гребень. Это было так неожиданно и необычно, что даже спящие проснулись. Внезапно на четвертой машине вверх взвились две ракеты — сигнал к остановке движения. Вся армада тягачей резко встала, а участники похода отправились во тьму выяснить, что произошло.

А произошло непредвиденное: огромный тягач беспомощно висел одной гусеницей над зияющей трещиной. Другая его гусеница была на поверхности снега, но это был всего лишь снежный мост, перекрывающий провал почти пятиметровой ширины.

Весь тягач целиком сидел над трещиной; стоило податься этому мосту, — и тягач полетел бы вниз неизвестно на сколько десятков метров. Однако пока мост держал и казался крепким. Решили осторожно подвести к этой трещине ближайший тягач и попытаться тросом вытянуть пленника. Но стоило сдвинуться с места другому тягачу, как через несколько метров и он оказался примерно в таком же положении: одной гусеницей над бездонной пропастью. Стало ясно: положение серьезное, поезд отклонился от курса и попал в истоки ледника Хелен. Решили ждать рассвета, а затем исследовать все окрестности.

Понадобилось два дня, чтобы благополучно выбраться из этого зловещего лабиринта. Оказалось, что в ту памятную ночь, когда началось прыгание тягачей по «волнам», поезд уже пересек несколько больших трещин и оказался в пределах выводного ледника. Много времени ушло на безрезультатные поиски выхода. Во все стороны уходили трещины, и мосты над ними были ненадежны. К концу второго дня ветер усилился, и перед глазами вконец измученных людей возникло необычное зрелище: из некоторых открытых пастей трещин вертикально вверх поднимались снежные фонтаны. По-видимому, сильный ветер создал напор воздуха внутри трещин. В открытых местах этот воздух с силой устремлялся вверх, увлекая за собой мелкую снежную пыль на высоту 5—6 м. Наверху фонтан постепенно рассеивался, а снег оседал на поверхность в виде длинного шлейфа, протянувшегося по ветру на 20—30 м. Такие шлейфы перекрыли лежащие рядом трещины и оказались прочными мостами, по которым тягачи и проползли обратно на дорогу к Мирному. Так сам ледник помог выйти из затруднительного положения, им же созданного.

Не всегда встречи с ледниковыми трещинами кончались так благополучно. История исследования полярных и горных стран помнит немало трагических случаев тибели путешественников, провалившихся в трещины и зажатых их могучими тисками. Трещины иногда встают непреодолимым препятствием на пути освоения ледников. Например, все попытки подняться на тракторе к Приюту одиннадцати — заоблачной

гостинице, расположенной на высоте свыше 4000 м над уровнем моря на южном склоне Эльбруса,— оканчивались неудачей именно из-за трещин. И до сих пор снабжать эту гостиницу всем необходимым приходится на лошадях.

Айсберги — гроза судоходства

Трещины в крупных ледниках, оканчивающихся в море, служат тем «тонким» местом, где «ледник рвется» и образуются айсберги. Перемещаясь под действием ветров и течений, айсберги иногда заплывают далеко в умеренные и даже в тропические воды. Ветер и морские течения разносят их по акватории приблизительно в 67 млн. км³, что составляет около 20% площади мирового океана. В южном полушарии айсберги дрейфуют в среднем до 44—57° ю. ш.; в северном полушарии Лабрадорское течение выносит их до 36—40° с. ш.

В Арктике айсберги образуются у оканчивающихся в море ледников Гренландии, Шпицбергена, Аляски, Новой

Земли и других арктических островов и архипелагов. Самые крупные арктические айсберги откалываются от выводных ледников Гренландии. Один из крупнейших гренландских выводных ледников — Якобсхван — производит айсберги объемом свыше 20 млн. м³. «Отёл ледников», как называют моряки момент откола айсбергов, — грандиозное зрелище: раздаётся раскатистый грохот, похожий на пушечную канонаду, и на ровной до этого морской глади появляются волны.

Свыше 90% массы айсбергов сосредоточено в Антарктике. Среди огромного их разнообразия выделяются два характерных типа: столовые и пирамидальные. Самые крупные

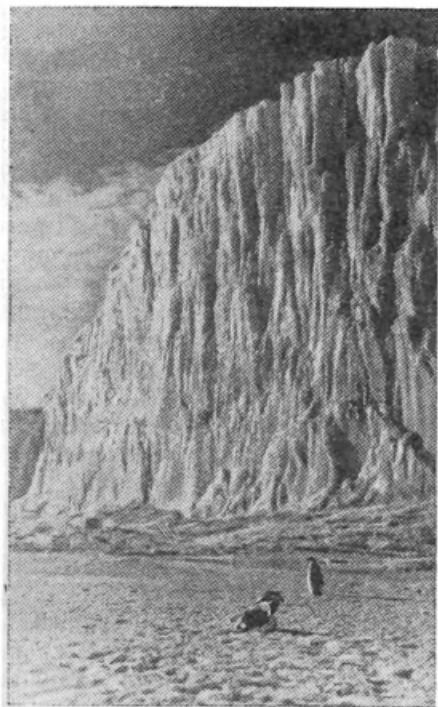


Рис. 14. Обрыв пирамидального айсберга, севшего на мель и вмерзшего зимой в морской припай.

столовые айсберги отламываются от шельфовых ледников. Пирамидальные айсберги откалываются от выводных ледников. Они хотя и не так велики, но гораздо красивее столовых: бывают похожи на башни, замки с бойницами и гротами и т. п. (рис. 14).

Но привлекательная внешность айсбергов обманчива. Айсберги — большая угроза для судоходства. Ведь даже самый большой современный океанский корабль рядом с крупным айсбергом — все равно что спичечный коробок около большой горы. Столкновение с айсбергом — верная гибель для корабля. Свыше 1500 жертв унес Атлантический океан, когда в 1912 г. на пути в Нью-Йорк столкнулся со сравнительно небольшим грендландским айсбергом океанский лайнер «Титаник».

Не надо забывать, что над водой возвышается лишь одна седьмая или одна восьмая часть айсберга. Если высота айсберга около 20 м (а бывает и выше — до 40 м) значит в воде эта глыба скрывает еще значительно больше 100 м льда. Подводная часть все время подтаивает, центр тяжести в айсберге постепенно перемещается и, наконец, ледяная гора переворачивается. В такие минуты было бы несчастьем находиться даже в полукилометре от айсберга: в образующуюся от опрокидывания айсберга воронку втягивается все, что находится в радиусе нескольких сот метров.

Однажды в полярные воды забрел небольшой пассажирский корабль. Проснувшись утром, пассажиры увидели чудесное зрелище: по спокойной глади моря недалеко от корабля плыло несколько небольших айсбергов. Пассажиры попросили капитана подойти поближе к одному из них, чтобы рассмотреть его и сфотографировать. Неопытный капитан согласился. Корабль осторожно подошел почти к самой ледяной стене, и в этот момент судно вдруг медленно стало подниматься из воды. Оказывается, в подводной части айсберга был выступ, над которым и оказался корабль. Вскоре айсберг начал медленно переворачиваться; при этом выступ вместе с беспомощным кораблем поднимался вверх. К счастью, это была «шутка» природы — через некоторое время выступ стал опускаться, и корабль вновь оказался в воде. Полным ходом уходил он от этого колеблющегося айсберга: кто знает, не изменятся ли его повадки через несколько минут?

Для жизни и работы на ледниках особенно трудны многоснежные зимы, вроде зимы 1962/63 г. В такие зимы в горах свирепствуют сильные ветры и метели, по неделям и месяцам непрерывно валит снег, под его белыми наносами оказываются дороги и перевалы. Падают телеграфные столбы, рвутся провода, многие горные поселки остаются без связи с внешним миром. На склонах скапливаются многометровые снеж-

ные сугробы, и ближе к весне в долинах раздаются гулкие звуки падающих лавин. В такие зимы масса лавин падает и на поверхность ледников, питание их возрастает. В отдельные годы на ледниках накапливается так много снега, что даже к концу лета лед обнажается лишь в самых нижних частях ледников — их прихода-расходный бюджет становится положительным. А если такие снежные зимы повторяются несколько лет подряд, ледники перегружаются от избытка снега и начинают наступать.

ЛЕДНИКИ ДОЛЖНЫ СЛУЖИТЬ ЧЕЛОВЕКУ

С каждым годом люди все глубже проникают в тайны природы и все больше подчиняют ее себе. Ныне на Земле осталось совсем немного пространств, не освоенных человеком. И среди них первое место занимают ледники. А ведь они покрывают около 10% всей поверхности суши и, безусловно, должны стать аренной хозяйственной деятельности человека.

Любая отрасль народного хозяйства неизбежно связана с использованием воды. С ростом промышленности и сельского хозяйства воды требуется все больше. Ее непрерывному использованию помогает извечный круговорот воды на Земле. Влага, испаряясь с обширной поверхности океанов, попадает в воздушные массы, которые разносят ее по всем материкам. Здесь она выпадает на землю в виде дождя или снега, образует ручейки, которые сливаются и дают начало рекам. Реки выносят воду в океан, круг замыкается. Ледники в этом круговороте занимают особое место. Они служат естественными грандиозными хранилищами пресной воды. Выпадающий на их поверхность снег на некоторое время консервируется. Но каждое лето ледник отдает часть своей влаги: из-под его языка вытекает ручей, который в теплые дни превращается в бурный поток.

Грандиозные хранилища пресной воды

Во многих районах земного шара крупные горные хребты, увенчанные сияющими ледниковыми шапками, соседствуют с засушливыми областями, расположенными у подножья гор. Множество рек, весело журчащих в межгорных долинах, при выходе на равнину быстро иссякают; лишь отдельные крупные реки находят силы преодолеть сотни километров пути вдоль сухих песчаных берегов. В нашей стране подобным районом является Средняя Азия. Вся жизнь людей здесь

связана с речной водой. Больше трети воды в эти реки поступает с ледников. Но в некоторые особенно засушливые годы этого оказывается недостаточно. А между тем ледники отдают рекам лишь небольшую часть своего богатства.

Только в горах Средней Азии (т. е. в Тянь-Шане и Памиро-Алае) объем ледников превышает 2000 км^2 . Как велика эта цифра, легко понять, если учесть, что всего на земном шаре на нужды орошения люди используют не более 1000 км^3 воды в год. Как же заставить ледники отдать хотя бы часть этой воды рекам? Прежде всего, нужно усилить их таяние. Изменить количество приходящего от Солнца тепла мы не в силах, но мы можем заставить ледники более разумно использовать это тепло. Если ледник «загрязнить», покрыть его поверхность тонким слоем темного материала, снег и лед под ним начнут таять быстрее, потому что в их толщу будет попадать значительно больше тепла.

На эту особенность снега люди обратили внимание очень давно. Стоило положить на снег какой-нибудь темный предмет, как уже через несколько часов лучи солнца «опускали» его внутрь снежного покрова. Во время походов Александра Македонского его отряды попали в горные районы Памира, и здесь пришельцев поразили способ, с помощью которого крестьяне ускоряли весной таяние снега на полях: они посыпали их золой или темной землей. Такой же способ применяли еще в XVIII в. крестьяне в альпийских долинах: посыпая снег мелкой землей, они добивались возможности начать обработку полей на 2—3 недели раньше обычных сроков.

Однако применить эти способы на больших пространствах ледников довольно трудно. Ведь для этого нужно на высоту от 3500 до 4500 м поднять многие тонны какого-то темного порошка и равномерно разбросать его на площади в несколько квадратных километров. При этом надо создать очень тонкий темный слой. Как только он станет слишком толстым, это темное покрывало окажется для ледника броней, под которой таяние льда резко замедлится. Советский ученый проф. Г. А. Авсюк в 1950—1952 гг. поставил первые опыты по искусственному усилению таяния ледников. На двух небольших долинных ледниках Тянь-Шаня отдельные участки посыпали каменноугольной пылью и лёссом. Наилучший результат получили от каменноугольной пыли, когда ее рассеивали по снегу и фирну слоем толщиной в несколько долей миллиметра. При этом требовалось затратить от 5 до 10 т угля на 1 км^2 поверхности.

Проведенные Г. А. Авсюком опыты показали, что искусственное запыление ледников может дать дополнительную воду на поля, однако при широком применении этого метода встретятся большие трудности. Погода в горах переменчива, часто внезапно собираются облака и идет снег, покрывающий весь

ледник тонким ослепительно белым покрывалом. Если снегопад происходит сразу же после искусственного запыления ледника, все труды оказываются напрасными. Значит, надо изучить, при каких условиях погоды целесообразнее всего производить запыление. Возникает и много технических трудностей. Главная из них — доставка каменноугольной пыли или какого-то другого вещества на ледник. Не всякий самолет может пролететь узким лабиринтом ледниковых долин, по которым дуют сильные ледниковые ветры. Да и как разбросать пыль ровным и тонким слоем? Для изучения этих вопросов требуются производственные работы.

Используя накопленный в Советском Союзе опыт работы по искусственному усилению таяния ледников провели в Китае. В мае и июне 1959 г. угольная пыль была разбросана на 19 ледниках; в результате было получено дополнительно к обычному около 12,5 млн. м³ воды. Помимо запыления с самолетов производились взрывы на ледниках, которые также помогали льдам быстрее таять. В 1960 г. в течение месяца на китайские ледники было сброшено около 700 т угольной пыли. Это дало дополнительный сток на поля также 12,5 млн. м³ воды.

С 1962 г. Институт географии АН СССР организовал специальную экспедицию в горы Средней Азии для организации производственных опытов по запылению ледников. Сейчас получены лишь самые первые результаты. По-видимому искусственное запыление целесообразно в особо засушливые годы. Вероятно, в самом недалеком будущем в отдельные годы, когда среднеазиатскому хлопку будет грозить засуха, в горы вылетят небольшие самолеты с мешками каменноугольной пыли на борту. Пролетая над ледниками, они сбросят эту пыль на их поверхность. Потемневшие ледники будут больше поглощать солнечного тепла, оно заставит часть твердой воды стать жидкой. Реки вздуются от этого искусственно созданного паводка и понесут живительную влагу на поля.

Однако для получения дополнительного количества воды есть и другие пути. Один из них — создание искусственных снежников у подножья гор. Снег, выпадающий зимой в верхних частях горных склонов, растаивает к самому концу лета, когда потребности в воде уменьшаются. В то же время весной и в начале лета воды обычно не хватает. Чтобы заставить стаивать этот снег весной, его нужно переместить на несколько сот метров вниз, в более теплые места. Для этого можно использовать обстрел склонов из минометов и спускать небольшие снежные лавины. Скатывающиеся вниз массы снега образуют многометровые сугробы, которые будут главным источником дополнительной влаги в весеннем стоке рек. Другой подобный же способ — намораживание наледей в руслах рек зимой и их таяние летом.

Все же основным источником для получения дополнительной влаги будут, по-видимому, ледники. Однако можно ли запялать их ежегодно — пока неясно. Ведь даже огромные запасы пресной воды в ледниках не безграничны, и расходовать их надо разумно. Вместе с тем следует подумать и о том, как восполнять запасы воды в ледниках, чтобы не допустить их быстрого уничтожения. Сейчас производятся опыты по искусственному увеличению твердых осадков в горных районах. Видимо, вскоре люди смогут вызывать снегопады в горах, которые принесут на ледники дополнительные осадки, а это позволит запялать ледники и получать больше воды на поля в засушливые годы, а может быть, и ежегодно.

Пресную воду — из айсбергов

Острую нужду в воде испытывают не только засушливые районы. Вода — это одна из главных проблем крупных городов. Постоянный рост населения и развитие промышленности в городах требуют так много воды, что ее не могут дать все речные и подземные источники, находящиеся в окрестностях. В город Лос-Анжелос, например, вода течет по трем специальным трубопроводам с расстояния 420, 610 и даже 800 км.

Ученые сейчас усиленно работают над проблемой опреснения морской воды для снабжения ею приморских городов. Однако этот способ сложный, дорогой и энергоемкий. Но и в океанах есть источники пресной воды. Это айсберги. Даже в сравнительно небольшом айсберге (длиной 2 км, шириной 0,5 км и толщиной 150 м) сосредоточено почти 150 млн. т воды. Этого количества воды хватило бы на месяц жизни такого гиганта, как Нью-Йорк с его населением около 8 млн. жителей и потреблением в сутки примерно 800 л на человека.

В Соединенных Штатах, где на берегах Тихого и Атлантического океанов расположено много крупных городов, разрабатывается проект доставки айсбергов к побережью для получения из них пресной воды. Претворение в жизнь этого проекта связано с большими техническими трудностями и сейчас вряд ли осуществимо. Однако такой способ снабжения городов водой не стоит сбрасывать со счетов в будущем.

Тоннели во льду

При строительстве дорог в горных странах люди тщательно старались обходить ледники. Их непостоянный нрав, периодические колебания концов и разрушительные наступания языков заставляли искать обходные пути и пробивать длинные тоннели в скалах. В тех местах, где дороги приходилось

строить в непосредственном соседстве с ледниками, над ними все время висела серьезная опасность. В начале XX в. участок железной дороги на Аляске был проложен близко к нескольким ледникам. В 1909—1910 гг. эти ледники начали наступать и приблизились к дороге всего на 1—2 км. Наступание их окончилось в 1912 г. всего в нескольких стах метрах от дороги. Если бы оно продолжалось еще 1—2 года, железная дорога была бы разрушена.

Однако к настоящему времени отдельные участки гор оказались уже хорошо изученными. Выяснилось, что в некоторых местах вместо далеких объездов и длинных тоннелей в скалах гораздо целесообразнее проложить железнодорожное полотно через перевалы, занятые небольшими ледниками, и пробить тоннели непосредственно в теле ледников. Следует сразу же оговориться, что таких железнодорожных тоннелей в ледниках пока еще нет. Но в Швейцарии ведутся большие исследования, преследующие именно эту цель.

В одном из альпийских ледников пробит тоннель длиной в несколько сот метров и в нем ведутся кропотливые исследования. Скорости движения разных частей этого ледника неодинаковы. Быстрее всего движется его центральная часть, отчего тоннель изгибается. Чтобы сохранить тоннель прямым, приходится постоянно срезать лед с одной стенки и перебрасывать его к противоположной, все время «уходящей» вперед. Можно ли будет использовать ледники для сооружения в них железнодорожных тоннелей, покажет будущее. Пока же тоннели в ледниках с успехом используются для исследовательских целей и даже как место для развлечений. Одна из канатных дорог в Альпах привозит пассажиров ко входу в ледник, внутри которого устроены небольшой каток и ресторан. Освещенный электрическим светом, лед отражает его множеством разноцветных бликов, создавая совершенно необыкновенную, сказочную картину.

Научиться управлять ледниками

Человечеству нужно научиться управлять ледниками. Это может, например, в значительной степени разрешить проблему орошения Средней Азии. Но управление тем или иным природным процессом возможно, только когда он хорошо изучен. Следует признать, что всех законов развития ледников мы пока еще не знаем. Мы, например, не можем ответить на вопросы, могут ли ледники, уничтоженные при современном климате, возникать вновь, к каким изменениям циркуляции атмосферы приведет частичное уничтожение ледников. Строго говоря, мы еще не можем ответить и на вопрос, не грозит ли нам новый ледниковый период.

Чтобы ответить на него, нужно глубокое знание причин и закономерностей изменения современного климата и ледников. Эти закономерности можно познать только в том случае, если будут известны изменения ледников на всем земном шаре. С 1964 г. принято решение наладить наблюдения по единой международной программе за колебаниями режима ледников на всей нашей планете. Только в Советском Союзе свыше 20 учреждений будут вести постоянные наблюдения почти на 300 ледниках Средней Азии, Кавказа, Камчатки и Алтая. Результаты наблюдений будут поступать в единый центр, создается служба ледников. Вскоре мы получим возможность досконально изучить все особенности современного развития ледников.

Современную эпоху в геологическом плане считают эпохой отступления ледников. Однако дело, видимо, обстоит гораздо сложнее. Мы уже видели, что крупнейшие ледниковые покровы нашего времени, вероятно, близки к состоянию равновесия. В последние годы появляется все больше сообщений, что горные ледники перестают отступать. В прибрежных горных хребтах на северо-западе США и юго-западе Канады за последние 10 лет ледники увеличиваются в размерах. Продвигаются вперед языки некоторых ледников юго-восточной Аляски, год от года область роста ледников Аляски постепенно распространяется к северо-западу. В Альпах и в Средней Азии увеличивается толщина льда в областях питания некоторых ледников и появляется все больше ледников, концы которых наступают. Пока неясно, указывают ли эти факты на приближение конца стадии сокращения ледников XX в. и начало нового векового наступания ледников, или они свидетельствуют лишь о небольшом периоде наступания, который продлится не более 10—20 лет. Наблюдения ближайших лет позволят ответить на этот вопрос.

Во всяком случае, в ближайшее время при освоении горных и полярных районов человеку непременно придется сталкиваться с ледниками. Нет сомнения, что уже в недалеком будущем люди целиком смогут поставить ледники на службу своему хозяйству, а еще через какое-то время человечеству не будет страшен никакой грядущий ледниковый период — техника в наши дни развивается так быстро, что не за горами то время, когда человек научится управлять природой своей планеты в целом.

Интересно, полезно знать

Знаете ли вы, что...

...общее количество льда на нашей планете превышает 25 млн. км³, что составляет около 2% всей земной воды. Этот объем льда равен стоку всех рек земного шара за 650—700 лет.

...в любой из месяцев покрывало из сезонного снега можно обнаружить на площади 72 млн. км², а в отдельные годы под снегом оказывается 126 млн. км² — почти четверть всей земной поверхности.

...снежный покров отражает всегда больше половины солнечной энергии, а наиболее чистый сухой снег отражает до 90% солнечных лучей. В то же время ослепительно белый снег способен излучать тепловую энергию почти как абсолютно черное тело. Поэтому области Земли, покрытые снегом, — источники охлаждения всей нашей планеты.

...35% всего внешнего теплооборота Земли как планеты связано с различными ледниковыми процессами и современным распространением ледников. Оледенение усиливает циркуляцию атмосферы и океанических вод, обуславливает зональность и различия климатов Земли, регулирует температуру океанических вод и т. д.

...ледники можно встретить у самого экватора. В Африке они лежат на вершинах Кении и Килиманджаро, превышающих 5000 м над уровнем моря.

...Антарктида — самый высокий континент. Ее средняя высота — 2350 м — значительно больше высоты Европы (340 м) и даже Азии (960 м). Причина заключается в том, что большая часть массы материка сложена льдом, который почти в три раза легче каменных пород.

...снежинка, упавшая в центральном районе Антарктиды и ставшая частью ее ледникового покрова, обречена покоиться в его пределах не менее 200 000 лет. За весь четвертичный период ледниковый покров Антарктиды полностью обновлялся всего 5 раз.

...во время Международного геофизического года удалось посетить две базы английских экспедиций начала XX в.: домик Э. Шеклтона, оставшийся после экспедиции 1908—1909 гг., и домик Р. Скотта, оставшийся после экспедиции 1911—1913 гг. За прошедшие 50 лет оба дома были погребены под слоем плотного слежавшегося снега и льда. Найденные в домах продукты: коробки с мясом, копченая селедка, концентраты горохового супа и какао — сохранились настолько хорошо, что их можно было употреблять в пищу.

...в Антарктиде существует особый тип никогда не вскрывающихся озер. Они образуются рядом со скалами, на которых летом тает снег. Поверхность этих озер всегда покрыта льдом. В озере Ванда, находящемся в одном из антарктических оазисов, на глубине 60 м температура воды равна +27° — на 47° выше, чем на поверхности озера.

...в разгар ледникового периода на Земле площадь оледенения Антарктиды возрастала против современной всего на 3,5 млн. км², но объем

антарктического ледникового покрова в ту эпоху был на 12 млн. км³ больше, чем в настоящее время. Таяние этого количества льда повысило уровень Мирового океана приблизительно на 30 м.

...мифическая Земля Санникова и ряд других легендарных «земель» — на самом деле айсберги, откалывающиеся от единственного арктического шельфового ледника, находящегося у берега Земли Элсмира в Канадском архипелаге. На этих «ледяных островах» работают арктические дрейфующие станции.

Советуем прочитать

Калесник С. В. Очерки гляциологии. М., Географгиз, 1963.

В этой книге просто и понятно изложен огромный материал, собранный на ледниках учеными всего мира. В ней рассказывается о возникновении, существовании, развитии и географическом распространении современных ледников. На страницах книги дано красочное описание всех районов современного оледенения земного шара от крохотного острова Виктория в Арктике до материка Антарктиды, от гор Новой Гвинеи до ледников Центральной Азии.

Маркин В. А. В стране ледяных куполов. М., Изд-во АН СССР, 1963.

В книге говорится о работе и жизни небольшого коллектива советских гляциологов, проводившего в период Международного геофизического года исследования на архипелаге Земли Франца-Иосифа. Автор, участник этих исследований, популярно рассказывает об истории и развитии науки о ледниках, об условиях формирования ледников и о свойствах, которыми обладает лед. Отдельные страницы книги — это художественное описание суровой и прекрасной арктической природы, условий, в которых существуют ледниковые купола.

Тушинский Г. К. Ледники, снежники, лавины Советского Союза. М., Географгиз, 1963.

В доходчивой форме, используя личные впечатления и данные других исследователей, автор рассказывает о географии ледников, снежников и лавин нашей страны, о практическом и теоретическом значении их исследования, об их использовании в интересах народного хозяйства. Много страниц посвящено описанию природы ледниковых районов и изменениям ледников на протяжении последних столетий и тысячелетий.

Шумский П. А. Энергия оледенения и жизнь ледников. М., Географгиз, 1947.

В небольшой брошюре ясно и лаконично объясняются основные понятия, связанные с ледниками: снеговая и фирновая линии, области питания и расхода ледников и т. п. Весьма просто объяснены многие сложные явления, характеризующие развитие горных и покровных ледников.

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТСЯ В ЭТОЙ КНИГЕ

Ледники — наши современники	4
Ледники возникают из снега	4
Горные ледники	5
Покровные ледники	9
За тайнами ледников	13
Гляциология — наука молодая	13
Как изучают ледники	16
Ледники и современный климат Земли	23
Подчиняются ли ледники современному климату?	23
Почему южное полушарие Земли холоднее се-	
верного?	25
Ледники и географическая зональность	28
Человечество и ледниковый период	29
Великое четвертичное оледенение	29
О причинах великих оледенений	33
Развитие оледенения в последнее тысячелетие	36
Антарктида — окно в прошлое Земли	38
В царстве вечного мороза	40
Растет ли ледниковый покров Антарктиды	41
Ледники — грозное явление природы	43
Катастрофические наступания ледников	44
Ледниково-подпрудные озера и сели	46
Обвалы ледников	48
Трещины на ледниках	49
Айсберги — гроза судоходства	52
Ледники должны служить человеку	54
Грандиозные хранилища пресной воды	54
Пресную воду — из айсбергов	57
Тоннели во льду	57
Научиться управлять ледниками	58
Интересно, полезно знать	60
Знаете ли вы, что...	60
Советуем прочитать	61

КОТЛЯКОВ ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ

Редактор *И. Б. Шустова*
Худож. редактор *Т. И. Добровольнова*
Техн. редактор *А. С. Ковалевская*
Корректор *Г. П. Ефименко*
Обложка *Л. П. Ромасенко*

Сдано в набор 19/III 1965 г. Подписано к печати 19/IV 1965 г. Изд. № 120.
Формат бум. 60×90¹/₁₆. Бум. л. 2,0. Печ. л. 4,0. Уч.-изд. л. 3,64.
А 01137. Цена 12 коп. Тираж 10 800 экз. Заказ 982.

Опубликовано тем. план 1965 г. № 279

Издательство «Знание». Москва, Центр,
Новая пл., д. 3/4.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., 3/4.

**ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ
НА НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ БРОШЮРЫ
ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЗНАНИЕ»
«НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультеты:

**Естественнонаучный
Технико-экономический
Сельскохозяйственный
Литературы и искусства
Правовых знаний
Педагогический
Здоровья**

помогут слушателям народных университетов овладеть основами наук. Доступность и простота изложения делает эти брошюры ценным пособием для самостоятельной работы.

Среди авторов — видные советские ученые академики Н. Н. Аничков, В. С. Немчинов, члены-корреспонденты АМН СССР А. А. Смородинцев, В. Н. Мошков, Ф. В. Шибанов, П. А. Петрищева, член-корреспондент ВАСХНИЛ А. Г. Вологдин, доктора наук В. А. Веников, А. И. Денисов, О. В. Козлова; известные педагоги Н. Т. Долинина, И. Г. Овчинникова; критик-литературовед Л. Т. Мотылева, искусствоведы, писатели, журналисты, общественные и политические деятели.

Подписная цена

На 3 месяца	— 45 коп.
На 6 месяцев	— 90 коп.

В каталоге «Союзпечати» на 1965 год эти брошюры помещены под индексом 70057—70063.

12 коп.

**Индекс
70057**

**ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1965**