

- Журнал «Вокруг Света»

- [Версия для печати](#)

№4 (2751) | [Апрель 2003](#)

Рубрика [«Досье»](#)

## Ледниковый период



Иногда можно слышать утверждение, что ледниковый период уже позади и человеку в дальнейшем не придется сталкиваться с этим явлением. Это было бы справедливо, если бы мы были уверены в том, что современное оледенение на земном шаре — всего лишь остаток Великого четвертичного оледенения Земли и неминуемо вскоре должно исчезнуть. На самом деле ледники продолжают оставаться одним из ведущих компонентов окружающей среды и вносят важный вклад в жизнь нашей планеты.

### Образование горных ледников

По мере подъема в горы воздух становится все холоднее. На некоторой высоте зимний снег не успевает стаять за лето; из года в год он накапливается и дает начало ледникам. Ледник — это масса многолетнего льда преимущественно атмосферного происхождения, которая движется под действием силы тяжести и принимает форму потока, купола или плавучей плиты (если речь идет о покровных и шельфовых ледниках).

В верхней части ледника находится область аккумуляции, где идет накопление осадков, которые постепенно преобразуются в лед. Постоянное пополнение запасов снега, его уплотнение, перекристаллизация приводят к тому, что он превращается в крупнозернистую массу ледяных зерен — фирн, а затем под давлением выше лежащих слоев — в массивный глетчерный лед.

Из области аккумуляции лед перетекает в нижнюю часть — так называемую область абляции, где он расходуется преимущественно путем таяния. Верхняя часть горного ледника обычно представляет собой фирновый бассейн. Он занимает кар (или цирк — расширенное верховье долины) и имеет вогнутую поверхность. При выходе из цирка ледник нередко пересекает высокую устьевую ступень — ригель; здесь лед рассекают глубокие поперечные трещины и возникает ледопад. Дальше ледник сравнительно узким языком спускается вниз по долине. Жизнь ледника во многом определяется балансом его массы. При положительном балансе, когда приход вещества на леднике превышает его расход, масса льда увеличивается, ледник становится более активным, продвигается вперед, захватывает новые площади. При отрицательном — становится пассивным, отступает, освобождая из-под льда долину и склоны.

### Вечное движение

Величественные и спокойные, ледники в действительности находятся в непрерывном движении. Медленно текут вниз по склонам так называемые каровые и долинные ледники, растекаются от центра к периферии ледниковые щиты и купола. Это движение определяется силой тяжести и становится возможным благодаря свойству льда деформироваться под напряжением, хрупкий в отдельных фрагментах, в обширных массивах лед приобретает пластические свойства, подобно застывшему вару, который колется, если по нему ударить, но медленно стекается по поверхности, будучи «сгруженным» в одном месте. Нередки и такие случаи, когда лед почти всей своей массой скользит по ложу или по другим слоям льда — это так называемое глыбовое скольжение ледников. Трещины формируются на одних и тех же местах ледника, но так как в этом процессе участвуют каждый раз все новые ледяные массы, то старые трещины, по мере перемещения льда от места их образования, постепенно «залечиваются», то есть смыкаются. Отдельные трещины протягиваются по леднику от

нескольких десятков до многих сотен метров, их глубина достигает 20—30, а порой 50 метров и более.

Перемещение тысячетонных ледяных масс хоть и очень медленно, но производит огромную работу — за многие тысячи лет оно неузнаваемо преобразует лик планеты. Сантиметр за сантиметром проползает лед по твердым каменным породам, оставляя на них борозды и шрамы, разламывая и унося их с собой. С поверхности Антарктического материка ледники ежегодно сносят слои горных пород толщиной в среднем 0,05 мм. Эта кажущаяся микроскопической величина вырастает уже до 50 м, если принять во внимание весь миллион лет четвертичного периода, когда Антарктический континент был наверняка покрыт льдом. У многих ледников Альп и Кавказа скорость движения льда — около 100 м в год. В более крупных ледниках Тянь-Шаня и Памира лед перемещается за год на 150—300 м, а на некоторых гималайских — до 1 км, то есть по 2—3 м за сутки.

Ледники имеют самые разные размеры: от 1 км в длину — у небольших каровых ледников, до десятков километров — у крупных долинных. Крупнейший в Азии ледник Федченко достигает в длину 77 км. В своем движении ледники переносят на многие десятки, а то и на сотни километров глыбы горных пород, упавших с горных склонов на их поверхность. Подобные глыбы носят название эрратических, то есть «блуждающих», валунов, состав которых отличается от местных горных пород.

Такие валуны тысячами находят на равнинах Европы и Северной Америки, в долинах на выходе их из гор. Объем некоторых из них достигает нескольких тысяч кубометров. Известен, например, гигантский Ермоловский камень в русле Терека, на выходе из Дарьяльского ущелья Кавказа. Длина камня превышает 28 м, а высота — около 17 м. Источником их появления служат места, где соответствующие породы выходят на поверхность. В Америке это Кордильеры и Лабрадор, в Европе — Скандинавия, Финляндия, Карелия. И принесены они сюда издалека, оттуда, где когда-то существовали огромные ледниковые покровы, напоминанием о которых служит современный ледниковый щит Антарктиды.

## Загадка их пульсации

В середине XX века люди столкнулись с еще одной проблемой — пульсирующими ледниками, отличающимися внезапными продвижениями своих концов, вне видимой связи с изменениями климата. Сейчас известны сотни пульсирующих ледников во многих ледниковых районах. Больше всего их на Аляске, в Исландии и на Шпицбергене, в горах Центральной Азии, на Памире.

Общей причиной ледниковых подвижек служит накопление льда в условиях, когда расход его затруднен узостью долины, моренным покровом, взаимным подпруживанием основного ствола и боковых притоков и т.п. Такое накопление создает условия неустойчивости, вызывающие сток льда: большие сколы, разогрев льда с выделением воды в процессе внутреннего таяния, появление водной и водно-глинистой смазки на ложе и сколах. 20 сентября 2002 года в долине реки Геналдон в Северной Осетии произошла катастрофа. Из верховьев долины вырвались огромные массы льда, смешанного с водой и каменным материалом, стремительно пронеслись вниз по долине, уничтожая все на своем пути, и образовали завал, распластавшись на всей Кармадонской котловине перед грядой Скалистого хребта. Виновником катастрофы стал пульсирующий ледник Колка, подвижки которого неоднократно происходили и в прошлом.

У ледника Колка, как и у многих других пульсирующих ледников, затруднен сток льда. В течение многих лет лед накапливается перед препятствием, наращивает массу до определенного критического объема и, когда тормозящие силы не могут противостоять сдвигающим, происходит резкая разрядка напряжения, ледник наступает. В прошлом подвижки ледника Колка происходили около 1835-го, в 1902 и 1969 годах. Они возникали, когда на леднике наращивалась масса в 1—1,3 млн. тонн. Геналдонская катастрофа 1902 года произошла 3 июля, в разгар жаркого лета. Температура воздуха в этот период превышала норму на 2,7°, прошли сильные ливни. Превратившись в пульпу из льда, воды и морены, ледяной выброс преобразовался в сокрушительный скоростной сель, промчавшийся в считанные минуты. Подвижка 1969 года развивалась постепенно, достигнув наибольшего развития в зимнее время, когда количество талой воды в бассейне было минимальным. Это и определило относительно спокойный ход событий. В 2002 году в леднике накопилось огромное количество воды, ставшей спусковым механизмом подвижки. Очевидно, вода

«оторвала» ледник от ложа и сформировался мощный водно-ледово-каменный сель. То, что подвижка была спровоцирована раньше времени и достигла колоссального масштаба, было обусловлено сложившимся комплексом факторов: неустойчивым динамическим состоянием ледника, уже накопившего массу, близкую к критической; мощным скоплением воды в леднике и под ледником; обвалами льда и горной породы, создавшими перегрузку в тыловой части ледника.

### **Мир без ледников**

Общий объем льда на Земле составляет почти 26 млн. км<sup>3</sup>, или около 2% всей земной воды. Эта масса льда равна стоку всех рек земного шара за 700 лет.

Если существующий лед равномерно распределить по поверхности нашей планеты, он покроет ее слоем толщиной 53 м. А если бы этот лед внезапно растаял, то уровень Мирового океана повысился бы на 64 м. При этом оказались бы затопленными густонаселенные плодородные прибрежные равнины на площади около 15 млн. км<sup>2</sup>. Такое внезапное таяние произойти не может, но на протяжении геологических эпох, когда ледниковые покровы возникали, а затем постепенно стаявали, колебания уровня моря были еще большими.

### **Прямая зависимость**

Огромно влияние ледников на климат Земли. В зимнее время в полярные области солнечной радиации приходит чрезвычайно мало, так как Солнце не показывается из-за горизонта и здесь господствует полярная ночь. А летом из-за большой продолжительности полярного дня количество поступающей от Солнца лучистой энергии больше, чем даже в районе экватора. Однако температуры остаются по-прежнему низкими, так как до 80% приходящей энергии снежный и ледяной покровы отражают обратно. Совсем иной оказалась бы картина, если бы ледяного покрова не было. В этом случае почти все приходящее летом тепло осваивалось бы и температура в полярных областях отличалась бы от тропической в значительно меньшей степени. Так что, 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 был бы гораздо более однообразным. Стоит массивам льда у полюсов 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 — всего несколько миллионов лет назад на ней был ровный мягкий климат. Впрочем, можно себе представить и другое состояние планеты, когда она целиком покрыта панцирем льда. Ведь, раз образовавшись в определенных условиях, ледники способны разрастаться сами, так как они понижают окружающую температуру и растут в высоту, тем самым распространяясь в более высокие и более холодные слои атмосферы. Откалывающиеся от крупных ледниковых покровов айсберги разносятся по океану, попадают в тропические воды, где их таяние также способствует охлаждению вод и воздуха.

Если образованию ледников ничто не препятствует, то толщина слоя льда могла бы увеличиться до нескольких километров за счет воды из океанов, уровень которых непрерывно бы понижался. Таким путем постепенно все материки оказались бы подо льдом, температура на поверхности Земли понизилась бы примерно до -90°C и органическая жизнь на ней прекратилась бы. К счастью, этого не было на протяжении всей геологической истории Земли, и нет оснований думать, что такое оледенение может произойти в будущем. В настоящее же время Земля переживает состояние частичного оледенения, когда ледниками покрыта лишь десятая часть ее поверхности. Такое состояние отличается неустойчивостью: ледники либо сокращаются, либо увеличиваются в размерах и очень редко остаются неизменными.

### **Белый покров "голубой планеты"**

Если взглянуть на нашу планету из космоса, можно увидеть, что отдельные ее участки выглядят совершенно белыми — это снежный покров, так хорошо знакомый жителям умеренных поясов.

Снег обладает рядом удивительных свойств, делающих его незаменимым компонентом на «кухне» Природы. Снежный покров Земли отражает больше половины лучистой энергии, приходящей к нам от Солнца, тот же, что покрывает полярные ледники (наиболее чистый и сухой), — вообще до 90% солнечных лучей! Впрочем, снег обладает и еще одним феноменальным свойством. Известно, что тепловую энергию излучают все тела, и чем они темнее, тем потери тепла с их поверхности больше. А вот снег, будучи ослепительно белым, способен излучать тепловую энергию почти как абсолютно черное тело. Различия между ними не достигают и 1%. Так что, даже то незначительное тепло, которым обладает снежный покров, быстро излучается в атмосферу. В результате снег еще больше охлаждается, и районы земного шара, покрытые им, становятся источником охлаждения всей планеты.

### **Особенности шестого континента**

Антарктида — самый высокий континент планеты, средняя высота которого равна 2 350 м (средняя высота Европы 340 м, Азии — 960 м). Эта высотная аномалия объясняется тем, что большая часть массы материка сложена льдом, который почти втрое легче каменных пород. Когда-то он был свободен ото льда и ненамного отличался по высоте от других континентов, но постепенно мощный ледяной панцирь покрыл весь материк, а земная кора стала прогибаться под колоссальной нагрузкой. За прошедшие миллионы лет эта избыточная нагрузка, «изостатически компенсировалась», иначе говоря, земная кора прогнулась, но следы ее до сих пор отражены в рельефе Земли. Океанографические исследования прибрежных антарктических вод показали, что материковая отмель (шельф), которая окаймляет все материки мелководной полосой с глубинами не более 200 м, у берегов Антарктиды оказалась на 200—300 м глубже. Причиной этому служит опускание земной коры под тяжестью льда, ранее покрывавшего материковую отмель толщиной 600—700 м. Сравнительно недавно лед отсюда отступил, но земная кора еще не успела «разогнуться» и, кроме того, она удерживается льдом, лежащим южнее. Неограниченному распространению Антарктического ледникового покрова всегда мешало море.

Всякое расширение ледников за пределы суши возможно лишь при условии, что море у берега не глубокое, иначе морские течения и волнения рано или поздно разрушат выдвинувшийся далеко в море лед. Поэтому граница максимального оледенения проходила по внешнему краю материковой отмели. На антарктическое оледенение в целом большое влияние оказывает изменение уровня моря. При понижении уровня Мирового океана ледниковый покров шестого континента начинает наступать, при повышении происходит его отступление. Известно, что за последние 100 лет уровень моря вырос на 18 см, продолжает расти и сейчас. Видимо, с этим процессом связано разрушение некоторых антарктических шельфовых ледников, сопровождающееся отколом огромных столовых айсбергов длиной до 150 км. Вместе с тем есть все основания полагать, что масса антарктического оледенения в современную эпоху увеличивается, и это тоже может быть связано с происходящим глобальным потеплением. Действительно, потепление климата вызывает активизацию атмосферной циркуляции и усиление межширотного обмена воздушных масс. На Антарктический материк поступает более теплый и влажный воздух. Однако повышение температуры на несколько градусов не вызывает никакого таяния внутри материка, где сейчас стоят морозы в 40—60°С, в то время как увеличение количества влаги приводит к более обильным снегопадам. Значит, потепление вызывает увеличение питания и рост оледенения Антарктиды.

## Последнее максимальное оледенение

Кульминация последней ледниковой эпохи на Земле была 21—17 тыс. лет назад, когда объем льда возрастал приблизительно до 100 млн. км<sup>3</sup>. В Антарктике оледенение в это время захватывало весь континентальный шельф. Объем льда в ледниковом покрове, по-видимому, достигал 40 млн. км<sup>3</sup>, то есть был примерно на 40% больше его современного объема. Граница паковых льдов сдвигалась к северу приблизительно на 10°. В Северном полушарии 20 тыс. лет назад формировался гигантский Панарктический древнеледниковый покров, объединявший Евразийский, Гренландский, Лаврентийский и ряд более мелких щитов, а также обширные плавучие шельфовые ледники. Общий объем щита превышал 50 млн. км<sup>3</sup>, а уровень Мирового океана понижался не менее чем на 125 м.

Деградация Панарктического покрова началась 17 тыс. лет назад с разрушения входивших в его состав шельфовых ледников. После этого «морские» части Евразийского и Североамериканского ледниковых покровов, потерявшие устойчивость, стали катастрофически разрушаться. Распад оледенения произошел всего за несколько тысяч лет. От края ледниковых покровов в то время текли огромные массы воды, возникали гигантские подпруженные озера, а их прорывы были во много раз больше современных. В природе господствовали стихийные процессы, неизмеримо более активные, чем сейчас. Это привело к значительному обновлению природной среды, частичной смене животного и растительного мира, началу господства на Земле человека.

12 тыс. лет назад наступил голоцен — современная геологическая эпоха. Температура воздуха в умеренных широтах повысилась на 6° по сравнению с холодным поздним плейстоценом. Оледенение приняло современные размеры.

## Древние оледенения...

Идеи о древних оледенениях гор были высказаны еще в конце XVIII века, а о прошлом оледенении равнин умеренных широт — в первой половине XIX века. Теория древнего оледенения не сразу завоевала признание среди ученых. Еще в начале XIX века во многих местах земного шара находили штрихованные валуны горных пород явно не местного происхождения, но что их могло принести, ученые не знали. В

1830 году английский исследователь Ч. Лайель выступил со своей теорией, в которой и разнос валунов, и штриховку скал приписывал действию плавучих морских льдов. Гипотеза Лайеля встретила серьезные возражения. Во время своего знаменитого путешествия на корабле «Бигль» (1831—1835 годы) Ч. Дарвин некоторое время прожил на Огненной Земле, где воочию увидел ледники и порождаемые ими айсберги. Впоследствии он писал, что валуны по морю могут разноситься айсбергами, особенно в периоды более широкого развития ледников. А после своего путешествия в Альпы в 1857 году и сам Лайель усомнился в правильности своей теории. В 1837 году швейцарский исследователь Л. Агассис впервые объяснил воздействием ледников и полировку скал, и перенос валунов, и отложение морены. Значительный вклад в становление ледниковой теории внесли русские ученые, и прежде всего П.А. Кропоткин. Путешествуя в 1866-м по Сибири, он обнаружил на Патомском нагорье множество валунов, ледниковых наносов, гладких отполированных скал и связал эти находки с деятельностью древних ледников. В 1871 году Русское географическое общество командировало его в Финляндию — страну с яркими следами недавно отступивших отсюда ледников. Эта поездка окончательно оформила его взгляды. Изучая древние геологические отложения, мы нередко находим тиллиты — грубообломочные окаменевшие морены и ледниково-морские осадки. Они обнаружены на всех континентах в отложениях разного возраста, и по ним восстанавливается ледниковая история Земли за 2,5 млрд. лет, в течение которых планета пережила 4 ледниковые эры, длившиеся от многих десятков до 200 млн. лет. Каждая такая эра состояла из ледниковых периодов, соизмеримых по длительности с плейстоценом, или четвертичным периодом, а каждый период — из большого числа ледниковых эпох.

Продолжительность ледниковых эр на Земле составляет не менее трети всего времени ее эволюции за последние 2,5 млрд. лет. А если учесть длительные начальные фазы зарождения оледенения и его постепенной деградации, то эпохи оледенения займут почти столько же времени, сколько и теплые, безледные, условия. Последний из ледниковых периодов начался почти миллион лет назад, в четвертичное время, и ознаменовался обширным распространением ледников — Великим оледенением Земли. Под мощными покровами льда оказались северная часть Северо-Американского континента, значительная часть Европы, а возможно, также и Сибирь. В Южном полушарии подо льдом, как и сейчас, находился весь Антарктический материк. В период максимального распространения четвертичного оледенения ледники покрывали свыше 40 млн. км<sup>2</sup> — около четверти всей поверхности материков. Крупнейшим в Северном полушарии был Североамериканский ледниковый щит, достигавший в толщину 3,5 км. Под ледниковым покровом толщиной до 2,5 км оказалась вся северная Европа. Достигнув наибольшего развития 250 тыс. лет назад, четвертичные ледники Северного полушария стали постепенно сокращаться. Оледенение не было непрерывным на протяжении всего четвертичного периода. Существуют геологические, палеоботанические и другие доказательства того, 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 приходили похолодания, и ледники распространялись вновь. Сейчас мы живем, по-видимому, в конце четвертой эпохи четвертичного оледенения. Совсем не так, как в Северном полушарии, развивалось четвертичное оледенение Антарктиды. Оно возникло за много миллионов лет до того времени, как появились ледники в Северной Америке и Европе. Помимо климатических условий этому способствовал издавна существовавший здесь высокий материк. В отличие от древних ледниковых покровов Северного полушария, которые то исчезали, то возникали вновь, Антарктический ледниковый покров мало изменялся в своих размерах. Максимальное оледенение Антарктиды было больше современного всего в полтора раза по объему и ненамного больше по площади.

### **... И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ**

Причина крупных изменений климата и возникновения великих оледенений Земли до сих пор остается загадкой. Все высказанные по этому поводу гипотезы можно объединить в три группы — причину периодических изменений земного климата искали либо вне пределов

Солнечной системы, либо в деятельности самого Солнца, либо в процессах, происходящих на Земле.

### **Галактика**

К космическим гипотезам относятся предположения о влиянии на похолодание Земли различных участков Вселенной, которые проходит Земля, двигаясь в космосе вместе с Галактикой. Одни считают, что похолодание наступает тогда, когда Земля проходит участки мирового пространства, заполненные газом. Другие — те же последствия приписывают воздействию облаков космической пыли. Согласно еще одной из гипотез Земля в целом должна испытывать большие изменения, когда она, перемещаясь вместе с Солнцем, переходит из насыщенной звездами части Галактики в ее внешние, разреженные области. Когда земной шар приближается к апогалактию — точке, наиболее удаленной от той части нашей Галактики, где расположено наибольшее количество звезд, он входит в зону «космической зимы» и на нем начинается ледниковая эпоха.

### **Солнце**

Развитие оледенений связывают также с колебаниями активности самого Солнца. Гелиофизики уже давно выяснили периодичность появления на нем темных пятен, вспышек, протуберанцев и научились прогнозировать эти явления. Оказалось, что солнечная активность периодически меняется. Существуют периоды разной длительности: 2—3, 5—6, 11, 22 и около 100 лет. Может так случиться, что кульминации нескольких периодов разной длительности совпадут и солнечная активность будет особенно велика. Но может быть и наоборот — совпадут несколько периодов пониженной солнечной активности, и это вызовет развитие оледенения. Подобные изменения солнечной активности, безусловно, отражаются на колебаниях ледников, но вряд ли способны вызвать великое оледенение Земли.

### **CO<sub>2</sub>**

Повышение или понижение температуры на Земле может происходить также в случае изменения состава атмосферы. Так, углекислота, свободно пропускающая солнечные лучи к Земле, но поглощающая большую часть ее теплового излучения, служит колоссальным экраном, который препятствует охлаждению нашей планеты. Сейчас содержание в атмосфере CO<sub>2</sub> не превышает 0,03%. Если эта цифра уменьшится вдвое, то средние годовые температуры в умеренных поясах снизятся на 4—5°, что может привести к началу ледникового периода.

### **Вулканы**

Своеобразным экраном может служить и вулканическая пыль, выбрасываемая при крупных извержениях до высоты 40 км. Облака вулканической пыли, с одной стороны, задерживают солнечные лучи, а с другой — не пропускают земное излучение. Но первый процесс сильнее второго, поэтому периоды усиленного вулканизма должны вызывать охлаждение Земли.

### **Горы**

Широко известна и идея о связи оледенения на нашей планете с горообразованием. Во время эпох горообразования поднимавшиеся крупные массы континентов попадали в более высокие слои атмосферы, охлаждались и служили местами зарождения ледников.

### **Океан**

По мнению многих исследователей, оледенение может возникать также в результате перемены направления морских течений. Например, течение Гольфстрим ранее было отклонено выступом суши, простиравшимся от Ньюфаундленда к островам Зеленого мыса, что способствовало охлаждению Арктики по сравнению с современными условиями.

### **Атмосфера**

В последнее время ученые стали связывать развитие оледенения с перестройкой циркуляции атмосферы — когда в отдельные районы планеты попадает значительно большее количество осадков и при наличии достаточно высоких гор здесь возникает оледенение.

### **Антарктида**

Возможно, возникновению оледенения способствовало поднятие Антарктического материка. В результате разрастания ледникового покрова Антарктиды на несколько градусов уменьшилась температура всей Земли и на несколько десятков метров понизился уровень Мирового океана, что способствовало развитию оледенения на севере.

## **"Новейшая история"**

Последнее отступление ледников, начавшееся свыше 10 тыс. лет назад, осталось на памяти людей. В историческую эпоху — примерно за 3 тыс. лет — наступания ледников происходили в столетия с пониженной температурой воздуха и увеличенной увлажненностью. Такие же условия складывались в последние века прошлой эры и в середине прошлого тысячелетия.

Около 2,5 тыс. лет назад началось значительное похолодание климата. Арктические острова покрылись ледниками, в странах Средиземноморья и Причерноморья на грани новой эры климат был более холодным и влажным, чем сейчас. В Альпах в I тысячелетии до н. э. ледники выдвинулись на более низкие уровни, загромодили горные перевалы льдами и разрушили некоторые высоко расположенные селения. На эту эпоху приходится крупное наступление кавказских ледников. Совсем другим был климат на рубеже I и II тысячелетий.

Более теплые условия и отсутствие льдов в северных морях позволили мореплавателям Северной Европы проникнуть далеко на север. С 870 года началась колонизация Исландии, где ледников в то время было меньше, чем теперь.

В X веке норманны, ведомые Эйриком Рыжим, обнаружили южную оконечность огромного острова, берега которого заросли густой травой и высоким кустарником, они основали здесь первую европейскую колонию, а землю эту назвали Гренландией.

К концу I тысячелетия сильно отступили и горные ледники в Альпах, на Кавказе, в Скандинавии и Исландии. Климат начал снова серьезно меняться в XIV веке. В Гренландии стали наступать ледники, летнее оттаивание грунтов становилось все более кратковременным, и к концу века здесь прочно установилась вечная мерзлота. Возросла ледовитость северных морей, и предпринимавшиеся в последующие века попытки достигнуть Гренландии обычно заканчивались неудачей. С конца XV века началось наступление ледников во многих горных странах и полярных районах. После сравнительно теплого XVI века наступили суровые столетия, получившие название малого ледникового периода. На юге Европы часто повторялись суровые и продолжительные зимы, в 1621 и 1669 годах замерз пролив Босфор, а в 1709 году у берегов замерзало Адриатическое море. Во второй половине XIX века завершился малый ледниковый период и началась сравнительно теплая эпоха, продолжающаяся и сейчас.

## Что нас ждет?

Потепление XX столетия особенно четко было выражено в полярных широтах Северного полушария. Колебания ледниковых систем характеризуются долей наступающих, стационарных и отступающих ледников. Так, например, для Альп имеются данные, охватывающие все прошедшее столетие. Если доля наступающих альпийских ледников в 40-50-х годах была близка к нулю, то в середине 60-х здесь наступало около 30%, а в конце 70-х — 65—70% обследованных ледников. Подобное их состояние свидетельствовало о том, что антропогенное увеличение содержания двуокси углерода, других газов и аэрозолей в атмосфере в XX столетии не повлияло на нормальный ход глобальных атмосферных и ледниковых процессов. Однако в конце прошлого века повсюду в горах ледники перешли к отступанию, что стало реакцией на глобальное потепление, тенденция которого особенно усилилась в 1990-х годах.

Известно, что возросшее ныне количество выбросов в атмосферу аэрозоля антропогенного происхождения способствует уменьшению прихода солнечной радиации. В связи с этим появились голоса о начале ледниковой эпохи, но они затерялись в мощной волне опасений грядущего антропогенного потепления из-за постоянного роста  $\text{CO}_2$  и других газовых примесей в атмосфере.

Увеличение  $\text{CO}_2$  ведет к увеличению количества задерживаемого тепла и тем самым повышает температуру. Такое же воздействие оказывают и некоторые малые газовые примеси, попадающие в атмосферу: фреоны, окислы азота, метан, аммиак и так далее. Но тем не менее далеко не вся масса образующейся при сгорании двуокси углерода остается в атмосфере: 50—60% промышленных выбросов  $\text{CO}_2$  попадают в океан или усваиваются растениями. Многократный рост концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере не ведет к такому же многократному росту температуры. Очевидно, существует природный механизм регулирования, резко замедляющий парниковый эффект при концентрациях  $\text{CO}_2$  превышающих двух- или трехкратные.

Какова перспектива роста содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере в ближайшие десятилетия и как будет повышаться температура вследствие этого, определенно сказать трудно. Некоторые ученые предполагают ее увеличение в первой четверти XXI века на 1—1,5°, а в дальнейшем и еще больше. Однако эта позиция не доказана, есть много оснований полагать, что современное потепление представляет собой часть естественного цикла колебаний климата и в недалеком будущем сменится похолоданием. Во всяком случае, голоцен, длящийся уже более 11 тыс.

лет, оказывается самым длинным межледниковьем за последние 420 тыс. лет и уже скоро, очевидно, закончится. И мы, заботясь о последствиях текущего потепления, не должны забывать и о возможном грядущем похолодании на Земле.

Владимир Котляков, академик, директор Института географии РАН