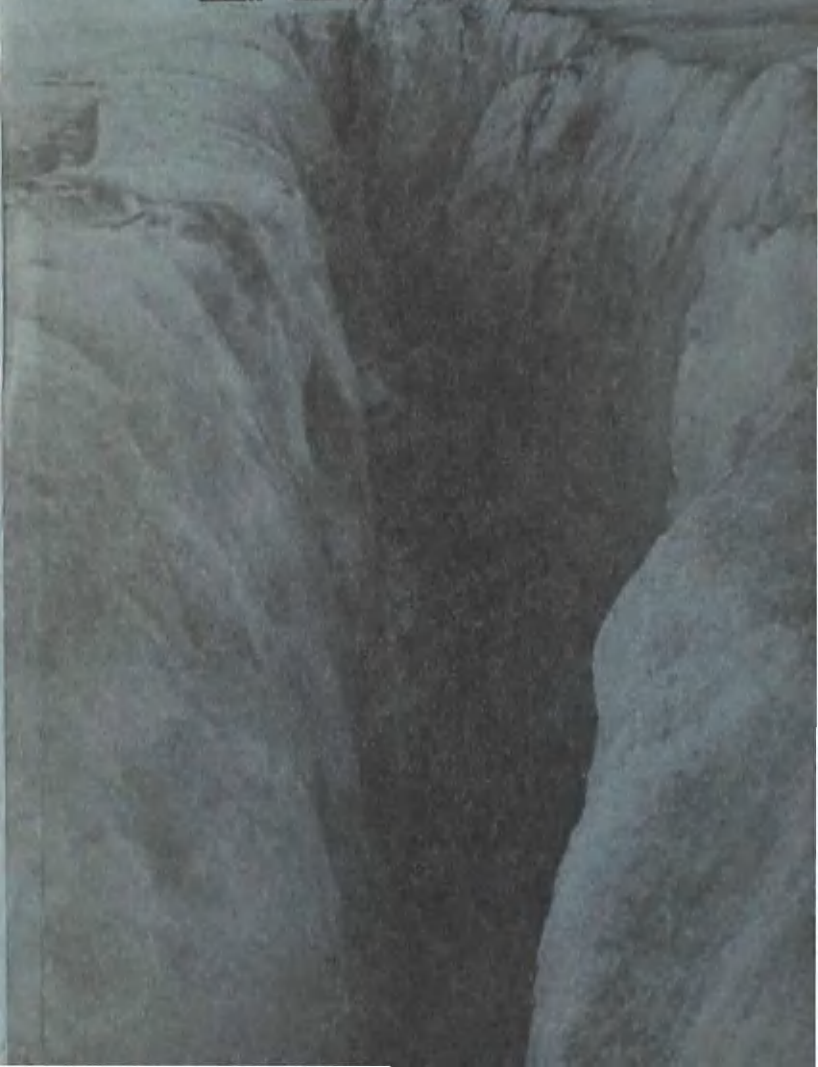


В.В. Бердников

ДРЕВНИЙ ХОЛОД





В.В. Бердников

ДРЕВНИЙ ХОЛОД



МОСКВА
"МЫСЛЬ"
1983

ББК 26.228

Б 48

РЕДАКЦИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ

РЕЦЕНЗЕНТ
доктор географических наук,
член-корреспондент АН СССР
В. М. КОТЛЯКОВ

Б 1905030000-151
004(01)-83 130-83

© Издательство «Мысль», 1983

История цивилизации на Земле, начиная со времени ранних культур Востока и Древнего Египта, возникших за несколько тысяч лет до нашей эры,— история, включающая в себя образование, расцвет и гибель обширных государств, сотни войн, смену общественно-экономических формаций,— вся бесконечная вереница событий и дат составляет лишь часть одной геологической эпохи.

Эта теплая эпоха — межледниковье (последледниковье?), — по геологическим данным, началась около 10 тыс. лет назад и продолжается поныне.

Нынешнее теплое время пришло на смену холодному, и такое чередование происходило на Земле неоднократно. Последний — четвертичный — геологический период, или плейстоцен, продолжался более 1,5 млн. лет и характеризовался как раз последовательными переходами от холодных ледниковых эпох к теплым — межледниковым.

Спутники холодных эпох — покровные оледенения и многолетняя мерзлота. Оледенения охватывали океаны и горные массивы, менялись направления течения рек и очертания морских берегов. Это было настоящее царство льда, безжизненных пространств, простиравшихся на тысячи километров и существовавших многие тысячи лет.

Постепенно начиналось потепление, ледники сокращались, таяли и исчезали с поверхности суши. Лесная растительность продвигалась к северу,

менялся весь облик северных равнинных территорий, приобретая современный вид.

Поверхности северных равнин Европы и Америки в настоящее время покрыты отложениями, состоящими из прослоев глин и песков, чередующихся с многометровыми толщами, содержащими окатанные обломки — валуны, гальку и гравий. На этих пространствах встречаются огромные глыбы до нескольких десятков метров в поперечнике — гранитные валуны, которые оказались перемещенными на сотни километров от выходов соответствующих гранитов на поверхность.

Отложения, чаще всего рыхлые, сформировавшиеся за последние 1—1,5 млн. лет, называют четвертичными, и они составляют объект изучения четвертичной геологии.

Изменения лика Земли, даже самые незначительные, отражены в напластовании слоев, их мощности, разнообразных включениях, остатках животных и растений. Большой интерес представляют нарушения первоначального залегания отложений, которые свидетельствуют о смене условий осадконакопления, по ним можно узнать об особенностях жизни земной поверхности в отдаленном прошлом.

При раскопках или при строительстве в умеренном поясе нередко на большой глубине встречаются кости северных оленей, песцов и других обитателей холодных стран, а также зубы и бивни мамонтов, остатки шерстистых носорогов, пещерных медведей — животных, весь облик которых говорит об их существовании в суровых климатических условиях. Постепенно ученые научились распознавать, объяснять и классифицировать сформированные в четвертичный период отложения, что позволило воссоздать историю древнего холода Земли.

Древние покровные ледники Евразии и Северной Америки достигали толщины 3—3,5 тыс. м, а в областях зарождения — и больше. Синхронно с оледенениями возникали области многолетнемерзлых пород. Мощности последних не всегда можно восстановить, но скорее всего в наиболее суровых районах они превышали сотни метров, а сама мерзлота существовала на гораздо больших площадях, чем в настоящее время.

По сравнению с холодными эпохами в настоящее время снега и льды занимают на Земле меньшую территорию. Однако в жизни современной природы ледники и многолетняя мерзлота — самые характерные и яркие проявления холода — продолжают играть важную роль. Они распространены почти во всех частях земного шара, покрывают огромные площади у Северного и Южного полюсов Земли, острова Северного Ледовитого океана, существуют в высокогорных хребтах Евразии, Северной и Южной Америки, Африки.

Самые большие современные покровные ледники на Земле — ледниковые щиты Антарктиды и Гренландии. Это не так мало — один континент и огромный остров, где толщина льда достигает нескольких тысяч метров. Ледниковый покров Антарктиды имеет среднюю мощность 1786 м, а максимальная толщина льда достигает 4350 м. Общий объем льда на Земле, по современным подсчетам, составляет около 30 млн. куб. км.

Современные ледники сохранили информацию о природных изменениях прошлого, и эту «летопись» в настоящее время читают и расшифровывают ученые, последовательно получая информацию о все более отдаленном времени.

Многолетнемерзлые породы почти повсеместно распространены на Севере, они занимают 25% всей суши земного шара и около 50% территории

Советского Союза. Вечномерзлые слои Западной и Восточной Сибири имеют мощности в сотни (до полутора тысяч) метров и сформировались скорее всего около 2 млн. лет назад, а последние 600 тыс. лет существовали постоянно. В этих районах следы древнего холода иногда обнаруживают в виде глыб и прослоев льда, находящихся на различной глубине.

Большинство месторождений нефти, газа, угля и цветных металлов на территории СССР находится в областях с суровыми природными условиями. Для их успешного освоения необходимо не только знать геологические условия залегания, но также и учитывать, как и когда возникла область многолетней мерзлоты.

На все эти вопросы можно ответить, только изучая геологическое прошлое Земли, сравнивая, сопоставляя природно-ландшафтную обстановку минувших эпох и современные условия.

Все большее число геологов и географов, выезжая на полевые работы, обнаруживают следы древней, ископаемой мерзлоты, уточняют границы ее распространения, время возникновения и разрушения. Непрерывно собираются данные о современной области многолетнемерзлых пород, уточняются представления о характере ее проявлений в природе, о ее развитии.

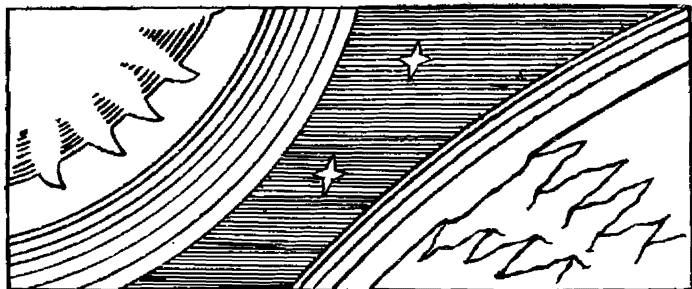
Как будут вести себя современные ледники в ближайшем и отдаленном будущем? Возможно ли новое похолодание и возникновение на Земле покровных оледенений? Как изменится поверхность огромных территорий при осуществлении проектов преобразования Севера, предполагающих переброску вод? Что произойдет при протаивании мерзлоты в больших масштабах?

Ответы на эти вопросы можно получить, целенаправленно изучая древние холодные эпохи. Не-

обходимость такого познания чрезвычайно важна. Ибо только зная прошлое, изучив законы перехода природной среды из одного состояния в другое, и в частности от оледенений к межледниковьям, от возникновения мерзлых толщ к их деградации, можно с некоторой долей вероятности предвидеть будущие изменения.

Любое вторжение в современное царство холода, будь то освоение новых месторождений в области вечномерзлых грунтов или строительство новых дорог и нефтепроводов, требует умения предвидеть. Оно необходимо при оценке крупных проектов изменения природных систем, природоохранных мероприятиях. Правильно предсказанные последствия хозяйственной деятельности человека в районах распространения многолетней мерзлоты помогут преодолеть инженерно-технические трудности освоения таких территорий и дадут миллионы рублей экономии.

Автор приносит благодарность всем, кто поддерживал идею написания книги, и тем специалистам, которые ознакомились с рукописью и сделали ценные замечания.



Глава I

ЭПОХИ ОЛЕДЕНЕНИЙ

Блуждающие валуны

В недалеком прошлом, когда впервые расчищались от леса и распахивались равнины России, Канады, США, Скандинавских и других северных стран, людям приходилось бороться с камнями, которые в изобилии лежали на поверхности или были погружены в почву. Мелкие шли на постройки, крупные с помощью костров и воды кололи на части и увозили с полей. Но камни продолжали появляться на полях вновь — росли из земли, и это уже считалось явным действием сверхъестественных сил, противостоять которым было совершенно невозможно. К середине XIX в. геологи обнаружили и изучили массу глыб и валунов, лежащих непосредственно на поверхности. Количество находок быстро увеличивалось. Ученые стали называть их эрратическими, или блуждающими, валунами.

Характерно, что еще в 30-х годах XIX в. Чарльз Дарвин находил эрратические валуны на Огненной

Земле, т. е. в самой южной части материка Южной Америки. Максимальное количество находок было приурочено к территориям северо-запада Русской равнины, Прибалтики, северу Польской и Северо-Германской низменностей, Британии, всей Северной Америки между Атлантическим океаном и Скалистыми горами. Обломки округлых форм размером от 0,5 до 1 м и глыбы от 1 до 10 м и более в поперечнике либо просто лежали на поверхности, либо были заключены в толщах красно-бурых и коричневатых глин и суглинков. Иногда обнаруживались целые поля или холмы валунов и более мелкого каменного материала — гравия и гальки.

Откуда же они появились среди однообразных пологих холмов, на берегах тихих равнинных рек и озер? Какой силой разметало тысячепудовые ядра?

Однообразие северных равнин нарушают узкие, вытянутые гряды высотой 10—30 м с крутыми склонами, которые сложены песками, гравием и могут тянуться на сотни метров, а иногда и десятки километров. В других местах расположены аккуратно «насыпанные» холмы 10—20-метровой высоты, состоящие из слоистых песков, суглинков, супесей. Отдельные холмы могут достигать в высоту 40 и более метров!

Высокие обрывы рек, незадернованные склоны или стенки глубоких оврагов, лишенные растительности, называются естественными геологическими обнажениями. В них можно наблюдать чередование супесей, песков и торфов с пластами плотных суглинков или глин, содержащих большое количество каменного материала.

Обломки бывают самой разнообразной формы и величины. Одни напоминают валуны, встреченные на поверхности земли, и поражают своими размерами. В других местах округлыми, как ядра,

или мелкими вытянутыми, как речная галька, обломками грунты буквально набиты так, что мелкоземистый материал составляет лишь тонкие прослойки. Такие отложения достигают мощности 10 и более метров, прослеживаясь не только в данном обнажении, но и на расстоянии в десятки километров.

В северных и средних широтах по обрывам крупных рек во многих обнажениях можно наблюдать, как слои рыхлых пород оказываются смятыми в многометровые складки, нарушающие их горизонтальное залегание.

Естествоиспытатели и геологи, впервые обратившие внимание на эти явления, выдвигали много разнообразных гипотез. Предполагалось перемещение валунов айсбергами или на льдинах во время разлива рек, выдвигались идеи инопланетного или метеоритного происхождения. Возникновение холмов и гряд объясняли деятельностью рек, ветра и других сил.

Даже при самом первом знакомстве с большими и малыми камнями оказалось, что все эрратические, или блуждающие, валуны обладают характерными особенностями: их формы — округленные, поверхности — сглаженные, остроугольники встречаются чрезвычайно редко. Жителям северной и средней полосы европейской части СССР (районов Нечерноземья) за примерами далеко ходить не надо. Почти на всех полях или обочинах дорог можно встретить не только мелкие, но и массивные округлые «туши» древних валунов.

Среди эрратических валунов и глыб есть поистине легендарные экземпляры, имеющие даже собственные имена, список которых, по Р. Флинту (1963 г.), уместно здесь привести:

глыба известняка в Ле-Леванс, Швейцария, объемом $18,5 \times 16 \times 15$ м;

эрратический валун под названием «Мэдисон» около Конвея, Нью-Гэмпшир, — обломок гранита размером $27 \times 12 \times 11,5$ м, весом 4600 т;

эрратический валун под названием «Ототокс», в 30 милях южнее Калгари, Альберта — глыба объемом $50 \times 16,5 \times 7,5$ м, состоящая из двух кусков кварцита общим весом 18 150 т;

плита известняка в округе Уоррен, Огайо, площадью 1850 кв. м, весом 13 500 т;

эрратическая глыба мела около Мальмё, Швеция, длиной 5 км, шириной 300 м, высотой 30—60 м.

В России наибольшую известность получил так называемый «Гром-камень», который весил более 1500 т и послужил основанием для памятника Петру I в Ленинграде. Эта дикая скала была найдена в 12 верстах от Петербурга и производила такое впечатление, что, по свидетельствам современников, «взирание на оный возбуждало удивление, а мысль перевезти его на другое место приводила в ужас».

Максимальных размеров в Европе достигают валуны, принесенные из районов Финляндии и Карелии и состоящие из гранитов рапакиви. Геологи, изучающие каменный материал, установили, что разнообразие форм валунов определяется особенностями материнских пород — тех коренных выступов и скал, от которых они были оторваны ледником.

Согласно существующим классификациям, по форме валуны подразделяются на: утюгообразные, призматические, цилиндрические, клиновидные, пирамидальные, бобовидные, дисковидные, шаровидные и др.

Красноватые, серые, коричневатые граниты, разнообразные песчаники, сланцы, гнейсы, известня-

ки составляют богатый и разнообразный набор. Как правило, чем далее к югу находятся валуны и чем в более древних горизонтах они встречены, тем хуже их сохранность. Как мы увидим, некоторые валуны были не только перенесены на многие километры, но и переотложены из одного горизонта в другой. После долгой транспортировки они навсегда сохранили на поверхности следы в виде полировки, шрамов, борозд, сколов. Далеко не все породы, даже кажущиеся очень прочными, выдерживали далекий путь; со временем они начинали крошиться, превращаясь в дресву, становились такими мягкими (выветрелыми), что легко разрезались лопатой. Например, кремнь плохо выносит транспортировку, и желваки кремня довольно быстро распадаются на остроугольные обломки.

Перечисленные выше признаки вместе с другими позволили составить достаточно полные характеристики встреченных валунов, гальки, гравия — всего каменного материала, залегающего в толщах рыхлых пород. Благодаря детальным исследованиям состава, формы, характера поверхности камней появилась возможность более уверенно и определенно устанавливать, откуда они были перенесены.

Среди разнообразного каменного материала стали выделять валуны нескольких пород, выходы которых преобладают в каком-либо районе. Такие валуны получили название «руководящих». Сам район, в котором расположены коренные выходы соответствующих пород, чьи обломки превратились впоследствии в валуны, называют «питающей провинцией».

В качестве примеров можно указать, что на территории южной Прибалтики встречены валуны пород из различных районов Фенноскандии, от-

стоящих на 900—1000 км от мест, куда был занесен каменный материал. Руководящие валуны на территории Северной Европы приносились из средней Швеции, с Аландских островов. На территории СССР к руководящим породам относятся шокшинские кварциты, кольские нефелиновые сиениты, некоторые граниты, гнейсы и др. В центральной Ирландии руководящие валуны происходят из гранитного массива Голцей; для Северной Америки характерны гранитогнейсы, сланцы, доломиты, яшмовые конгломераты и т. д.

На огромных пространствах Русской равнины, включая север Украины, обнаруживаются дальние «переселенцы», камни-путешественники, родиной которых были гранитные массивы Фенноскандии, скалистые выступы Карелии, горные кряжи Урала, каменистые берега северных островов. Есть любопытная деталь: многие валуны переоткладывались из более древних пластов в более молодые, приобретая лучшую окатанность, обработку льдами и водными потоками. Это обстоятельство существенно затрудняет восстановление путей их миграции. Сходные по составу валуны происходили из одной, реже двух основных питающих провинций, занимающих небольшие площади. Пунктиры, показывающие пути перемещения (рассеивания) камней, постепенно сходятся на территории севера Русской равнины, точно указывая на участки выходов кристаллических пород на современную поверхность. В Северной Америке обычный путь транспортировки валунов составлял 500 и более километров, но не превышал 1200 км.

Факты показывают, что изучение закономерностей разноса каменного материала имеет большое практическое значение. На схематической карте восточной части центра Северной Америки, приведенной Р. Флинтом, отмечены места находок

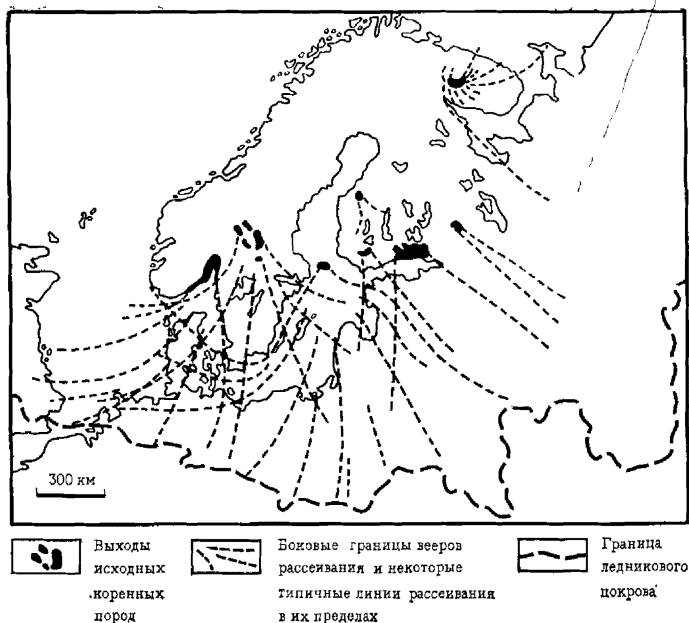


Рис. 1. Конусы рассеивания руководящих валунов Скандинавским ледниковым щитом (по Р. Флинту).

алмазов превосходного качества. Находки эти сделаны в районах, расположенных к югу от Великих озер; пути их переноса намечены пунктиром, коренной источник неизвестен, но геологи с уверенностью считают, что он связан с докембрийскими породами Канадского щита.

Сходные примеры не единичны, и возникает желание побольше и поточнее знать о законах перемещения каменного материала...

Каменный материал, и в первую очередь древ-

ние валуны, долгое время загадочные и непонятные, как бы обрели свой язык и начали рассказывать о своем прошлом и условиях возникновения. Перенесенные на многие тысячи километров, испытывавшие воздействие льда, водных потоков, ветров, погребенные в толщах отложений на сотни метров и вновь поднятые на поверхность, валуны молчаливо лежат перед нами.

Форма, состав, возраст, состояние поверхности (шрамы, царапины), степень сохранности, ориентировка по сторонам света и в конечном счете питающая провинция — вот основные «анкетные данные» блуждающих валунов и более мелкого каменного материала.

Гипотезы и теории существования ледников

Еще в первой половине XIX в. наблюдения над геологической деятельностью современных ледников и изменениями их границ привели некоторых ученых к мысли о возможности существования в древности обширных ледниковых покровов. Эти ледники скорее всего занимали не только возвышенные, горные районы, но широко распространялись и на низменности. Однако приблизительно до середины XIX в. большинство геологов и естествоиспытателей придерживались взглядов, изложенных английским ученым Ч. Лайелем. Сущность этой гипотезы заключалась в том, что в древние эпохи предполагалось значительно более широкое, чем нынешнее, распространение морей, а валуны и прочий каменный материал переносились льдинами и даже айсбергами. Концепция получила название дрифтовой (от английского слова drift — «относиться течением») и была возведена в ранг ведущей геологической теории.

Сама по себе транспортировка камней, песка и глины на льдинах существовала во все времена и существует сегодня. Но для того чтобы объяснить происхождение и разнос валунов да еще формирование многометровых толщ, содержащих каменный материал, требовалось представить распространение древних морей на огромные пространства. Не только прибрежные низины, но и равнины, возвышенности, имеющие высоты до нескольких сот метров над уровнем моря, должны были покрываться холодными морями. Но тогда возникало множество вопросов: чем же были обусловлены такие подъемы уровня Мирового океана? Почему в отложениях нет признаков, характерных для морских осадков? Где были берега, а значит, сейчас следы границ древних морей?

Одновременно с возникновением этих противоречий умножались фактические данные об оледенениях гор. Появилась возможность сопоставить результаты деятельности горно-долинных ледников и обнаруженные на равнинах следы сходной геологической деятельности. Ученые уже знали, что современные ледники могут иметь мощности в десятки и сотни метров и занимать обширные площади. Однако для того, чтобы представить территории целых государств, погребенных покровным ледником, требовалась большая научная смелость.

Во второй половине XIX в. в Европе была сформулирована теория материковых оледенений, в разработке которой большую роль сыграли научные идеи русских ученых Г. Е. Щуровского и Ф. Б. Шмидта. Выдающееся значение имели оригинальные материалы и теоретические представления П. А. Кропоткина, которого по праву называют отцом ледниковой теории. «Исследования о ледниковом периоде» — так называлась изданная в 1876 г. монография П. А. Кропоткина, содержа-

щая анализ полевых наблюдений для территории северо-запада России и научное обоснование теории покровных оледенений. В 1865—1866 гг. П. А. Кропоткин и Ф. Б. Шмидт уже публично излагали свои гипотезы существования древних материковых оледенений на территории Русской равнины, но при этом не отрицали полностью возможности разноса материала льдинами и айсбергами.

Для территории Средней Европы основополагающими явились работы шведского ученого О. Торелля. В 1875 г. О. Торелль на заседании Германского геологического общества сообщил, что, по его наблюдениям, граница скандинавского оледенения может быть проведена в соответствии с рассеиванием валунов, имеющих также преимущественно скандинавское происхождение.

Анализируя распространение идей о покровном оледенении, Р. Флинт (1963 г.) указывает, что в Америке развитие ледниковой теории связано с работами переехавшего туда в 1846 г. швейцарского исследователя Ж. Л. Агассиса.

Чтобы представить себе истинное значение происшедших изменений ведущих геологических концепций, нужно учесть, что от времени публикации работ Ч. Лайеля в 1830—1833 гг. до появления основных трудов Ф. Б. Шмидта, О. Торелля, П. А. Кропоткина прошло 40 лет. За эти четыре десятилетия одна из концепций — дрифтовая перешла в категорию гипотез, а противоположная заняла главенствующее положение.

В начале нынешнего века большинство геологов уже не только приняли теорию покровных ледников, но и насчитывали не одно оледенение, а несколько. Представления о неоднократном возникновении покровных ледников, сформулированные в русской геологии П. А. Кропоткиным, были затем разработаны в трудах А. П. Павлова,

Н. М. Сибирцева, В. Н. Сукачева и др. Согласно этим взглядам, в течение последнего геологического периода в Северной Америке и на севере Евразии холодные ледниковые эпохи несколько раз сменялись теплыми — межледниковыми, а ледники соответственно то разрастались, то деградировали.

В научных представлениях о возникновении ледников, их неоднократности и образовании связанных с ними форм рельефа долгое время господствовали идеи немецких исследователей А. Пенка и Э. Брюкнера. Изучение ледников в предгорьях Альп обусловило создание так называемой классической схемы, согласно которой было четыре основных ледниковых эпохи: гюнц, миндель, рисс, вюрм. Эти наименования произошли от названий соответствующих рек в предгорьях Альп. Самыми древними считались отложения, относящиеся к ледниковому комплексу гюнц.

Для территории Северной Америки установлено существование четырех самостоятельных оледенений: небрасского, канзасского, иллинойского, висконсинского.

Формы и типы ледникового рельефа, их генезис (происхождение), классификация, смены стадий развития оледенения — эти и многие другие вопросы четвертичной геологии были разработаны К. К. Марковым. Они вошли в книгу И. П. Герасимова и К. К. Маркова «Ледниковый период на территории СССР» (1939), в которой была убедительно обоснована схема трехкратного возникновения оледенений на Русской равнине.

Характерно, что с течением времени возникли и продолжают возникать более дробные и сложные, так называемые полигляциалистические схемы, предполагающие существование 5—6 и более оледенений. Существуют и «моногляциалистиче-

ские представления, предусматривающие только одно оледенение.

В последние десятилетия на основе анализа многочисленных материалов по геологическим разрезам и скважинам, результатов геофизических исследований, изучения форм рельефа, дешифрирования аэрофотоснимков ледниковых и сопредельных районов и применения абсолютной геохронологии значительно уточнились представления о форме, размерах и продолжительности существования древних ледниковых щитов. В настоящее время проведены фундаментальные исследования в областях современного оледенения Земли, и в первую очередь в Антарктиде. Данные о строении, толщине, возрасте Антарктического и Гренландского ледниковых щитов послужили основой для сопоставления с древними ледниковыми покровами и их реконструкций. Начали создаваться модели древних ледников, учитывающие не только их параметры, но и тепловые и климатические режимы. Согласно реконструкциям, ледники, возникающие во время днепровского и валдайского оледенений, представляли собой ледниковые щиты, имеющие огромные мощности и гигантские размеры. Так, по данным П. С. Воронова, высота Днепровского ледникового щита могла составлять 3800 м, а максимальная высота превышала 4000 м.

Мощность льдов во время максимума последнего оледенения оценивается от 2650 до 3750 м, и, по мнению большинства исследователей, она составляла около 3000 м. Ледниковые щиты отличались асимметрией: юго-восточные склоны щитов были более пологими, чем северо-западные.

Размеры Лаврентьевского ледникового щита (североамериканского) по площади в несколько раз превышали ледниковый покров Европы, достигая

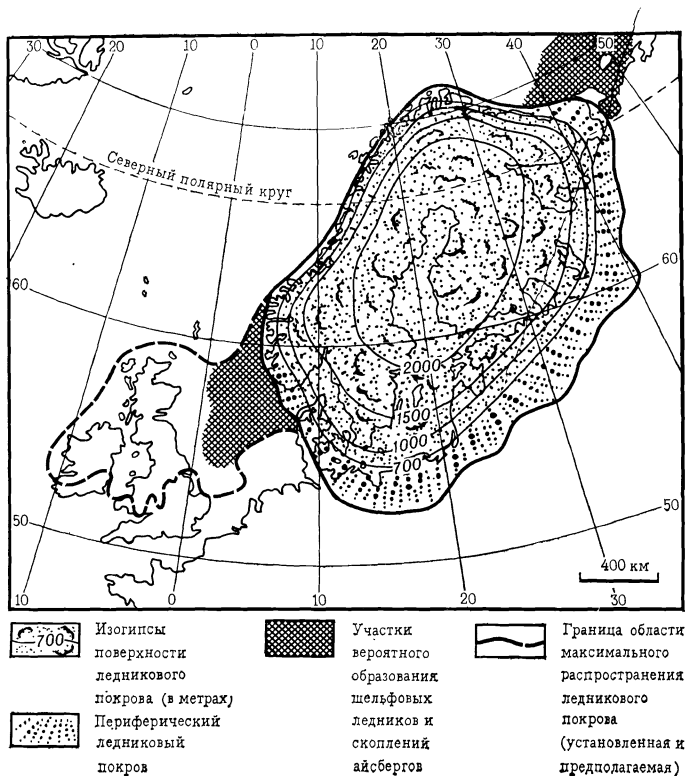


Рис. 2. Реконструкция Валдайского ледникового щита (по А. А. Асееву)

12 млн. кв. км — почти вся северная часть материка от Атлантического океана до Тихого была занята покровом льда. Его средняя толщина была около 2000 м, а наибольшая превышала 3000 м.

Приведенные реконструкции составлены главным образом на основе данных о площадных раз-

мерах ледников и соотношении площади и толщины льдов, определяемом законами растекания льда.

Покровный ледник нужно понимать как динамичную систему, включающую центры ледниковых покровов, о которых мы говорили, ледниковые щиты мощностью в несколько тысяч метров в областях зарождения и периферические части — гигантские ледники с мощностью льда в несколько сот метров с выступающими ледниковыми языками (лопастями). Основной рост и накопление массы ледника на севере Европы происходил на севере — северо-западе Скандинавии — ледниковый щит как бы тянулся к питанию, а основной расход — растекание, формирование периферийного покрова — был устремлен в южном направлении. Так, В. М. Котляков и А. Н. Кренке подчеркивают, что «морфология ледников сильно зависит от климатических условий; повсюду оледенение в целом смещено (!) в сторону климатических фронтов... а свободная ото льда суша находится далее всего от них, пусть даже и далеко к северу (например, Земля Пири на севере Гренландии)».

Во время максимума последнего оледенения происходило смещение (миграция) центра Скандинавского ледникового щита в сторону Ботнического залива.

Палеогеографы и палеогляциологи сравнительно легко оперируют такими величинами, как сотни метров мощности, километры высоты, сотни километров расстояний. Необходима большая смелость и широта географического кругозора, чтобы охватить, представить и описать грандиозные ледники древности. Характерно, что приведенные цифры и построения получены при изучении геологических следов ледников: горизонтов морен, форм рельефа, образований, имеющих мощности и размеры

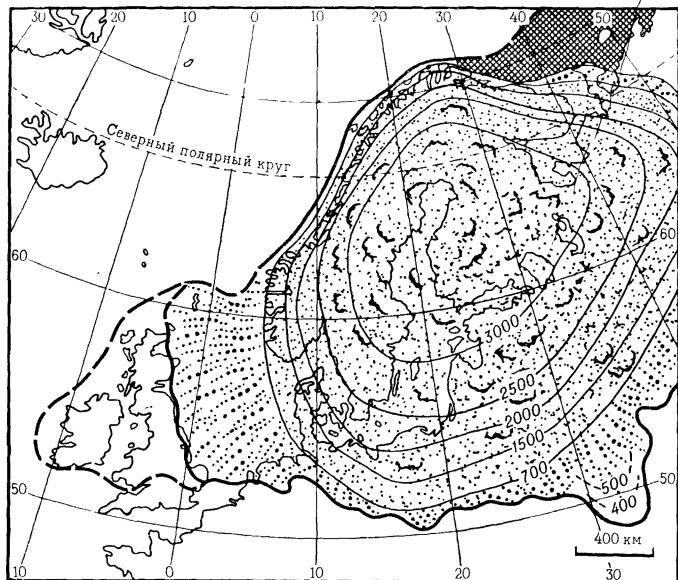


Рис. 3. Реконструкция Днепровского ледникового щита (по А. А. Асееву) (условные обозначения см. рис. 2)

в десятки, редко сотни метров, т. е. на порядок-два меньше, чем реконструируемые объекты.

Накопление массы ледника происходило первоначально в сравнительно небольшом районе. В дальнейшем ледниковый покров выходил за границы этого района, и начиналось наступание ледника.

Скорости движения покрова были разными, существенное влияние оказывал рельеф местности, по которой двигался ледник. Быстро заполнялись льдом котловины морских заливов и озер, по низинам и долинам крупных рек ледниковый покров

продвигался далеко на юг, образуя выступающие (выводные) языки, их формирование обусловливалось рельефом коренных пород.

Возвышенности, сложенные достаточно прочными породами, были естественными барьерами или ледоразделами, они разделяли ледниковый покров на отдельные лопасти. Таким образом, с удалением от района зарождения ледниковый покров дифференцировался, и вследствие этого граница его распространения имела неровные очертания.

Всегда говорят, что ледник двигался. Как же это происходило? Совершался непрерывный круговорот льда, т. е. во многие сотни раз замедленный круговорот воды, по схеме: «снег — фирн — лед — вынос льда к периферии — таяние». Чтобы лучше понять и представить себе это движение, можно привести результаты наблюдений за движением льдов в современной Антарктиде.

Перенос льда происходит путем его движения от центра к краям щита, главным образом в выводных ледниках. Существуют расчеты, показывающие, что полный влагооборот в Антарктике может произойти лишь за многие тысячи лет. По расчету П. А. Шумского, движение льда даже от внешней границы центральной области Антарктиды (с радиусом 1400 км) до края покрова длится более 10 тыс. лет.

Скорость течения льда в Антарктиде различна: на выводных ледниках скорости возрастают к краю до 400—500 и даже 1000—1200 м/год; на разделяющих участках, наоборот, уменьшаются до 100 м/год. Общий вывод заключается в том, что при отсутствии видимой дифференциации течения скорость движения ледника у края колеблется в пределах 120—400 м/год. Она зависит от нескольких факторов, и в первую очередь от температур льда по всей толще и на контакте с ложем. Повышение

температуры льда ледников изменяет их режим, причем сильно возрастает скорость течения льда и соответственно уменьшается толщина льда. Теоретически показано, что в центральных частях ледниковых щитов основание льда под влиянием собственной тяжести и потока тепла из недр Земли имеет температуры, близкие к точке плавления.

В настоящее время считается доказанным, что в центральных районах Антарктиды есть крупные подледные озера; в буровой скважине, пробуренной американскими исследователями до ложа ледника, появилась вода и установилась на уровне 60 м от ложа. Обычно вода вытесняется к краю ледника, где снова замерзает.

Возвращаясь к древним покровным ледникам, можно отметить, что существуют расчеты, согласно которым при скорости движения около 100 м/год должно было пройти 10 тыс. лет, чтобы ледник продвинулся на 1000 км за пределы области зарождения. По теоретическим расчетам Вертмана, трансгрессивная фаза оледенения (т. е. наступания ледника) была значительно длиннее регрессивной (отступления).

Ледник двигался, преодолевая небольшие возвышенности, долины, склоны — словом, его путь был далеко не ровным. Считается, что подледный рельеф слабо отражался на поверхности льда, если неровности этого рельефа не превышали одной трети мощности ледникового покрова; а поскольку в краевой зоне европейских ледниковых щитов возвышенности достигали 100—150 м, мощности льда составляли 500 и более метров, то и характер поверхности ледника существенно не изменялся. Иной была картина в районах с более контрастным рельефом. Ледник при движении огибал, например, скальные массивы северо-западной части

Карелии, где лед должен был «вписываться» в жесткие рамки коренных пород.

Постепенно вырабатывались понятия о последовательном разрушении ледниковых покровов, возникновении в заключительные периоды существования ледников обширных зон мертвого льда, который не двигался, а медленно таял, разрушался на месте, образуя многочисленные холмы, озера и другие формы рельефа. Ледник не просто растаял, наступал или сокращался, в его продвижении выделяют периоды, или циклы,— длительные состояния, которые в свою очередь делятся на фазы наступания или отступания.

Отмечаются осцилляции — состояния ледника, при которых происходило колебание края льда — смена кратковременных наступаний и отступаний.

Нынешние споры идут уже не о существовании или отсутствии древних ледников, уточняются число и размеры ледниковых покровов, направления их движений, время возникновения, продолжительность существования, сроки и скорости отступания, время нового наступания, длительность накопления льда и т. д. Хронологии ледникового века посвящены тысячи книг и статей, геологических схем и таблиц. Р. Флинт в предисловии к своей книге отмечает, что список использованной литературы (866 названий) весьма далек от того, чтобы быть полным...

Общая теория покровного оледенения имеет много самостоятельных аспектов. Изучаются проблемы ледникового литогенеза — процесса образования осадочных пород в результате деятельности ледников. Изучаются формы ледникового рельефа и механизмы их возникновения, размеры и форма древних ледниковых щитов, их влияние на поверхность земли. Большой раздел составляют исследования межледниковых — теплых — перио-

дов. Однако главенствующей остается проблема причин оледенений, их первоначального импульса, а следовательно, выяснение одной из основных закономерностей истории развития Земли.

Современные аналоги древним ледниковым щитам есть, но далеко не полные. Крупнейшие современные покровные ледники — Гренландский и Антарктический — окружены со всех сторон морями, а древний ледник двигался по суше. Другая трудность реконструкций заключается в том, что мало исходных данных о древнем климате, особенно о количестве осадков и т. д., поэтому получается задача со многими неизвестными.

Исследователи пришли к выводу, что «ледники являются относительно простыми геофизическими объектами. Поэтому вряд ли что-либо существенное в древнем оледенении могло происходить совсем не так, как это наблюдается сейчас, хотя, несомненно, многое могло быть и не совсем так».

Ледяной панцирь Земли

Все сказанное в предыдущих разделах относится к сравнительно короткому отрезку времени в геологической истории нашей планеты — последнему геологическому периоду, называемому плейстоценом. Наиболее характерные следы древних ледников в виде различных форм рельефа и геологических отложений имеют возраст, оцениваемый от 600 тыс. до 2,5 млн. лет. В течение этого времени ледники неоднократно развивались и исчезали в северном и южном полушариях, на территориях всех континентов, за исключением Антарктиды. Поэтому ученые предложили называть последний геологический период ледниковым периодом. Одновременно сохранялись и более старые названия — плей-

стоцен или четвертичный период. В 1922 г. А. П. Павлов предложил новое название: антропо-геновый период или антропоген.

О самых древних похолоданиях и возникавших при этом оледенениях имеются только отрывочные сведения, не позволяющие восстановить полной картины.

На территории Южной Америки, Канады, Гренландии, Скандинавии, Австралии были обнаружены своеобразные отложения — тиллиты, или каменистые глины. Вместе с ними обнаруживают валуны со шрамами и штриховкой. Находки тиллитов — древнейших мореноподобных образований свидетельствуют о существовании ледников в очень древние эпохи.

В этой связи большой интерес представляет изучение Антарктического ледникового щита, который не только сохранился без существенных изменений в течение весьма длительного времени, но также и накопил и законсервировал информацию о колебаниях древнего климата, в первую очередь изменениях палеотемператур.

Время возникновения оледенения Антарктиды оценивается различно: скорее всего оно началось не менее 25—35 млн. лет назад и наиболее активно развивалось около 25 млн. лет назад (в конце олигоцена). Возникновению оледенения предшествовало в олигоцене понижение температуры поверхности океана. По мнению большинства исследователей, в сменившем олигоцен миоцене ледникового покрова Антарктиды не существовало (было горное оледенение) и на континенте росли леса.

Важнейшим фактором, определившим возникновение и разрастание ледникового покрова Антарктиды, было поднятие зоны трансантарктических гор от 500—1500 до 2000—4500 м.

Как указывает М. Г. Гросвальд, при продолжающемся похолодании климата на следующем этапе (от 25 млн. до 5 млн. лет назад) произошло перерастание горного оледенения в покровное, разобщенные купола объединились и в Восточной Антарктиде возник единый ледниковый покров. На островах Западной Антарктиды образовались ледниковые шапки. В течение последующего времени (плиоцен — четвертичный этап) Антарктический ледниковый покров резко увеличился по мощности и в размерах, преобразовался в полярный и распространился на подводные окраины материка.

* * *

Естественно, что наибольший интерес представляют данные о ледниковых покровах, возникавших в течение плейстоцена, т. е. о геологических событиях, имевших возраст менее 2 млн. лет. К этому периоду закончилась основная перестройка континентов, а распределение суши и океанов в основном приобрело нынешний вид.

Как мы старались показать и раньше, покровные оледенения являлись и являются сейчас макромасштабными явлениями. Объемы ледников могут быть пересчитаны на кубические километры воды и сопоставлены с общим объемом воды в Мировом океане. По данным, приводимым М. Г. Гросвальдом и В. М. Котляковым, объем Мирового океана составляет $1,34 \times 10^9$ куб. км, а объем ледниковых покровов — $24-26 \times 10^6$ куб. км. Массообмен между этими двумя резервуарами контролируется в первую очередь состоянием атмосферы. В доледниковое время объем вод Мирового океана был на $20-25 \times 10^6$ куб. км больше современного, а огромные объемы (до $70-80 \times 10^6$ куб.

км) переходили из океанов в ледники, и уровень Мирового океана понижался на 120—150 м!

Число оледенений в плейстоцене определяется различными исследователями по-разному. Это объясняется и разногласиями в оценке возраста ледниковых отложений, и тем, что следы более древних оледенений могли быть почти полностью уничтожены при последующих наступаниях ледников. В настоящее время последовательность плейстоценовых оледенений может быть представлена в следующем виде.

Принципиальная схема сопоставления основных плейстоценовых оледенений (Серебрянный Л. Р., 1980)

Альпы (по Пенку и Брюкнеру)	Среднеевропейская равнина (по П. Вольдштедту)	Русская равнина (по И. П. Герасимову и К. К. Маркову)	Северная Америка (по Р. Флинту)
Вюрм	Вислинское оледенение	Валдайское оледенение	Висконсинское оледенение
	Вартинская стадия	Московская стадия	
Рисс	Заальское оледенение	Днепровское оледенение	Иллинойское оледенение
Миндель	Эльстерское оледенение	Окское оледенение	Канзасское оледенение
Гюнц			Небрасское оледенение

В эпоху максимального развития ледниковых покровов огромные площади суши в северном и южном полушариях были покрыты льдами. Разрастались ледниковые купола Антарктиды и Гренландии, возникали, как считает часть исследовате-

лей, ледники на шельфах — обнажившихся при падении уровня океана окраинах материков, — и формировались полярные шапки морских плавучих льдов.

О. П. Чижев пишет, что в конце неогена Гренландия представляла собой гористый остров с общим уклоном на запад, в высоких горах у восточного побережья, возможно, существовали ледники альпийского типа. На остальных частях острова климат был теплым и влажным, о чем свидетельствуют обнаруженные остатки растительности: магнолии, секвойи и других пород. Развивающееся оледенение превратило эту страну в ледяную пустыню, «накрыло» остров щитом средней мощностью 1,6 км, имевшим максимальную площадь $2,3 \times 10^6$ кв. км (современная площадь — $1,726 \times 10^6$ кв. км).

Попробуем составить общую картину максимального разрастания ледников в плейстоцене.

Площадь оледенения в северном полушарии неоднократно становилась почти в 12 раз более современной, а объемы ледников возрастали не менее чем в 15 раз. При максимальном разрастании оледенения в северном полушарии развились два огромных, неравных ледниковых покрова: Евразийский и Североамериканский, последний состоял из трех щитов — Лаврентьевского, Гренландского и Кордильерского. При этом отмечается, что почти 35% площади всех ледников земного шара находилось в Северной Америке, исключая Гренландию, в то время как ныне оледенение на этом материке занимает немногим более 0,5% площади.

Евразийский ледниковый покров достигал максимума — 5764 тыс. кв. км, также имел несколько центров и занимал большую часть Европы. В эпохи экстремального развития льды распространялись на большую часть Русской равнины, огромными языками выдвигались далеко на юг, на западе до-

ходили до Одера и Рейна. Они не только достигали горных цепей Карпат, Судет, Богемского леса, Гарца, но и поднимались в предгорьях до высот 400—500 м.

К. К. Марков отмечал, что льды покрывали почти всю Англию и Ирландию, где ледниковый покров достигал 52° с. ш., в более восточных районах — $47,5^{\circ}$ с. ш. Максимальная высота поверхности льда на территории Европы составляла 2—2,5 км.

Восточную часть Европы занимали, по К. К. Маркову, Урало-Новоземельско-Сибирские ледниковые покровы, их суммарная площадь была значительно меньше, так же как и мощности льдов. Самостоятельные центры существовали над Новой Землей, Полярным Уралом, Северной Землей, Горами Путорана и др. Согласно представлениям В. Н. Сакса, Г. И. Лазукова и других ученых, ледники неоднократно покрывали территорию Западной Сибири. Распространение льдов реконструируется при их максимальном продвижении до 62° с. ш. и даже южнее. На северо-востоке Азии развивалось только оледенение гор. По периферии Евразийского материка, как считает М. Г. Гросвальд и ряд других исследователей, скорее всего формировались значительные шельфовые ледники с самостоятельными центрами растекания льдов.

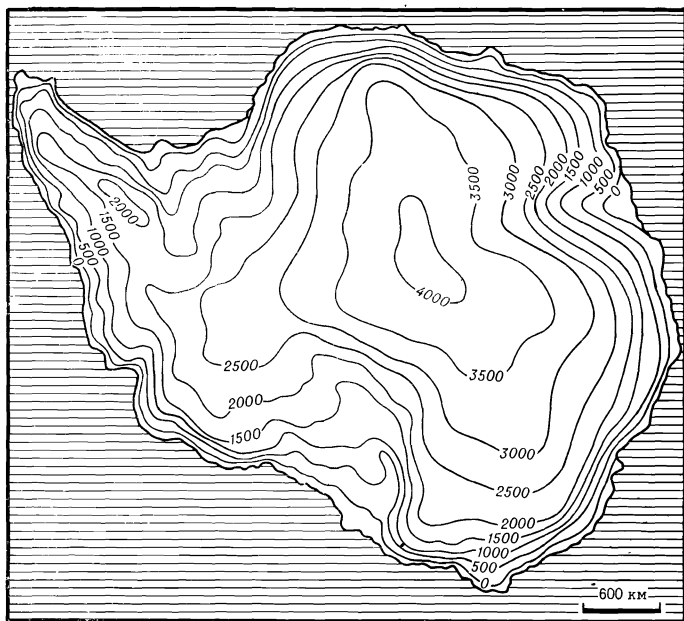
Материк Северной Америки во время максимума последнего оледенения был почти сплошь покрыт льдами от Атлантического океана до Тихого. Ледниковый покров достигал у побережья Атлантического океана 41° с. ш., к югу от озера Мичиган его граница опускалась до 38° с. ш., а у Тихого океана она прослеживается у $50—48^{\circ}$ с. ш. Для сравнения укажем, что по данным, приводимым К. К. Марковым, на Британских островах граница льдов отмечена на 52° с. ш. В Европе днепровский язык

достигал 48° с. ш., а в Восточной Сибири ледники прослежены только до 74° с. ш.

В Северной Америке положение южной границы ледникового покрова было от 1000 до 2500 км южнее, чем на Евразийском материке. Суммарная площадь Гренландского, Лаврентьевского и Кордильерского ледниковых щитов равнялась 17,8 млн. кв. км. Р. Флинт оценивает мощность центральной части Североамериканского ледникового покрова в 3000 м. Еще одна характерная деталь строения Североамериканского покрова: на севере он вовсе не продолжался до полюса, как могло бы показаться. Он имел, так же как и Евразийский, вполне обоснованную северную границу. Она проводится К. К. Марковым от 62° с. ш. в тихоокеанском секторе к 82° с. ш. в атлантической части Северного Ледовитого океана, пересекая Аляску, Канадский архипелаг, Землю Пири. Существует, однако, мнение, что все острова Канадского архипелага покрывались льдами. Площадь ледникового щита, очевидно, увеличивалась за счет островных и шельфовых ледников, формировавшихся на прибрежных отмелях при падении уровня океана.

В южном полушарии увеличивался ледниковый покров Антарктиды. Оценка роста ледников Антарктиды различна, и более вероятным считается, что увеличение объема было весьма значительным (43 млн. куб. км). При этом не только увеличивалась мощность льдов, но и происходило расширение щита за счет образования ледников-шельфов и объединения наземных и морских элементов. Разрастание ледникового покрова Антарктиды для времени 18 тыс. лет назад приводится по Т. Хьюзу.

В эпоху максимального развития значительно расширялись площади оледенения в южной части материка Южной Америки. В Южных Андах, За-



Изогипсы поверхности ледникового покрова (в метрах)

Рис. 4. Ледниковый покров Антарктиды во время последнего глобального похолодания (по Т. Хьюзу), 18 тыс. лет назад

падных Кордильерах и на Огненной Земле районы древнего оледенения простирались с севера на юг почти на 4 тыс. км. К. К. Марков приводит также данные о том, что ледники развивались в западной, горной части материка, а на 40° ю. ш. распространялись к востоку от Анд всего на 80 км.

Южный остров Новой Зеландии имел обширное сетчатое оледенение в Новозеландских Альпах; в Австралии небольшой ледник спускался с вершины

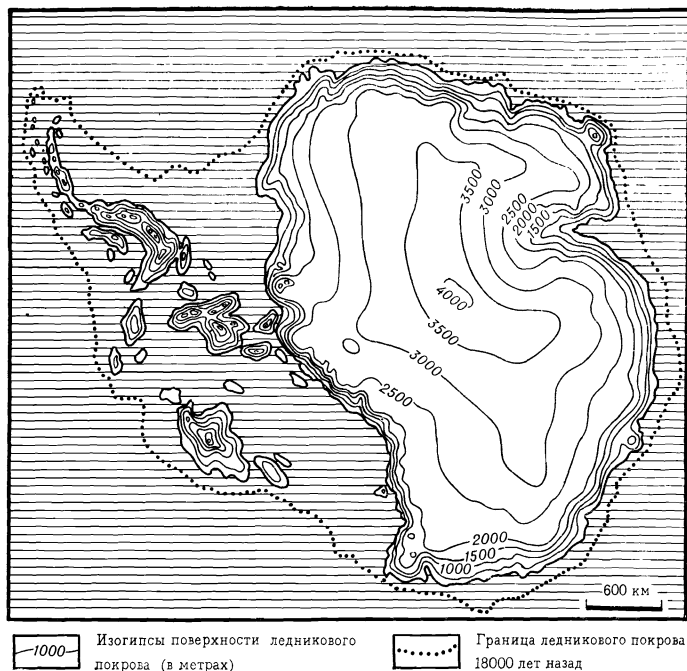


Рис. 5. Ледниковый покров Антарктиды во время последнего «межледниковья» (по Дж. Мерсеру, с некоторыми изменениями), 125 тыс. лет назад

Австралийских Альп — горы Косцюшко (2230 м); ледники разрастались даже в Тасмании.

В наиболее высоких горах на всех континентах увеличивались мощности горных ледников, которые спускались в долины, а в некоторых районах сливались с покровными льдами. Горные ледники разрастались на континентах Южной и Северной Америки, за исключением приэкваториальной зоны, в

Европе, Азии, возможно, и в Африке. К перечисленным ледниковым покровам материков необходимо добавить значительные площади сплошных морских льдов, образовавших в северном полушарии циркумполярную шапку. Морские льды опускались до 45—50° с. ш.

Возможен ли переход Земли в полностью оледенелое состояние? Насколько приближалась в прошлом природная обстановка к такому состоянию? В прошлом оно никогда не достигалось, хотя, по мнению М. И. Будыко, было близким к этому во время максимального разрастания льдов. Называется даже «критическая» широта (около 50°), одновременное достижение которой ледниками привело бы к полному оледенению всего земного шара.

Но ледники никогда не наступали ровным фронтом и одновременно в северном и южном полушариях. Подчеркивается, что ледники выдвигались к югу отдельными языками, лопастями; мощности льдов в этих языках были незначительными по сравнению с центрами щитов — всего первые сотни метров. Кроме того, они попадали в климатически иную обстановку, начинали разрушаться, таять, т. е. отступать.

Однако вернемся к североевропейским ледникам.

Мы уже приводили цифры, характеризующие мощности и размеры плейстоценовых щитов по данным реконструкций. Для более древних ледников трудно восстановить последовательные изменения их границ в периоды отступления и наступания. Поэтому для самого древнего — окского оледенения приводятся границы максимального распространения льдов.

Во время максимального — днепровского оледенения периферический покров распространялся

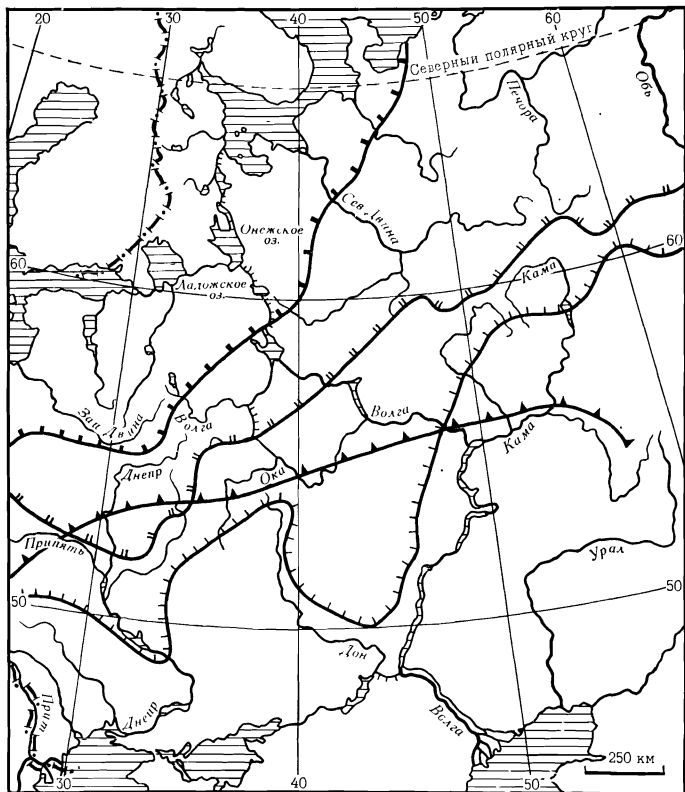
почти на всю площадь европейских равнин. Он доходил до предгорий Карпат, Шварцвальда и Рудных гор на западе. Волыно-Подольской, Среднерусской и Приволжской возвышенностей на юге и юго-востоке. По Приднепровской и Окско-Донским равнинам выступали широкие ледниковые языки (лопасти).

Оледенение, возникшее позже днепровской (максимальной) ледниковой эпохи, называют московским. Как самостоятельную ледниковую эпоху его выделили сравнительно недавно, и даже в настоящее время многие исследователи продолжают считать, что это была одна из стадий более крупного и продолжительного предшествующего оледенения. Однако граница ледника, развивающегося в московскую эпоху, проводится с большей обоснованностью.

Самая близкая к нам ледниковая эпоха получила название валдайской по наименованию возвышенности, которой достигал ледник при максимальном распространении. Его возникновение относится к позднему плейстоцену, занимавшему промежуток времени от 70 (80) тыс. до 8—9 тыс. лет назад.

В поздневалдайское время ледниковый покров имел не один, а несколько центров растекания льда. Это обстоятельство чрезвычайно усложняет реконструкцию общей картины: помимо основного ледникового щита — гигантского ледника, покрывавшего районы Фенноскандии, — возникали менее мощные самостоятельные центры оледенений на Северном Урале, Шпицбергене, Земле Франца-Иосифа, Новой Земле, Таймыре и ряд других.

Для последнего оледенения — валдайского исследователи рассчитали время формирования и развития от фазы малого горного до крупного покровного ледника. Получилось, что ледник про-



Границы оледенений

▲ окского ||| днепровского ■ московского ▬ валдайского

Рис. 6. Границы плейстоценовых покровных оледенений в европейской части СССР (по А. А. Величко)

двинулся от подножия Скандинавских гор до Валдайской возвышенности за 14 180 лет. При удалении от центра щита происходило значительное

уменьшение мощности льда, и в широкой краевой полосе ледник разделялся на языки и лопасти. Предполагается, что в стадии максимального развития и отступления юго-восточные склоны европейских ледниковых щитов не были слишком крутыми и высокими. Скорее всего развивались периферические ледниковые покровы, мощность которых не превышала нескольких сот метров.

История деградации Валдайского ледника изучена наиболее подробно. Хронология его отступления составлена с детальностью до сотен лет. По расчетам, приводимым Л. Р. Серебряным, темпы отступления ледникового края обычно не превышали 120—140 м в год. По данным шведского исследователя Де-Геера, окончательный распад ледникового покрова на два сравнительно небольших щита произошел в Швеции, у озера Рагунда, около 8700 лет назад.

Как видим, Скандинавский ледник кончал существование в тех же районах, где зарождался когда-то могучий ледниковый покров.

Как ледники «меняли карту»

В эпохи Великих оледенений на Земле существовала чрезвычайно своеобразная обстановка, во многом отличавшаяся от современной.

Древние ледниковые щиты имели высоту, сопоставимую с высотой горных хребтов, — 3—4 км. Ледниковые покровы обладали характерной особенностью: они не поднимались из глубины, из недр, а, наоборот, «опускались» сверху, наслаивались из года в год, формировались в различных районах, как гигантские наросты на поверхности Земли. Чем большую площадь захватывал разрастающийся ледник, тем обширнее становилась область его пи-

тания, больше поступало осадков, быстрее формировалась масса льда.

В начальный период формирования ледниковые щиты «захватывали» сравнительно небольшие участки суши. Так, по расчетам, первоначальный горный ледник Фенноскандии мог иметь размеры, соизмеримые с площадью круга диаметром 700—800 км, и вряд ли оказывал существенное влияние даже на окружающие ландшафты. Но с ростом ледникового щита происходили многочисленные изменения. Влага, свободно циркулировавшая в атмосфере и участвовавшая во влагообороте в виде снега и льда, концентрировалась в толщах ледника. Понижение уровня Мирового океана повлекло в районах Северного Ледовитого океана осушение шельфа — прибрежной части и расширение континента до 1000 км к северу. В свою очередь на образовавшейся суше, по мнению таких исследователей, как М. Г. Гросвальд, Л. Р. Серебрянный и др., также формировались ледниковые покровы.

В результате понижения уровня Мирового океана образовывались сухопутные мосты, или связи, между материками Евразии, Северной Америки, Британскими островами и островами архипелагов. Менялись также и очертания внутренних морей.

Ледники «забирали» воду не только у Мирового океана, но и спускались в понижения, котловины морских заливов, вытесняя из них воду. Так, например, ложбина Ботнического залива во время последнего оледенения была занята мощным ледниковым потоком. В Северной Америке льды заполняли Баффинов залив и Девисов пролив, Гудзонов залив, котловины Великих озер и т. д.

Сформировавшиеся ледники оказывали огромное давление на ложе, по которому двигались. Существуют различные точки зрения на оценку этих явлений. Многие исследователи считают, что воз-

действие ледниковых покровов было настолько значительным, что под тяжестью льда прогибались участки земной поверхности. При этом как бы «оживали» древние разломы, происходили перемещения блоков и глыб земной коры, в отдельных районах активизировались процессы соляной тектоники. После отступления ледника территория не сразу поднималась, а чаще всего покрывалась морем. Считается, что поднятие Ботнического залива во многом еще является компенсационным (восстанавливающим равновесие). Земная поверхность в этих районах в последнюю очередь была освобождена от груза льдов при распаде Валдайского ледника.

Обширные ледниковые покровы существенно изменили характер речной сети. Первоначально воздействие ледника было подобно плотине, преградившей русла многих рек, которые меняли свое направление и разливались, создавая приледниковые бассейны. В дальнейшем при растекании льда ледниковые покровы продвигались по долинам рек, глубоко выпахивая и углубляя их.

Приводятся примеры временного отклонения р. Колумбия в Северной Америке во время последнего оледенения. Ледяные потоки неоднократно перегораживали русло реки, поднимался уровень воды, образовывались водопады. Резко меняла направление р. Миссури в среднем и верхнем течении. В целом отмечается, что ледяной покров древних оледенений вызвал перестройку речной сети Северной Америки, направив большие реки, стекавшие в Северный Ледовитый и Атлантический океаны, в Мексиканский залив. Происходил процесс углубления древних доледниковых речных долин, формировались ложбины стока талых вод.

Р. Флинт приводит примеры формирования так называемых маргинальных каналов эпохи послед-

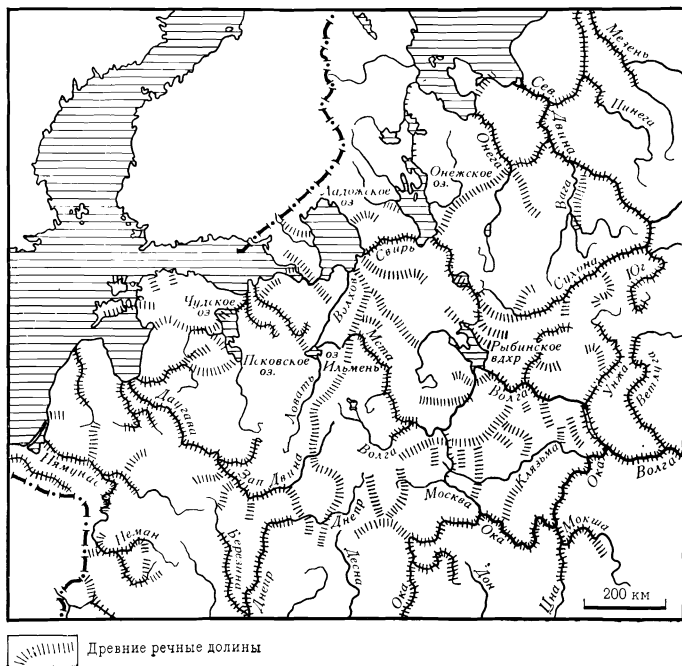


Рис. 7. Реконструкция древней речной сети европейской части СССР (по А. А. Асееву)

него оледенения Северной Америки. Их размеры колебались от небольших канав глубиной 2—3 м до стометровых ущелий. Длина таких каналов достигала 1,5 км; сходные формы отмечены на территории Англии, Европы и в районах современных ледников.

Каналы стока существовали в Европе, изменяя течение Рейна, Вислы, Одера, Эльбы. В Англии изменяла свое направление р. Темза и ее притоки. Тем не менее А. А. Асеев отмечает, что «главные

стволы крупных речных систем, особенно в нижнем и отчасти среднем течении, развивались в основном унаследованно...» (1974).

При движении, наступании ледник изменял поверхность, по которой двигался. Дело в том, что помимо большого собственного веса ледник был «вооружен» каменным материалом, который захватывал по пути. Наличие твердого материала в сочетании с огромным давлением приводило к перепахиванию рыхлых осадков, истиранию и шлифовке коренных пород. Наибольшее разрушение производилось массами льда в понижениях подледной поверхности, или ложа ледника, особенно сильно в тех случаях, когда ориентировка ложбин совпадала с направлением его растекания. На таких участках возрастали и мощность льда, и скорость движения, в результате чего ледник увеличивал контрастность между возвышенными и пониженными частями земной поверхности. В отдельных районах поверхность коренных пород была настолько сильно моделирована ледниковой эрозией, что превратилась в чередование вытянутых котловин и разделяющих их гряд.

Шрамы и полировка — следы ледниковой экзарации сохранились на поверхности прочных коренных пород во многих районах Земли. Такие ландшафты часто встречаются на севере Европы: в Карелии, на Кольском полуострове. Выходы коренных пород, отшлифованные и покрытые бороздами, отмечались в Альпах еще в прошлом веке, позднее они были обнаружены на равнинах Англии, Северной Америки, Южной Америки, в Антарктиде. Ледник мог отделить и перенести в мерзлом состоянии крупные глыбы пород — ледниковые отторженцы, которые часто встречаются в различных областях древнего оледенения.

Ледниковые отложения не только заполняли

древние ложбины, но и образовывали покров, который хорошо сохранился в пределах древних ледниковых областей. В отдельных районах ледниковые отложения достигают огромной мощности.

Многочисленные гряды, холмы и даже целые возвышенности были также созданы ледниками. На участках так называемых краевых образований, у Рославля, Спас-Деменска, Юхнова, Смоленска, мощности ледниковых отложений составляют от 70—80 до 100—140 м и формируют холмистый рельеф. Значительные возвышенности на территории Белоруссии (Гродненская, Витебская, Минская) были образованы ледниковыми отложениями мощностью 200—250 и даже 300 м!

Характерно, что ближе к центру оледенения, в области Балтийского щита, ледниковые отложения менее значительны: на юго-западе — около 10—20 м, в восточной части, в пределах Карелии и Кольского полуострова, — около 8 м.

На территории Северной Америки мощности четвертичных отложений изменяются в широких пределах: максимальные составляют в долине Сенека и Онодога, штат Нью-Йорк, более 300 м, в долине Спокан, Айдахо, штат Вашингтон, — 330—420 м.

Приведенные цифры относятся не только к последнему оледенению, но и характеризуют результаты накопления всей толщи четвертичных отложений за несколько ледниковых эпох. Однако можно себе представить, каких бы достигали они величин, если бы предшествующие отложения в значительной мере не уничтожались каждым последующим покровным ледником. Конечно, в строении моренных горизонтов участвовал и местный материал, но огромное количество обломков, песка, глины транспортировалось за тысячи километров.

Следы древних ледников обнаруживают даже на дне Балтийского моря на глубинах до 100 м, и считается, что даже сейчас штормы дробят камни ледниковых эпох.

В настоящее время все пространство, которое занимали покровные ледники, испещрено тысячами больших и малых озер. Они образуют голубую ленту на карте материка Северной Америки от Большого Медвежьего до группы Великих озер.

Однако не только озера, но и современные болота обязаны своим происхождением древним ледникам. Считается, что значительная часть озер (около половины) со временем превратилась в болота, образовавшие на севере своеобразные болотные равнины.

Изучая строение речных долин, многие исследователи указывают, что после деградации ледника еще многие тысячелетия земная поверхность перестраивалась, а первоначальные ледниковые ландшафты изменялись. Реки прорезали русла и спускали приледниковые озера, осушая большие территории. Даже современные реки еще блуждают по древним долинам стока.

Молодой ледниковый ландшафт

Итак, ледниковые покровы надвигались на территорию европейской части СССР неоднократно. Следы деятельности максимального днепровского оледенения прослеживаются на огромных пространствах равнин вплоть до Днепропетровска, Харькова и т. д. В южной части Русской равнины многие формы рельефа, созданные когда-то деятельностью древних ледниковых покровов, такие, как приледниковые озера, древние русла стока, конечно-моренные формы и другие, очень сильно изменены, сглажены или почти полностью похоронены

под толщей более молодых осадков. В этих районах поверхности сильно выровнены, и на многие десятки и сотни километров тянутся однообразные ландшафты. Только геологические материалы убеждают нас в том, что это однообразие кажущееся.

Районы, лежащие севернее Гомеля, Серпухова, Владимира, покрывались льдами (более молодого) московского оледенения. Его возраст примерно составляет 220—120 тыс. лет, а следы его деятельности видны на современной поверхности значительно отчетливее.

Шоссейная дорога от Загорска на Переславль-Залесский, Ростов, Углич пересекает залесенные холмы. Серая лента шоссе то уходит вниз, и кажется, что машина скользит по бесконечному спуску, то круто возносит вас на вершину холма, так что видно на десятки километров вокруг и вперед, затем новый спуск и очередной подъем, и так многие километры пути. Отдаленные города то возникают совсем как на ладони, то исчезают за кромкой темного леса. Неожиданно лес расступается, и среди пологих холмов сверкают зеркала озер.

Еще более живописны северные и северо-западные территории европейской части, покрывавшиеся самым молодым — Валдайским — ледником.

По сравнению с древними последний ледниковый покров Русской равнины имеет совсем небольшой возраст, который оценивается от 30—25 тыс. до 9—8 тыс. лет. Максимум валдайского оледенения приходится на время около 20 тыс. лет назад, а созданные последним ледником ландшафты еще моложе — они отвечают периоду деградации ледника, освобождению поверхности земли от растаявшего ледникового покрова. Все вокруг выглядит так, словно ледник ушел отсюда только вчера.

Самый внешний пояс образует зона конечных

моренно-ледниковых образований, для которой характерны многочисленные холмы и гряды; большинство этих форм обычно ярко выражено в современном рельефе. При подъезде к таким районам ровные пространства сменяются полосами холмов и ложбин. Дорога все круче поднимается вверх, падает вниз, один за другим следуют повороты, образуется настоящий серпантин: вверх — вниз, вправо — влево, вас мотает в кабине автомашины, и на очередном взлете видно, что весь горизонт очерчен волнистыми грядами, увенчанными мелкими гребнями хвойного леса. У подножий холмов лежат овальные синие озера, зажатые крутыми склонами.

Иногда озер так много, что они тянутся почти непрерывно, переходят друг в друга, образуя то сужающиеся, то расширяющиеся цепочки, часто расположенные вдоль одного основного направления. Так, в Латвии в настоящее время насчитывается более 3000 озер, из них 2500 имеют площадь свыше 1 га каждое. Приводя эти данные, В. Л. Гуделис пишет, что около 80% озер сосредоточено в настоящее время на Балтийской гряде и нынешние озера составляют примерно половину их общей первоначальной площади. В прошлом число озер и их площадь были еще больше, но озера со временем заболачивались, в результате чего образовались болотные равнины, тянувшиеся на многие десятки километров.

Скопления ледниковых озер известны в Карелии, которую называют «краем тысяч озер», на территории Польши и в других районах. Огромные озера севера европейской части СССР и Северо-Американского материка также имеют «молодой» возраст.

Характерно, что ледниковые озера — это не просто водоемы большой площади. Понижения,

расположенные среди холмов и гряд, были весьма значительными, и современные глубины озер нередко составляют несколько десятков метров. В отдельных редких случаях максимальная глубина озера достигает 150 и более метров!

Но не надо забывать, что во многих случаях сегодняшние озера — это вчерашний лед. Это были глыбы мертвого или захороненного льда, оставшегося среди холмов и гряд отступавшего, деградировавшего ледника.

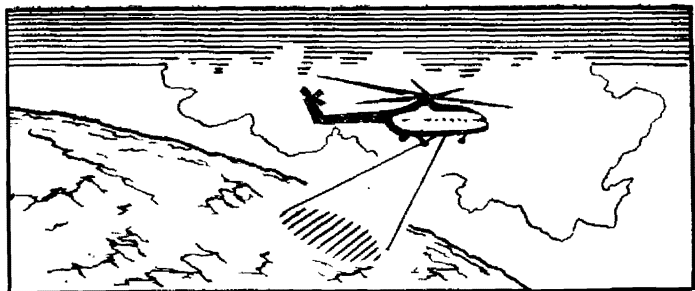
При движении из области древнего московского оледенения в районы, покрывавшиеся Валдайским ледником, мы как бы переносимся на десятки тысяч лет и получаем возможность сравнить изменения рельефа и ландшафтов этих территорий. В районах своего распространения Валдайский ледник сравнительно мало времени существовал в спокойном состоянии. Не вполне известно, как ледник распространялся, наступал; период стабильного состояния скорее всего был непродолжительным, после чего ледник начал «терять» вес, сокращаться сначала по мощности, а затем и по площади. Деграция Валдайского ледника изучена достаточно детально. Максимальная (бологовская) стадия была около 18 тыс. лет назад. В последующий длительный период происходило сокращение ледника, площадь его уменьшалась, но это был медленный процесс, осложненный колебаниями края покрова, многочисленными стадиями и осцилляциями. Каждое из таких колебаний производило на поверхности земли существенные изменения. Возникали зоны конечно-моренных образований, формировался рельеф, который и определяет сейчас облик поверхности этих районов. За 9 тыс. лет, прошедших до времени полной деграции, ледниковый покров не только распался, сошел талыми водами и частично испарился. Он

отложил огромную массу валунов, гравия, песка, глины, сформировал из них типичные ледниковые формы и, даже распадаясь, продолжал воздействовать на обширные площади за своими пределами.

Современные средства передвижения позволяют в течение одного дня пересечь почти всю территорию, на которой существовал ледник в Европе, т. е. мы располагаем как бы машиной времени. Отправление: 18 тыс. лет назад—максимум оледенения—районы бологовской стадии; первая остановка—районы вепсовской фазы ледника—14 тыс. лет, следующая остановка—10 тыс. лет назад, стадия Сальпаусселька; наконец, конечная стадия—последнее стояние ледника—9 тыс. лет назад. За сутки такого путешествия мы можем наблюдать реальные формы рельефа и ландшафты, очень близкие к существовавшим в те отдаленные времена.

Описанные примеры показывают лишь в малой степени, как отразились возникновение и распад древних ледников на строении земной поверхности в целом и более близких для нас территорий, испытавших непосредственное воздействие покровных оледенений.

Российские косогоры, холмистые равнины и уходящие за горизонт плоские низины, озерные котловины, долины рек и поросшие лесом крутые холмы—все красоты этих северных ландшафтов обязаны своим возникновением древним ледникам.



Глава II

ДРЕВНЯЯ МЕРЗЛОТА В ПРОФИЛЬ И АНФАС

Следы древнего холода

Ледники оставили многообразные следы, с которыми можно столкнуться прямо на поверхности земли; они широко распространялись на территорию многих стран в северных и средних широтах. Значительно позднее, почти на целое столетие, в пунктах, расположенных далеко к югу и юго-западу (в Европе и Северной Америке) от области современного существования многолетней мерзлоты, были обнаружены и правильно определены следы древних «подземных оледенений» или древней мерзлоты, близкой по возрасту покровным оледенениям.

Первые сведения об «ископаемых следах мерзлоты» относятся к концу XIX в., когда в толщах отложений, часто на глубинах в несколько метров, были встречены необычные формы. Они представляли собой различные нарушения однородности или слоистости: всяческие трещины, внедрения од-

ного слоя в другой, смятия. Размеры таких форм составляли от одного до нескольких метров по вертикали и 1—2 м в ширину. Их возникновение первоначально объясняли и тектоническими причинами, и деятельностью водных потоков, и воздействием древних ледников.

В классической работе польского ученого А. Добровольского «История природных льдов», вышедшей в 1923 г., перигляциальные формы и процессы выделялись уже в особую, самостоятельную категорию.

В начале нынешнего века на Северной Аляске американским ученым Леффингвеллом был собран большой материал о строении вечномерзлых толщ и мерзлотных формах — полигональных образованиях, свойственных этим районам.

Наблюдения русских мерзлотоведов в различных районах Сибири, в суровых, континентальных условиях, существенно расширили сумму знаний о мерзлоте и мерзлотных явлениях.

В целом в первой четверти XX в. в Средней Европе, Англии и Северной Америке находки древних перигляциальных форм, или деформаций, были далеко не единичны. Одной из наиболее ранних сводок по территории Германии была статья немецкого исследователя В. Зоргеля, опубликованная в 1936 г. и содержащая сведения о различных смятиях и трещинах в грунтах — перигляциальных образованиях. Их подразделяли на 4 основные группы: «ледяные клинья», структурные почвы, морозные смятия слоев и солифлюкцию (солифлюксий). Были обнаружены «ледяные клинья», которые достигали 4 м по вертикали и ширины 1—2 м (их возникновение связывали с древними морозобойными трещинами), структурные почвы, называемые также «кипящими грунтами» или «кипунами». Последние предполагают движение и пе-

ремешивание грунтов и имеют 1—2 м в поперечнике. Морозное смятие слоев также проявилось в перемещениях грунтов, хорошо выраженные формы были встречены в Германии, Англии и других странах Европы. Следы солифлюкции, или течения по склону, были, пожалуй, наиболее многочисленны.

В 1940 г. в Бюллетене геологического отделения московского Общества испытателей природы А. И. Москвитин сообщил о находке «ледяных клиньев» или клиновидных трещин в стенках карьеров, расположенных почти в центре Русской равнины: у пос. Михайлов к юго-западу от Рязани и в районе пос. Пречистого к северо-востоку от Смоленска. В 1947 г. статья того же автора названа более определенно: «О следах мерзлоты и необходимости их распознавания». В новых пунктах нахождения следов древней мерзлоты они также имели клиновидную форму и сравнительно небольшие размеры: 1—1,5 м высотой и ширину в верхней части до 1 м. Подчеркивалось, что древняя мерзлота скорее всего существовала на расстояниях 200, 300 и более километров от края ледника.

Складывалась схема, согласно которой за пределами покровных ледников, вдоль их периферии, создавались условия, естественно суровые, полностью «диктуемые» ледником — перигляциальная зона. Благодаря холодному дыханию ледника появлялась вечная мерзлота. Следы той древней вечной мерзлоты в виде трещин, клиньев и смятий и обнаруживаются в разрезах.

Чтобы понять смысл и значение обнаруженных явлений, необходимо сделать небольшое отступление и познакомиться с некоторыми процессами, происходящими в области современного распространения многолетней мерзлоты. Ее граница проходит

по северной кромке европейской части СССР, за Уралом резко опускается к югу на территорию Западной Сибири, захватывает Восточную Сибирь, Дальний Восток. В северо-западной Якутии многолетняя мерзлота достигает максимальных мощностей (почти 1,5 км), в северном Забайкалье доходит до 1,3 км. В высоких горах Памира, Тянь-Шаня вечномерзлые толщи, возможно, превышают по мощности и эти значения.

В Северной Америке многолетней мерзлотой заняты север Канады и США, ее граница проходит южнее Гудзонова залива и захватывает почти всю Гренландию. Мерзлота существует в районах высокогорий на других континентах, а также в Антарктиде; общий объем подземных льдов П. А. Шумский оценивает цифрой около 0,5 млн. куб. км.

Мощность многолетнемерзлых пород может изменяться от нескольких метров по южной и западной окраинам области мерзлоты до нескольких сот и даже более тысячи метров в центральных и северных районах. В теплое время года верхний слой земли до глубины 0,5—2,5 м может протаять на 2—3 летних месяца, но с наступлением холодов опять примерзает, образуя единую мерзлую толщу. Поэтому верхняя часть грунта носит название сезонно-талого — деятельного слоя, а ниже расположена многолетнемерзлая толща (вечная мерзлота).

Мерзлые грунты характеризуются постоянной отрицательной температурой, замеряемой на глубинах 10—15 м и составляющей от 0 до -15° .

Ежегодное промерзание земли приводит к протаиванию верхних слоев, формированию морозобойных трещин, что характерно для области многолетней мерзлоты. В самых холодных и континентальных районах в ясные зимние дни происходит быстрое и резкое выхолаживание открытых и воз-

вышенных участков земли, при этом на них могут образовываться трещины.

При понижениях температуры грунта мерзлая толща испытывает сокращения, сжатия тем большие, чем быстрее нарастает холод. На земле образуется сетка трещин — сначала нешироких и редких. При более сильных морозах трещины образуются чаще. В местах пересечения трещин формируется замок, или узел, — некоторое расширение, заполняющееся льдом или грунтом. Расстояние между соседними трещинами и общий рисунок полигональной решетки зависят от величины отрицательных температур и от литологии грунтов. На однородных грунтах типа глин или суглинков образуется правильная, часто четырехсторонняя полигональная решетка; на разнородных грунтах типа моренных суглинков с валунами рисунок полигональной сетки неправильный: полигоны могут быть трех- и пятисторонней формы с извилистыми границами. В речных отложениях, например, трещины могут повторять изгибы реки.

Существует много описаний возникновения трещин в области современной мерзлоты. Одно из самых первых было сделано А. Е. Фигуриным еще в 1823 г.: «Трещины во льду и земле делаются от стужи... низменные места, водой упитанные и мало в зимнее время покрытые снегом, преимущественно подвергаются трещинам. Места сии бывают вдоль и поперек почти непрерывными щелями, так сказать, изуродованы».

Возникновение трещин сопровождается гулом, по земле пробегает черная зияющая извилистая или ломаная полоса шириной от нескольких до десятка сантиметров. Если в толще грунтов сделать разрез, пересекающий темную полосу, то мы увидим узкую, с неровными краями трещину, проникающую вглубь до 2—3 м. Трещины могут запол-



Рис. 8. В области современного распространения многолетнемерзлых пород в береговых обрывах часто встречаются ледяные жилы. Фото В. П. Нечаева.

няться снегом, льдом, грунтом и таким образом зафиксироваться в толще земли; при ежегодном сильном промерзании трещина растет, и ее ширина увеличивается. Ежегодный прирост ширины может составлять от 0,5 до 2 см вверху, одновременно может несколько увеличиваться глубина трещины.

В результате повторения процессов первоначальная трещина превращается в «повторную жилу», состоящую из льда или грунта или из их смеси. Нижняя часть жилы, проникающая в толщу многолетнемерзлых, не оттаивающих летом грунтов, сохраняется круглый год, а верхняя часть разбивается новыми трещинами при последующих зимних падениях температур. Зафиксированная трещина сохраняет след о глубоком воздействии низких температур — проникновении холода. Тре-

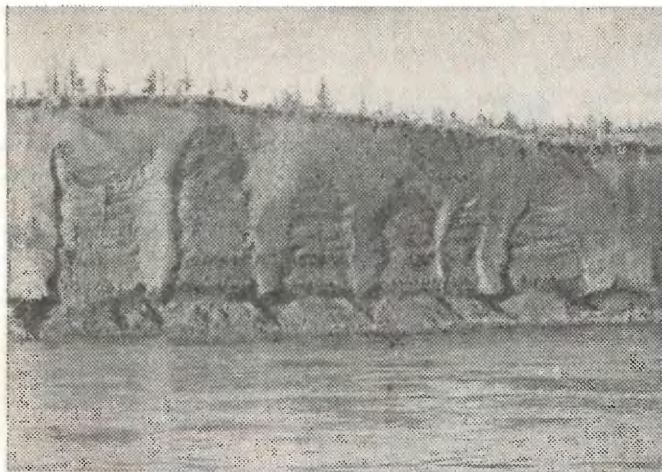


Рис. 9. Полигональные системы с крупными ледяными жилами в низовьях р. Яны, на севере Якутии. Фото Б. И. Втюрина

щины пересекаются, образуя решетку или сетку, разбивают единый массив грунта на ряд отдельных блоков, или полигонов, и формируются полигонально-блочные образования.

На однородных грунтах они имеют тетрагональную или пентагональную форму, с 4—5-сторонними ячейками-полигонами. При взгляде сверху, с самолета, кажется, что на такие участки наложена частая темная сетка. При изменении природных условий, например потеплении климата, мерзлота деградирует, лед вытаивает и полости полигональных жил, содержавшие лед и грунт, частично разрушаются, частично заполняются грунтом, переходя в реликтовое состояние. Как писал еще в 1936 г. В. Зоргель, не так важно, чем заполнены «ископаемые клинья», важен и неоспорим

вывод о наличии древней мерзлоты, без которой они не могли бы вообще образоваться.

Помимо клиньев к проявлениям древней мерзлоты относятся уже упоминавшиеся следы солифлюкции, перемешивания, образование ячеистых грунтов, различных бугров и т. д. Современные мерзлотные процессы характеризуются различными текстурами льда в грунтах, смятиями и перемещениями слоев при промерзании, явлениями течения грунтов по склону, разрушения скал и каменных глыб (десквамация), вымораживанием, образованием наледей, бугров пучения, термокарстовых впадин и котловин. Даже пески и валунные суглинки после длительного воздействия мерзлоты могут измениться и будут сильно отличаться от первоначального, исходного материала.

Не все из этих процессов оставили в толще грунтов заметные, «читаемые», следы, точнее говоря, следы не всех процессов мы умеем распознавать, фиксировать и анализировать в настоящее время.

Таким образом, было бы неправильно, описывая древние мерзлотные процессы, говорить только о клиновидных формах; они лишь самые яркие следы древнего холода. Воздействие низких отрицательных температур на древнюю поверхность земли и толщу грунтов проявилось в виде многочисленных мерзлотных форм.

Практически одновременно с клиновидными структурами в геологических разрезах стали выделять следы иных образований. Отмечались смятия, перемешивание и взаимное проникновение слоев, называемое криотурбациями. Они образовались вследствие огромных напряжений, возникающих в грунтах и почвенных водах при промерзании.

В разрезах были встречены следы солифлюкции, или течения по склону, при котором сполза-

ют массы грунта и могут формироваться солифлюкционные террасы — уступы, осложняющие склоны. Многочисленные наблюдения приводят к выводу о возможном сохранении следов древних текстур — особого строения мерзлого грунта с прослоями льда, — строения, свойственного только мерзлым породам.

Обычно активные процессы изменения природы мы связываем с динамично проявляющимся воздействием текучих вод, ветра, солнца, осадков. Низкие отрицательные температуры и лед при определенных условиях также производят значительную работу, например по преобразованию горных пород — физическому выветриванию. Начинают действовать законы различной теплопроводности песка, камня, льда, изменения объемов, переходов из одной фазы в другую. В процессе физического выветривания самое главное, самое разрушительное — переходы через 0° , т. е. промерзание и оттаивание. В талом, а тем более в мерзлом состоянии многие природные системы могут сохраняться неограниченно долго; при частых и резких колебаниях температур разрушаются даже скальные монолиты.

Клинопись древней мерзлоты

В центральной и южной полосе Русской равнины берега многих рек образуют высокие обрывы, которые почти каждый год обновляются весной в половодье в результате обрушения масс грунта, оползней и т. д. Такие обрывы — находка для геолога-четвертичника. Стоит только немного подправить стенку, срезать лишние выступы пород, и получается естественная картина — панно геологических напластований иногда высотой в несколько десятков метров. На окраинах многих городов рас-

полагаются карьеры — участки добычи различных материалов: песка, глины, строительного камня. Глиняные карьеры кирпичных заводов обычно достигают глубины 5—7 м, и их стенки образуют искусственные обнажения, представляющие для геологов большой интерес.

В средней и особенно южной части России поверхность земли глубоко прорезают овраги. Они тянутся на многие километры, то образуя узкие расщелины, то расширяясь и разветвляясь боковыми отвершками, а их вертикальные стенки достигают десятков метров высоты. Иногда в таких стенках выделяются всего 2—3 мощных пласта, но чаще можно выделить до десятка больших и малых слоев, различающихся по цвету, составу, содержанию каменного и иного материала. Исследователей рыхлых четвертичных отложений интересует не только общее, но и детальное строение каждого слоя. Одной из важных характеристик толщи являются переходы от одного слоя к другому, как говорят геологи, контакты горизонтов.

В этих естественных и искусственных вертикальных разрезах пород и было обнаружено, что в некоторых местах по контакту двух горизонтов вдруг происходило резкое падение границы. Она наклонно уходила вниз, на глубине 2—3 м превращалась в узкую жилу-трещину, затем так же резко поднималась кверху и восстанавливалась на прежнем уровне. Таким образом, очерчивалась клиновидная форма с расширением наверху и узким длинным «хвостом», разбивающим нижележащие горизонты.

В стенках карьеров и по берегам рек можно проследить целые серии таких форм — системы клиновидных образований, — повторяющихся через 10—15 м. На фоне однотонных коричневатых или бурых суглинков выделяются резко очерченные



Рис. 10. Следы древних полигональных жил — клиновидные структуры четко выделяются в слоистых песках

клинья, отличающиеся по цвету и достигающие высоты 5 м. Их границы часто «подчеркиваются» включениями темно-коричневого суглинка или оранжевыми и желтыми полосами ожелезнения. Яркие расцвеченные «хвосты» клиньев могут достигать дна карьера и образовывать на дне сетку четырех-пятисторонней формы с размерами ячеек от 10 до 20 м в поперечнике. Клиновидные формы, или клинья, образуются при пересечении древних

полигональных жил плоскостью разреза. Поскольку жилы имеют V-образную форму, то поперечное сечение дает форму клина. При сечении под разными углами ширина клиньев несколько меняется, но высота сохраняется.

Иногда правильные контуры клиновидных форм нарушаются, и они приобретают искривленный, деформированный вид замкнутых углублений или карманов: отдельные клинья имеют не один, а два узких клиновидных продолжения, или «хвоста». Часто формы бывают наклонными и как бы вытянутыми по склону. Встречаются разрезы с клиньями-одиночками, не имеющими соседних форм.

Оказывается, что морозобойное растрескивание распространялось очень широко. Клиновидные формы встречаются в самых разнообразных грунтах: их находят в тяжелых и плотных валунных суглинках — моренных (ледниковых) отложениях. Многометровые клинья шириной 4—5 м и до глубины 7 м разбивают суглинистые и глинистые толщи, образуя гирлянды, «украшающие» стенки карьеров. Клинообразные или V-образные полости встречаются во многих лёссовых разрезах, широко распространены клинья в песках, гравийных отложениях и известняках. Одна из первых сводок их местонахождений — схема распространения следов древней мерзлоты на территории европейской части СССР была опубликована в 1961 г. Н. Б. Новосельской, где только разрезов с клиновидными формами насчитывалось около 50.

Повсеместность их образования вызывала удивление. Примерно за 20 лет, к середине 60-х годов, нахождение клиньев стало обычным при полевых работах; более того, к клиновидным формам и к следам мерзлоты стали относить многие неясные образования, всевозможные трещины, смятия и пр. При таком стремительном расширении «геогра-



Рис. 11. Блок-диаграмма карьера, в стенке которого вскрывается система древних полигональных жил. Основания жил достигают глубины 5 м

Условные обозначения:

1. Суглинки покровные; 2. Суглинки моренные; 3. Границы клиновидных структур; 4. Мерзлотные нарушения слоев

фии» ископаемой мерзлоты выяснилось, что древние ископаемые формы встречаются и на территории современной области распространения многолетнемерзлых пород.

Их называли по-разному: мерзлотные клинья, ледяные клинья, мерзлотные структуры, земляные жилы, котлы, клиновидные структуры и совсем по-научному — псевдоморфозы по повторно-жильным льдам. Разумеется, в каждое из названий вкладывался определенный смысл, но сущность явлений была одна — это остаточные формы древнего холода, следы мерзлоты, яркие и доказательные. Они хорошо сохранились и были обнаружены на территории Русской равнины под Смоленском, Брянском, Рославлем; в Московской, Владимирской, Калининской, Ярославской, Костромской, Горьковской, Кировской, Куйбышевской, Саратовской областях; на севере Украины, на территории

Волыно-Подолии, Удмуртской АССР, на Урале и в Сибири.

Общее число пунктов нахождения ископаемых клиновидных форм только на Русской равнине превышает 200.

Сопоставимые материалы имеются также по Западной Сибири, Северному Казахстану, югу Восточной Сибири, Приморью.

Их дополняют картосхемы, показывающие широкое развитие ископаемых мерзлотных форм на территории Польши, ГДР, Венгрии, Чехословакии, Франции, Австрии, ФРГ, Швеции, Норвегии, Дании, Англии, США, Канады. Появились сообщения о возможном нахождении клиновидных форм на севере Африканского континента и даже Австралии.

На основании нахождения следов мерзлоты многие исследователи, начиная с А. И. Москвитина, создавали реконструкции древних условий, при которых каждый ледник окаймляла широкая полоса многолетней мерзлоты с тундровой и лесотундровой растительностью. Предполагается, что во время максимального — днепровского оледенения ширина такой полосы превышала 1000 км.

Многослойная мерзлота

В современной области распространения многолетнемерзлых пород мощности их могут составлять несколько сот метров. Ледяные прослойки и отрицательные температуры отмечаются на больших глубинах, мерзлота захватывает отложения самого различного состава, происхождения и возраста. Во многих районах промерзшими оказываются отложения, соответствующие всему четвертичному периоду (плейстоцену), а мерзлота проникает еще глубже, в коренные породы, возраст которых ис-

числяется миллионами лет. Что же это значит? Неужели и мерзлота имеет такой солидный возраст?

И в очень отдаленные геологические периоды холодные эпохи возникали неоднократно, но они сменялись теплыми условиями, при которых мерзлота должна была бы протаять. За пределами современной области мерзлоты были получены убедительные геологические доказательства многократного промерзания, а затем протаивания отложений, имеющих различный (ранне-, средне-, позднечетвертичный) возраст.

В некоторых разрезах мерзлотные клинья образовывали две или три генерации, формируя гирлянды, часто как бы накладывающиеся одна на другую или разделенные слоями без клиньев. Такие разрезы были обнаружены в северных и центральных частях Русской равнины, на севере Украины, на территории Волыно-Подоллии, в Польше, на севере Западной Сибири.

Долго и тщательно приходилось изучать такие «слоеные» разрезы, выделяя самостоятельные пласты и звенья. Сложные клиновидные формы, словно сталактиты в пещерах, пронизывают толщу вмещающих пород, сверху накладывается следующая генерация клиньев. Трещины разбивают не только породу, но и более древние, нижележащие системы полигонов.

Формирование таких сложных многоярусных систем было возможно благодаря процессам непрерывного осадконакопления. Так, в районах накопления лёссовых отложений, согласно существующим расчетам, ежегодно добавлялось 0,2—0,4 мм или 2—4 м осадков за 1000 лет.

Каждая холодная эпоха отличалась своими особенностями по скорости формирования мерзлоты, условиям увлажнения, континентальности климата, продолжительности периода деградации мер-

золоты, поэтому различным волнам холода могли соответствовать как сходные, так и своеобразные формы. В большинстве случаев многослойные следы мерзлоты различаются по формам каждого яруса: чаще всего верхнюю, более молодую систему, составляют клиновидные формы значительных размеров (4—5 м высотой и 3—4 м шириной), чередующиеся через 15—20 м, нижний ярус образуют мерзлотные деформации, в которых преобладают перемятия слоев, криотурбации, реже трещины и жилы небольшого размера (до 1,5 м). Несколько ярусов мерзлотных деформаций — многоярусная мерзлота — говорят о том, что во время формирования отложений существовало несколько периодов похолоданий. Поверхность Земли испытывала воздействие низких температур несколько раз, холод проникал в толщу отложений каждый раз именно с поверхности, распространяясь постепенно вглубь. Так же с поверхности проникали и трещины. В толщах вмещающих отложений, которые могли формироваться на протяжении сотен тысяч лет, оказались как бы «впечатанными» многоярусные следы, соответствующие эпохам похолоданий.

Гораздо более сложным получалось строение геологических разрезов на тех территориях, которые также испытывали неоднократное воздействие мерзлоты, но где накопления новых отложений не происходило. Волны холода накладывались на один и тот же субстрат, на одну и ту же поверхность. Многократные промерзания и оттаивания превращали верхние несколько метров отложений в сильно нарушенную вертикальную зону, в которой чередовались клинья и мерзлотные смятия, перемещался каменный материал, резко менялось внутреннее строение, текстура и структура грунта.

Происходила как бы запись на одном и том же листе, правда различными почерками и различными способами: пером, шариковой ручкой, карандашом. Такие разрезы расшифровываются с применением данных из других, иногда весьма отдаленных пунктов, в которых каждая «запись» более отчетлива и представительна. Составлены схемы, показывающие приуроченность следов древней мерзлоты к определенным геологическим горизонтам, для большей части территории Европы, Юго-Западной Сибири, Северной Америки. Большинство исследователей отводят место древней мерзлоте в геологических схемах в соответствии с основными ледниковыми эпохами. Обычно их так и называют: валдайские клинья, днепровские, доднепровские. Практически почти все сведения об ископаемой мерзлоте относятся ко времени четвертичного периода. Более древние следы единичны, определение их мерзлотного происхождения затруднительно. Поэтому обоснованные и достоверные построения относятся также к сравнительно молодым геологическим эпохам.

На территории Евразии, для Западной и Восточной Сибири, имеются сведения о возрасте мерзлоты во много раз большем, чем для севера Европы. Н. Н. Романовский приводит данные, согласно которым мерзлые толщи в арктических районах возникали в очень отдаленные эпохи: до 2 млн. лет назад, а со времени 600 тыс. лет назад мерзлота существует на севере Азии (Колымская низменность и другие районы) непрерывно. В Центральной Якутии вечная мерзлота имеет возраст не менее чем 300 тыс. лет.

Реконструкции древних областей распространения многолетнемерзлых пород производятся на основании следов мерзлоты, обнаруженных в разрезах, относящихся к разным ярусам, о которых го-

ворилось выше. Провести достоверную границу древней области мерзлоты для эпохи днепровского или московского оледенений затруднительно. Можно лишь приблизительно полагать, что по окраине ледниковых щитов существовала перигляциальная зона определенной ширины, а в ее пределах формировалась многолетняя мерзлота. На территории Русской равнины имеется значительное число проявлений мерзлоты, валдайский возраст которой установлен достаточно точно. Приуроченность древних мерзлотных форм к определенным геологическим горизонтам позволяет сопоставлять проявления мерзлоты, обнаруженные в пунктах, находящихся на большом расстоянии друг от друга. Такие сводки были сделаны для Средней и Восточной Европы А. А. Величко, для территории Польши — Я. Дыликом, для Франции — Ж. Трикаром и А. Кайе.

Для эпохи валдайского (вислинского) оледенения А. А. Величко выделяет не менее трех волн формирования мерзлоты (заметим: на протяжении одной, не самой продолжительной ледниковой эпохи — три вспышки холода с формированием трех самостоятельных горизонтов мерзлотных деформаций). Они различаются по времени формирования и характеру деформаций: 1) начало валдайского оледенения (ранний гляциал) — смоленский криогенный горизонт; 2) похолодание, возникшее после брянского (паудорфского) времени, — владимирский криогенный горизонт; 3) последний период валдайского оледенения — ярославский криогенный горизонт.

В слоях, относящихся к началу валдайского оледенения, преобладают следы криотурбаций, солифлюкции, небольшие элементарные жилы — формы, встречающиеся в южной части современной области мерзлоты.



Рис. 12. Ископаемые криотурбации в разрезе у г. Брянска. Фото Л. Д. Сулержицкого

Вторая волна холода валдайского времени оставила следы сильной переработки грунтов мерзлотными процессами. На севере Русской равнины, в районе городов Владимира — Брянска, распространялись формы типа пятен-медальонов и трещинные образования до 1,5—2 м высотой.

Третья волна, наиболее холодная и суровая, охватывала период от 20 тыс. до 10—12 тыс. лет назад. В то время развивались системы крупных,

часто двухъярусных клиньев, и морозобойное рас-
трескивание сопровождалось многочисленными
деформациями типа смятий, процессами солиф-
люкции и др. Изменение характера деформаций в
трех горизонтах последней, валдайской эпохи и
последовательное увеличение площадей древних
мерзлотных областей в комплексе с другими дан-
ными привели А. А. Величко к выводу о последова-
тельном нарастании похолодания. При этом самой
холодной и суровой являлась последняя волна хо-
лода, когда сформировался ярославский криоген-
ный горизонт.

По распространению мерзлотных форм различ-
ного времени реконструируется древняя область
мерзлоты, размеры которой то увеличивались, то
уменьшались. В начале валдайского времени на
территории Восточной и Средней Европы южная
граница этой области достигала $53\text{--}54^\circ$ с. ш., во
вторую волну холода — скорее всего 49° с. ш., а в
последнюю расширялась максимально, продвигаясь
до $46\text{--}47^\circ$ с. ш., т. е. более чем на 2 тыс. км к
югу от современной.

Таким образом, в конце Валдайской эпохи Се-
верная Евразия представляла единую криогенную
область, площадь которой, по подсчетам А. А. Ве-
личко, была вдвое больше, чем сейчас, — около
22 млн. кв. км. Потепление в последовавшую за-
тем голоценовую эпоху оказалось губительным для
обширных пространств многолетнемерзлых пород.
Происходило вытаивание льда, разрушение всего
комплекса мерзлотных форм рельефа, протаивание
мерзлоты сначала с поверхности, а затем, начиная
от юго-западных районов, и полная деградация
древней мерзлоты. Площадь мерзлотной области
значительно сократилась, приближаясь к совре-
менной, в наиболее теплый период голоцена она
скорее всего была меньше современной.

Но и это сокращение обладало интересной особенностью. Протаивание позднеплейстоценовой мерзлоты на территории Евразии происходило медленно, в течение нескольких тысячелетий. Когда голоценовое потепление сменилось похолоданием, в северных районах мерзлота начала образовываться с поверхности вновь. А на глубине оставались реликтовые пласты более древней мерзлоты, имеющие значительную мощность. Так, по новейшим данным В. В. Баулина, полученным при бурении на нефть и газ на севере Западной Сибири и северо-востоке европейской части СССР, выяснилось следующее.

Максимальная мощность мерзлых толщ на северо-востоке Европы, вероятнее всего, достигала 500—600 м. В конце плейстоцена огромные площади занимала многолетняя мерзлота, а мощность мерзлоты незначительно уменьшалась к ее периферии. В период климатического потепления голоцена мерзлые толщи протаивали с поверхности в Западной Сибири и на европейской части СССР к югу от 68—69° с. ш. Протаивание происходило медленно, мерзлота как бы погружалась, уходила в глубину и спустя даже несколько тысячелетий сохранялась глубоко от поверхности. Похолодание, следовавшее во второй половине голоцена, вновь привело к формированию мерзлоты в северных районах. Этот более молодой пласт вечномерзлых пород, по данным В. В. Баулина и Н. А. Граве, имеет мощность от 40—80 м на севере до 10—20 м на юге. Нижний (реликтовый) слой постепенно погружается от 50—100 м на широте 66—67° почти до 200 м на широте 56—60°; мощность этого пласта мерзлоты колеблется от 50—100 до 200—300 м. Сообщение о таком двухслойном строении толщи мерзлоты на севере европейской части СССР появилось в 1978 г. Согласно этим данным,

южнее на протяжении около 200 км сохранился только реликтовый слой. Глубина залегания его подошвы может составлять до 400 м, а мощность реликтового слоя превышает 250 м.

Эти уникальные материалы позволяют предполагать возможность существования древнего реликтового слоя мерзлоты и двухслойного строения толщи также на севере Северной Америки.

Застывший термометр

Как мы уже знаем, древняя мерзлота оставила разнообразные следы, различающиеся и по форме и по размерам. При полевых исследованиях в одних разрезах обнаруживаются мелкие миллиметровые сеточки или прослои, чуть заметные прожилки, в других — крупные клиновидные структуры, имеющие 4—5-метровую высоту, ширину — несколько метров, в третьих — в стенках карьера, под толщей ненарушенных, лежат, словно застывшие волны, перемятые в складки отложения. Серыми, зеленоватыми, синими, голубыми, коричневыми, ярко-оранжевыми и бледно-розовыми тонами бывают окрашены толщи вмещающих грунтов и древние мерзлотные деформации.

Чтобы разобраться во всем этом разнообразии древней мерзлоты, следы ее обычно подразделяют на две большие группы: структурные и аструктурные деформации. К первой группе прежде всего относятся древние полигональные формы, клиновидные формы, трещины и другие образования, имеющие четкое, часто симметричное строение в разрезах.

К аструктурным формам относят всяческие смятия, следы криотурбаций, солифлюкционного течения и т. д. Образование мерзлотных деформаций происходило при самых разнообразных ре-

жимах древней мерзлоты, в различных по влажности (льдистости) условиях, скорости и продолжительности промерзания и оттаивания грунтов, общей длительности существования мерзлоты. Наблюдения, проведенные в области современной мерзлоты, показывают, что мерзлотным формам свойственна вполне определенная зональность. Она в свою очередь обуславливается величиной среднегодовых температур грунта, абсолютными минимумами температур воздуха, скоростью понижения температур и другими факторами. Получить такие данные о древнем холоде, о мерзлоте, существовавшей десятки и сотни тысяч лет назад, представляется не только интересным, но и очень важным. Сопоставляя природные условия прошлого с современными, можно выявить закономерности развития и изменения природной среды, а значит, и прогнозировать ход основных процессов в будущем.

Какими же данными о древней мерзлоте мы можем располагать? Прежде всего должны существовать убедительные доказательства того, что выявленные в разрезах формы являются именно мерзлотными деформациями, и должно быть определено, к какой группе они относятся. Во-вторых, выясняется их приуроченность к определенным слоям, т. е. их геологический возраст. Прежде чем перейти к более конкретным характеристикам, отметим, что в настоящее время следы мерзлоты — это запись, в которой пока еще много неизвестных, а возможности для ее решения ограничены. Но раз запись — следы мерзлоты в пластах пород — существует, нужно научиться ее читать и переводить на язык цифр. Считается, что наиболее подходящими объектами и наибольшей информативностью обладают полигональные клиновидные системы.

Действительно, в принципе они могут дать следующую информацию. Само присутствие клиньев в разрезах свидетельствует почти на 100% о существовании в прошлом вечномерзлых грунтов или (ориентируясь по форме клиньев) глубокого сезонного промерзания. Морфологические особенности клиновидных структур и характер вмещающих отложений позволяют судить о том, произошло ли промерзание грунтов и образование клиновидных систем после накопления всей толщи осадков (эпигенетический тип) или накопление отложений и промерзание происходило одновременно (сингенетический тип). Вертикальные размеры (высота) клиньев, согласно представлениям большинства мерзлотоведов, свидетельствуют о величинах современных и древних среднегодовых температур в толще мерзлых пород ($t_{cp.}$). Работы, проводившиеся американскими исследователями Леффингвелом, А. Уошборном, Р. Блэком, советскими учеными Б. Н. Достоваловым, В. А. Кудрявцевым, Н. Н. Романовским и другими, позволяют приближенно вычислить зависимости вертикальных размеров клиньев и расстояния между ними от величин среднегодовых температур грунтов.

Согласно данным Н. Н. Романовского, клиновидные формы, достигающие глубины около 2 м, скорее всего образовывались при температурах пород близких к 0°C ($t_{cp.} = -2, -3^{\circ}\text{C}$). Более крупные клиновидные системы, достигающие 4—5 м по вертикали, формируются обычно при температурах грунтов $-5, -8^{\circ}\text{C}$. Характерно, что при самых низких температурах, свойственных арктическим районам, далеко не всегда возникают клиновидные формы, максимальные по высоте. При возрастании континентальности изменяется другой параметр полигональных систем — размеры ячеек полигональной решетки. Обнаруженные в разрезах полиго-

нальные системы, в которых клиновидные структуры высотой 3—5 м повторяются через 15—17 м, свидетельствуют о суровых условиях. Но в других случаях клинья, даже меньшие по высоте (до 2 м), повторяются в стенке разреза через 3—5 м, что при прочих сходных условиях свидетельствует о большей суровости, резко континентальном климате и низких среднегодовых температурах грунтов.

Среднегодовые температуры определяют состояние мерзлых грунтов на определенной глубине (10—15 м), и путем приблизительного расчета через геотермический градиент можно определить мощность слоя древней мерзлоты. Такие расчеты показывают, например, что на территории Русской равнины в наиболее холодный период, когда формировался ярославский криогенный горизонт, мощность мерзлоты, возможно, достигала сотен метров. Как мы видим, эти расчетные данные хорошо согласуются с глубинами, на которых отмечена нижняя граница реликтового пласта мерзлоты, сохранившегося на северо-востоке европейской части СССР. Так, в толщах рыхлых отложений был обнаружен как бы «застывший термометр», на котором даже спустя 10—20 тыс. лет можно «прочитать» температуры древнего холода.

Итак, температуры, мощность мерзлоты, смены условий оставили свои характерные черты в деталях строения и морфологических особенностях следов древней мерзлоты. Но количество данных, получаемых при палеомерзлотных исследованиях, непрерывно увеличивается. Существуют расчеты продолжительности времени формирования клиновидных систем. При этом учитывается ширина реликтовых жил, и путем аналогий с ростом ледяных жил в современных условиях получают, что древние полигональные системы формировались приблизительно от одной до нескольких тысяч лет.

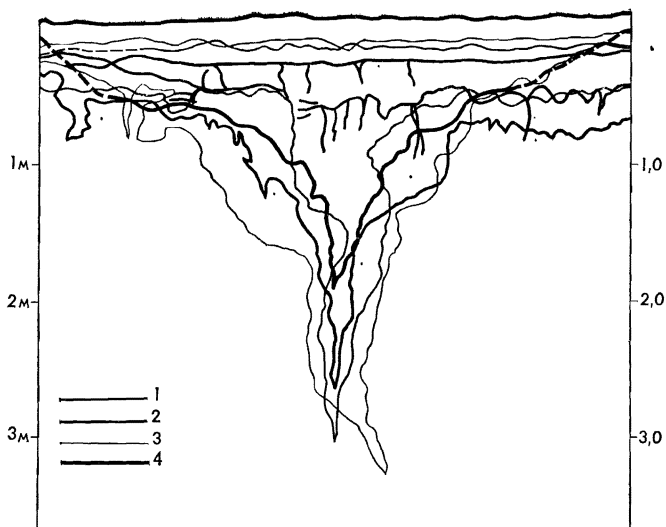


Рис. 13. Серия контуров клиновидных структур, встреченных в различных разрезах на Русской равнине. В зависимости от их географического расположения и свойств вмещающих отложений меняются размеры и форма клиньев.

Условные обозначения:

1. Пос. Чистогайлов в 100 км к с.-з. от г. Киева; 2. Дер. Гороховка Калужской области; 3. Дер. Левино Горьковской области; 4. Дер. Кирьяново Ярославской области.

Сложное строение клиновидных структур с расширенной верхней частью, по мнению ряда исследователей, позволяет судить и о таком параметре, как глубина древнего сезонно-мерзлого, или деятельного, слоя. Она, возможно, составляла в среднем 1—2,5 м, но эта величина сильно колеблется в зависимости от литологии пород, положения участков, сохранности следов и других причин.

Определению мерзлотных образований в разрезах и их классификация посвящены многие работы советских мерзлотоведов и геологов-четвер-

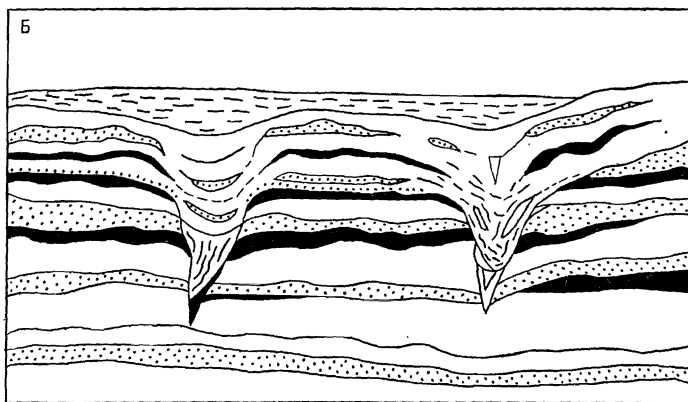
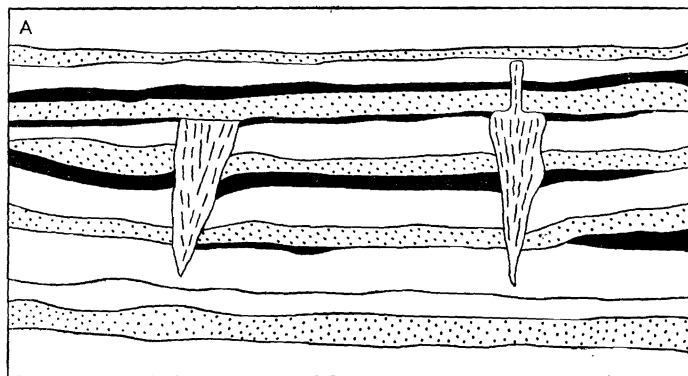


Рис. 14. В результате моделирования мерзлотных процессов в лаборатории получены клиновидные формы в рыхлых грунтах размером несколько сантиметров

тичников: А. И. Москвитина, А. И. Попова, Б. И. Втюрина, Т. Н. Каплиной и Н. Н. Романовского,

Ю. А. Лаврушина, В. В. Баулина, Е. М. Катасонова и многих других.

Интересные материалы были получены впервые А. Архангеловым и А. Льянос-Мас, которые применили метод физического моделирования для решения проблем диагностики клиновидных грунтовых деформаций. Используемые модели, конечно, на 1—2 порядка были меньше натурных природных объектов, что позволило представить не количественные, а качественные связи между ними. При экспериментах формировался ярус ледяных жил шириной от 3—4 до 6 см и высотой 10—15 см. Но и эти первоначальные эксперименты показали принципиальную возможность моделирования псевдоморфоз, зависимость их формы и размеров от состава вмещающих грунтов, скоростей вытаивания. Несомненно, что работы в этом направлении являются интересными и перспективными и для реконструкций древних условий.

Но не только древний холод оставил свои следы при формировании и особенно деградации древней мерзлоты. Как показали наши исследования, при протаивании ледяных и ледогрунтовых жил и формировании псевдоморфоз ложбины полигональных систем представляли разветвленную сеть канав. Соответственно солнце сильнее прогревало микросклоны (высотой 1—1,5 м) южной экспозиции. Канавки, имеющие направление, близкое к широтному, испытывали намного больший прогрев южных микросклонов. При этом ускорялось протаивание бортов жил, их частичное обрушение, а впоследствии, при заполнении жил грунтами, можно отчетливо проследить признак асимметрии. Эта деталь представляется очень заманчивой: ведь мы можем по прожилкам, контактам пород, распределению заполнения внутри структур проследить влияние экспозиции на формирова-

ние мерзлотных структур. За долгую историю своего существования полигональные системы сохранили, особенно в заполнении клиньев, многие и многие черты, отражающие прошлую природную обстановку. Внутри клиньев нами были встречены створки моллюсков, ветки и кора деревьев, остатки древних почв. Как мы увидим в следующей главе, в заполнение клиновидных структур попадают даже остатки, связанные с деятельностью первобытных людей.

Мерзлотные процессы выражены в толщах отложений и в виде большой группы аструктурных форм. Смятия и перемещения грунтов могут захватывать горизонты до 1—2 м по высоте и прослеживаются иногда на десятки метров. По существующим представлениям, возникновение аструктурных деформаций обычно объясняют менее суровыми условиями, меньшими амплитудами и абсолютными значениями отрицательных температур.

Самое поразительное заключается, однако, в том, что вычисленные (реконструированные) таким образом палеотемпературы воздуха при формировании древних мерзлотных структур скорее всего составляли минус 40—50°, что соответствует редким минимумам, свойственным средней полосе Восточной Европы (Москва — Ярославль — Смоленск) в настоящее время. Помимо этого существенные различия были скорее всего в скорости понижений температур, в резких ветрах, малоснежных зимах, отсутствии растительности, т. е. в целом комплексе факторов.

Древняя мерзлота выходит на поверхность

Уже не один десяток лет при изучении Земли применяются аэрофотоснимки земной поверхно-

сти. Все, даже самые удаленные, территории были отсняты с самолетов, и полученные аэрофотоснимки используются для самых различных целей. По ним составляются карты, изучается геологическое строение территорий, снимки закладываются в специальные приборы — стереоскопы, позволяющие специалистам увидеть объемное изображение земной поверхности — как бы пролететь над отснятыми районами.

Землю фотографируют не только в черно-белом изображении, появились цветные и спектрозональные снимки. В настоящее время ни одна из экспедиций, собирающихся проводить геологическую съемку какой-либо территории, не выезжает в поле без предварительных работ по дешифрированию аэрофотоснимков.

С того момента, как аэрофотоснимками всерьез заинтересовались исследователи ископаемой мерзлоты, начинается принципиально новая глава в изучении ее древних форм. Дешифрирование снимков — занятие, требующее определенных навыков и большого опыта работы. Поэтому одни видят на снимке меньше, другие — больше деталей строения поверхности участка. В основном специалисты дешифрируют определенные комплексы форм, например ледниковые, пустынные (золотые), флювиальные.

Дешифрировать древнюю мерзлоту еще недавно не умел и не пытался почти никто. Да и просто не предполагалось, что ископаемая мерзлота может быть видна на снимках тех районов, где мерзлотные условия существовали более 10 тыс. лет назад. Поверхность таких территорий моделирована современными рельефообразующими процессами, а также хозяйственной деятельностью человека.

Исследованиями аэрофотоснимков центральных

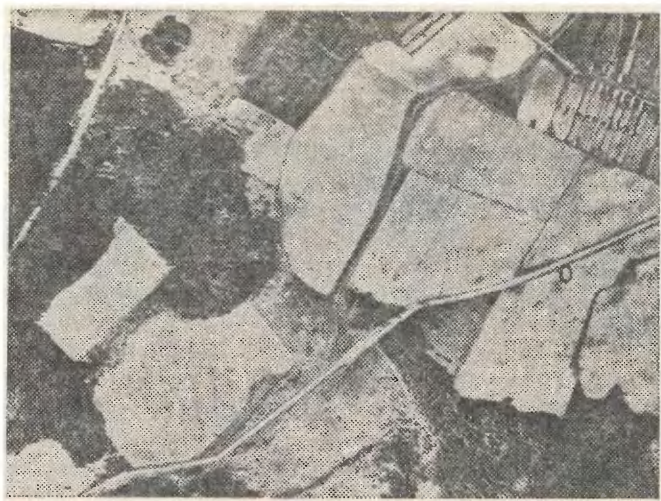
районов европейской части СССР А. А. Величко, Н. Трескин и некоторые другие ученые установили, что на фоне распаханых полей и открытых участков прослеживаются темные пятна, которые образуют то правильную решетку, то сложную систему ломаных линий, пересекающихся под разными углами. Мерзлотные формы, в первую очередь системы древних полигонов, оказались хорошо выраженными на аэрофотоснимках современной поверхности!

Не только полигональные образования, но и бугры, западины, термокарстовые просадки — словом, все или почти все образования, свойственные областям многолетней мерзлоты, оказалось возможным найти на аэрофотоснимках. Материалы дешифрирования были получены также для тех районов, для которых уже имелись данные о следах мерзлоты в многочисленных разрезах.

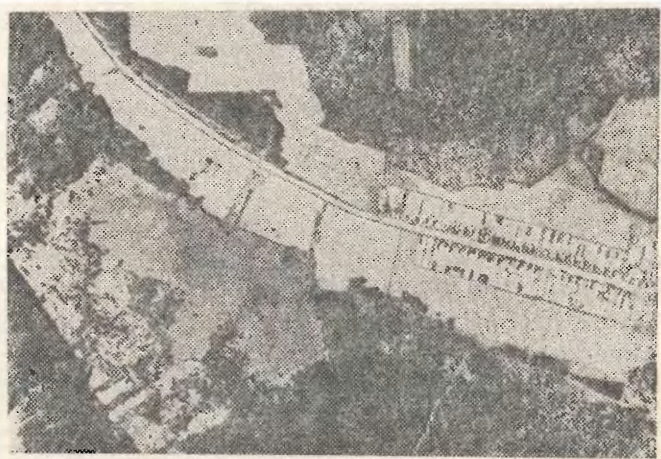
Для районов Брянщины, Северной Украины и всего Северного Черноземья имелись наблюдения над так называемой пятнистостью почвенного покрова. На незасеянных полях наблюдалось чередование светлых и темных пятен размером 15—20 м и разделяющих их полос, создающее общий пятнистый фон. В отдельных местах мозаика на полях выстраивалась в четкую картину почти правильной решетки с темными разделяющими полосами.

Сопоставление этих материалов и привело к выделению А. А. Величко в 1964—1965 гг. комплекса форм древней мерзлоты, выражающихся на со-

Рис. 15 а, б, в, г. Фрагменты аэрофотоснимков изображают местность в районе Верхней Волги с выраженным древним мерзлотным микрорельефом
а — полигональным; б — бугристо-западинным; в — крупноблочным; г — крупноблочным на залесенной поверхности

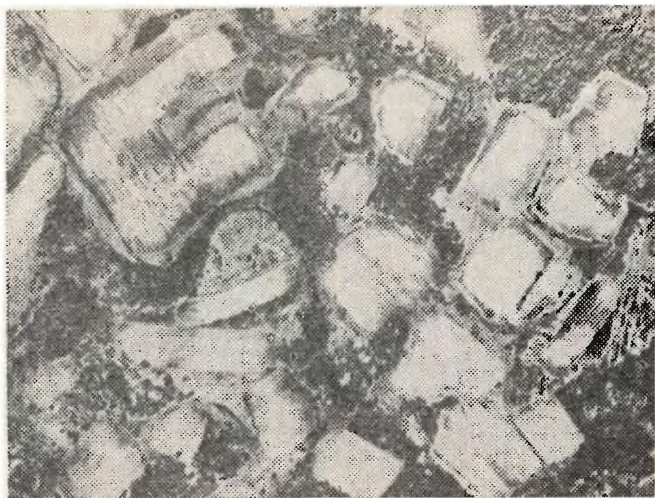


a

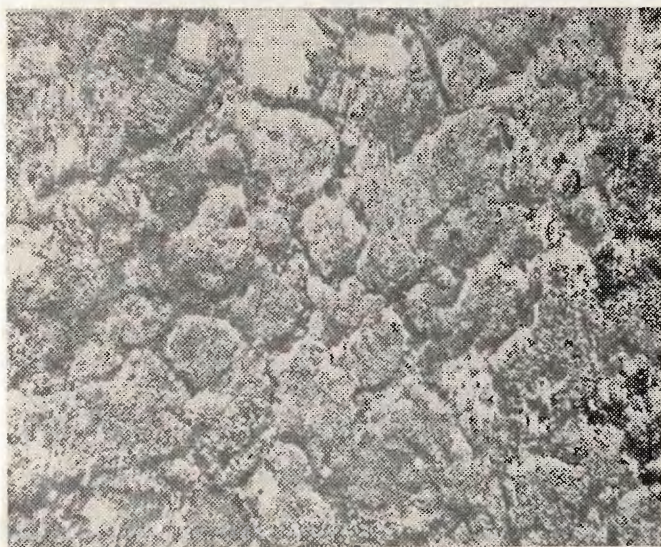


6

В



Г



временной поверхности. Было установлено, что темным полосам на аэрофотоснимках — полигональной решетке — на местности могут соответствовать неглубокие (0,5 м) ложбины древней полигональной сети. Дальнейшее изучение аэрофотоснимков позволило составить каталог ряда форм древнего микрорельефа. Полигональные, полигонально-блочные, бугристые и бугристо-западинные, крупноблочные и западинные формы были найдены на снимках и впоследствии определены на поверхности земли в различных литологических и геоморфологических условиях.

Это были первые шаги выявления следов древней мерзлоты на современной поверхности. Далеко не все исследователи восприняли новые материалы положительно. Например, почвоведы считали, что пятнистость почвенного покрова имела иное происхождение, темные полосы — ложбины вполне могли быть остатками границ старых земельных наделов — межами.

Да и специалисты по современной мерзлоте пожимали плечами: действительно, в разрезах мерзлота есть, клинья встречаются, но это же древняя мерзлота, ее возраст — десятки, а может, и сотни тысяч лет, ее место на глубине, в толще отложений, при чем же тут современная поверхность?

В начале лета 1966 г. небольшой экспедиционный отряд автора выехал на полевые работы в Ярославскую область и прилегающие районы. Заранее были подготовлены и отобраны аэрофотоснимки, на которых в пределах этих территорий наиболее четко и характерно дешифрировались основные типы древней мерзлоты. Работы получили название «Крупномасштабный палеокриогенный анализ».

Аэрофотоснимок всегда должен быть «привя-

зан» к местности, т. е. на земле следует определить основные объекты, изображенные на снимке: светлая ровная линия, пересекающая квадрат снимка,—это дорога, по которой мы приехали, вытянутые темные прямоугольники вдоль нее—это дома деревни, темный массив с неровными краями—это лес, он тянется до края (рамки) аэроснимка. Осветленные площади, пересекающиеся совсем светлой извилистой линией,—это поля и грунтовая дорога. По правой стороне ближнего поля видна темная прерывистая полоска—на местности это группа невысоких деревьев, стоящих прямо перед нами.

На снимке видно, что к полосе деревьев в плотную подходит поле, на котором выделяются ограниченные светлыми линиями ячейки более темного тона—изображение древней полигональной системы. Границы полигонов упираются в темную полосу нераспаханной земли, занятой лесом.

На поле, вдоль лесной полосы, мы отмерили 40-метровую линию, поставили два колышка—начало и конец канавы—и взялись за лопаты. Идея заключалась в том, чтобы пересечь геологической канавой—непрерывным разрезом длиной 40 м—различные участки полигональной системы и, таким образом, получить данные о его геологическом строении. Положение канавы на поле было выбрано так, что она непременно пересекала три светлые полосы, видимые на аэрофотоснимке, и заключенные между ними части блоков.

После того как канава глубиной около 2 м была прорыта, выяснилась следующая картина. С поверхности под тонким (0,2 м) пахотным горизонтом залегает слой мелкозернистого песка мощностью 0,3—0,5 м. Ниже располагается метровый пласт безвалунного светло-коричневого суглинка.

На глубине 1,3—1,5 м начинался горизонт малиново-красного моренного суглинка с большим количеством гравия и крупных (0,5 м) валунов. На границе светло-коричневого суглинка и малиново-красного моренного горизонта (глубина 1,4—1,8 м) выделяется горизонтальная зона, деформированная волнообразными смятиями, которые подчеркиваются линзами серо-голубого суглинка и включениями темно-коричневого гумусированного материала.

В трех местах разреза, соответствующих положениям полос полигонов по снимку, т. е. в зонах ложбин, разрез коренным образом менялся. Это были зоны разрывов горизонтов светло-коричневого и малиново-красного суглинка, имевших ширину в верхней части от 2 до 5 м. Границы этих зон разрывов имели клиновидные, сужающиеся книзу очертания, ниже 1,7—2,0 м продолжались узкими клиньями и заканчивались на глубинах 2,5—3,5 м.

Это были типичные клиновидные структуры, впервые вскрытые на участке древнего полигонального микрорельефа, определенного по аэрофотоснимку. Подтверждением их мерзлотного происхождения служило следующее:

1) система жил, вскрытых на участке, имеет полигональное расположение в плане с размерами блоков по горизонтали 15—20 м;

2) в зонах, соответствующих ложбинам, расположены клиновидные структуры, проникающие в глубину до 3,5 м;

3) для всех структур характерно двучленное строение с расширенной верхней (до глубины 1,4—1,7 м) и резко суженной нижней частями, форма структур асимметричная.

Реликтовый мерзлотный микрорельеф состоит из двух взаимосвязанных частей: верхней, кото-

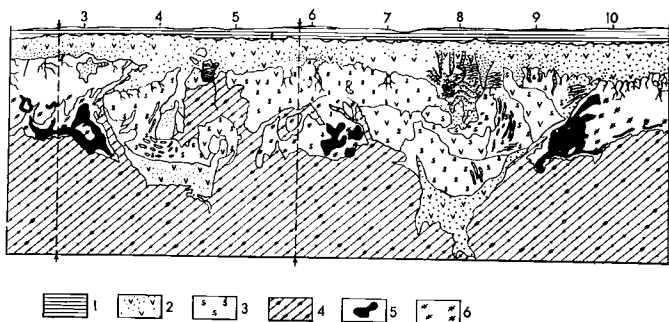
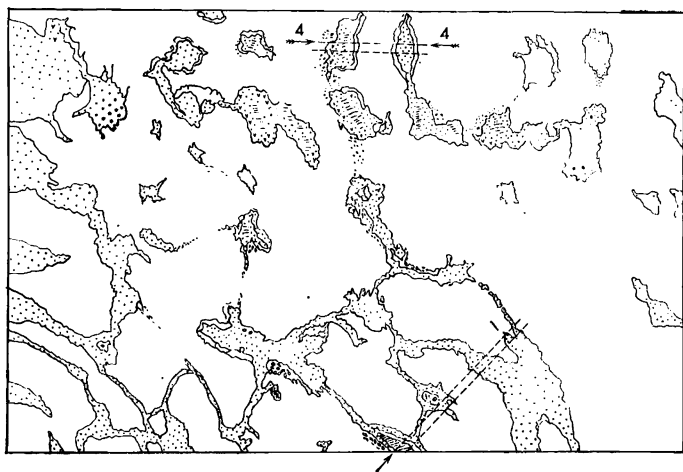


Рис. 16. В вертикальной стенке геологической канавы у деревни Кирьяново Ярославской области видны мельчайшие детали строения древних клиновидных структур

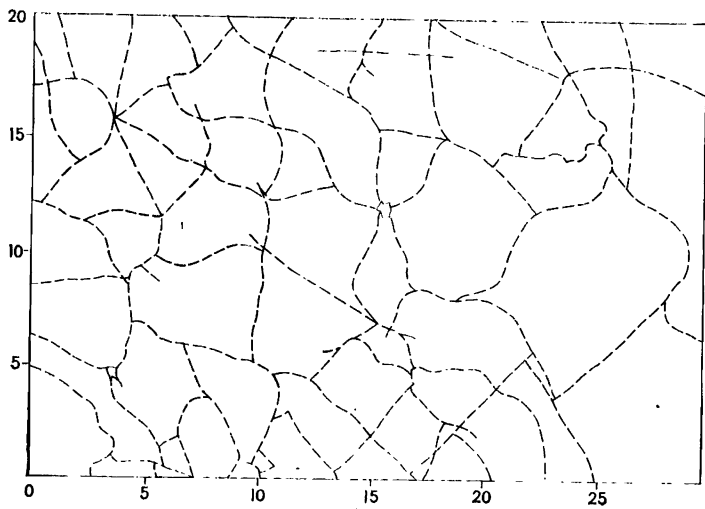
Условные обозначения:

1. Пахотный горизонт современной почвы; 2. Клиновидные жилы, заполненные песками; 3. Суглинки коричневатые; 4. Моренные суглинки; 5. Темный гумусированный суглинок; 6. Серый оглеенный суглинок

рая может быть выражена на современной поверхности, и нижней, имеющей определенное строение в геологическом разрезе. Нижняя часть является как бы фундаментом более хрупкой поверхностной постройки — самого микрорельефа. Для полигональных, блочных, бугристых типов микрорельефа такими «корнями» служат системы клиновидных земляных или грунтовых жил. При пересечении плоскостью разреза, т. е. стенкой карьера или геологической канавы, жилы разрезаются либо поперек, либо под каким-то углом и приобретают V-образную, клиновидную форму, почему и называются клиньями или клиновидными структурами. Истинная форма и размеры клиновидных грунтовых жил получаются при пересечении жил строго под прямым углом — «вкрест простираения». Высота клиньев достигает 4—5 м, а на поверхности, даже в зоне современной мерз-



a



6

лоты, микрорельеф едва ли достигает 0,5—0,75 м. Следовательно, «фундамент» намного основательнее и, можно сказать, прочнее, долговечнее самого строения.

Работы по изучению древней мерзлоты чем-то напоминали на этом этапе реконструкции разрушенных зданий по их фундаменту, когда конечная цель — полный эскиз здания. Наблюдавшиеся ранее клиновидные формы располагались на самых различных глубинах, а обнаруженный микрорельеф и верхние элементы его геологического фундамента залегали на глубине 0,5—1,0 м! Практически мы ходили по реликтам древнего мерзлотного рельефа.

Так и хотелось повесить табличку: «Осторожно: ископаемая мерзлота!»

В Горьковской области мы работали на участке, где при строительстве полотна дороги бульдозер сдвинул верхнюю полуметровую толщу песков и обнажил рисунок полигональной сетки: ярко и четко выделялись на фоне красных глин, вмещающих отложений, светло-желтые полосы и пятна песков — выполняющие отложения.

Геологическое строение большинства форм древней мерзлоты становилось ясным. В основе полигональных образований лежат системы древней трещинно-полигональной решетки. Но сохранность и выраженность в разрезе ее элементов бывает различной. Наиболее полное выражение имеют полигональные структуры, заложенные в плотных моренных грунтах. В супесях клиновидные

←

Рис. 17 а, б. На обнажившейся в результате строительства поверхности песчаные пятна и полосы составляли мозаику (а). С помощью горных работ и дешифрирования аэрофотоснимка реконструирована мелкополигональная система, проникающая в толщу глин до глубины 1,5—2,0 м (б). Линии 1—1 и 4—4 — положение геологических каналов

структуры теряют четкие границы, становятся расплывчатыми.

В суглинистых отложениях встречено наибольшее разнообразие структур по их выраженности: от полно сохранившихся клиновидных форм со всеми деталями строения до практически не выраженных в разрезе ложбинных зон, нахождение которых можно только предполагать по остаточным, вторичным признакам. В период протаивания мерзлоты на месте полигонов могли образовываться канавки с застойной водой, в которых обитали колонии моллюсков. При дальнейшем разрушении зоны ложбины и последующем погребении в толще отложений края канавки стали плохо выделяться на фоне коричневато-сизых суглинков, но маркирующая цепочка остатков раковин сохранилась. Так одна из деталей дает возможность воссоздать картину событий, происходивших несколько тысяч лет назад.

В некоторых случаях реликтовый микрорельеф поражал своей выраженностью на поверхности участков. При полевых маршрутах впечатление было настолько сильным, что, казалось, со времени формирования бугристо-западинного микрорельефа прошло всего несколько десятков или сот лет.

На соответствующих аэрофотоснимках хорошо видна система светлых четырех-шестиугольных ячеек, ограниченных более темными линиями, при пересечении которых образуются темные точки. При наземных маршрутах бугры и западины выявляются очень хорошо. Поверхность полей представляет собой чередование пологих бугров размером от 20 до 50 м в поперечнике с превышениями центральных частей относительно западин в 1,0—1,5 м. Наиболее отчетливо бугристо-западинный микрорельеф выражен на участках недавних вырубок. Бугры достигают 1,5 м в высоту и

20 м в диаметре; форма их чаще овальная, склоны бугров пологие. Бугры разделяются ложбинами и западинами глубиной около 1 м.

Чрезвычайно выразительным на современной поверхности оказался другой тип — крупноблочный рельеф. Участки крупноблочного рельефа мы изучали в пределах левобережья р. Волги на отрезке Углич — Рыбинск. Эти районы сложены с поверхности толщей разнообразных суглинков, на которых выделяется крупноблочный рельеф. Его блоки имеют размеры 50—100 м, ложбины и западины — от 5 до 20 м в поперечнике. Превышения центров блоков над днищами западин достигают двух и более метров.

На большинстве участков проводилась топографическая съемка. Но далеко не всегда древний реликтовый микрорельеф вырисовывается на планшетах в виде правильной системы. Оказалось, что во многих случаях четко видимые на аэрофотоснимке полигоны совершенно не выражены на поверхности, т. е. микрорельеф таких участков как бы утоплен в толщу грунта и захоронен. Полигональные жилы — особые геологические тела в толще вмещающих пород — просвечивают из-под маломощного (0,5—1,5 м) слоя перекрывающих осадков (часто песков). Приезжая на такой участок, находишь ровную или слабонаклонную поверхность поля, песочек, сосны по краю поля, но никакого микрорельефа не наблюдается.

С помощью топографической съемки удалось провести детальный анализ, выяснить «фотогеничность» ископаемой мерзлоты. Реликтовый микрорельеф может выражаться на современной поверхности различно: 1) он может быть захоронен таким образом, что характерные черты при топографической съемке не проявляются; 2) он может быть захоронен частично, так что при съемке мик-

рорельеф обнаруживается как некоторые не связанные в систему и не имеющие определенного рисунка неровности земной поверхности; 3) микрорельеф может быть отчетливо выражен на современной поверхности. При топографической съемке выявляются все характерные черты и элементы.

В пределах Ярославской и восточной части Калининской областей, там, где расположены города Ростов, Углич, Рыбинск, Кашин, Калинин, была обследована территория, протянувшаяся почти на 100 км с севера на юг и приблизительно на 150 км с запада на восток площадью около 15 тыс. кв. км. Строение мерзлотных реликтов исследовалось в десятках разрезов, обнажений, геологических канав с применением бурения, геофизических методов топографической съемки и аэровизуальных маршрутов. В результате впервые была составлена крупномасштабная карта, показывающая распространение древнего микрорельефа на территориях бассейна Верхней Волги.

Карта микрорельефа, существовавшего 15—20 тыс. лет назад, имела высокую обеспеченность фактическим материалом и почти такую же степень детальности, как карты рельефа, составляемые для областей современного распространения многолетней мерзлоты! На карте бассейна Верхней Волги удалось провести палеомерзлотный анализ и выделить 4 палеокриогенных района, отличающихся по литологии и комплексу форм древнего рельефа.

Впоследствии проводились сходные работы на территориях Калужской и Смоленской областей, а также восточнее — в Горьковской области и Среднем Поволжье. Но все эти территории составляют лишь небольшие фрагменты обширной древней области многолетней мерзлоты.

Так, согласно «Схеме распространения реликтового микрорельефа на Русской равнине», составленной А. А. Величко, территория Верхней Волги относится к северной зоне — одной из трех, на которые поделена вся древняя область распространения мерзлоты. Именно северная зона в период существования мерзлоты обладала наиболее длительным и устойчивым мерзлотным режимом, все процессы здесь развивались полнее, чем в средней и южной зонах.

В районах развития мерзлотных реликтов могут отмечаться существенные особенности и в характере растительности. Так, на аэрофотоснимках, сделанных в весеннее и осеннее время, видно, что всходы на полях быстрее и сильнее поднимаются полосами, отвечающими рисунку полигональной сети (по ложбинам древнего микрорельефа). Однако эта особенность имеет и обратную сторону. По данным шведского исследователя Г. Свенсона, избыточное увлажнение в пределах ложбин полигонов в период созревания культур может привести к вымоканию, и в итоге растения ложатся вдоль полос.

* * *

Многие из вас летали на больших и малых самолетах, смотрели сверху на меняющиеся очертания лесов, полей, рек. Мы совершим небольшое путешествие в прошлое над одним из центральных районов европейской части СССР.

Представьте себе деревню на берегу Волги, затерянную в лесах между Угличем и Мышкином, поле за околицей деревни с диковинной машиной — вертолетом МИ-1. С собой берем карты и аэрофотоснимки: два места в тесноватой кабине за спиной пилота, треск и шум мотора, лопасти винта мелькают все чаще, и вот уже с провожаю-

щих слетают кепки, кто-то машет косынкой — полетели.

С высоты 100 м и при значительной скорости полета мы не успеваем почти ничего заметить. Показываем пилоту вверх. Высота 200 м, затем 300 м, кое-что видно, можно делать описание маршрута.

Полеты проводились осенью, поля еще не успели убрать полностью. Однако сразу бросается в глаза пятнистость на полях, «изломанность» современной эрозионной сети, бугристые, западинные системы, элементы крупных блоков. Мы пролетаем над моренной равниной. Когда-то эти территории покрывались ледником, и он сгладил неровности поверхности земли, затем талые воды принесли пески и супеси, отложившиеся сверху ледниковых толщ. В эпоху следующего оледенения ледник не достигал этих районов, и здесь формировалась многолетняя мерзлота. На высоких террасах и пологих склонах водораздельных поверхностей, с которых сдувался снежный покров, возникали полигонально-блочные, трещинные грунты. На более обводненных участках формировались бугры и западины...

Интересно, что при небольшой высоте полета почти не видны полигоны, и только с высоты 200—300 м расплывчатые пятна и полосы на полях начинают приобретать рисунок, характерный для полигональных систем. На отдельных участках они выглядят так же, как на увеличенных репродукциях с аэрофотоснимков земной поверхности. Сверху хорошо видны крупные блоки: полого-выпуклые поля и заболоченные западины, поросшие кустарником.

Внизу все чаще попадаются отдельные деревья, словно маленькие игрушечные макеты, вот они смыкаются, и мы пролетаем над лесом. Раз-

личаются только крупные бугристые и округлые западинные формы, а полигоны пропали.

Все новые и новые участки; на некоторых мы работали, другие знакомы по аэрофотоснимкам. Бугристо-западинный микрорельеф сверху похож на рыжеватые кочки, разбросанные на темном фоне. Возникает ощущение, что наш маршрут проложен где-то в зоне современной мерзлоты.

Кончается второй час полета, вертолет закладывает крутой вираж, и через 40 минут, слегка оглушенные шумом мотора, шагаем по знакомой дороге к лагерю. Кажется странным: много раз ходили и ездили по дорогам и полям, над которыми пролетели, и все было обычным: и лес, и убранные поля, овражки, ложбины, болота. Но стоило опуститься чуть ниже, на глубину 2—3 м, или подняться над землей, и открылся сложный мир прошлых ледниковых эпох, периодов возникновения и гибели древней мерзлоты — непрерывной жизни земной поверхности.

Земля была выше

Помимо полигональных форм в условиях многолетней мерзлоты на наиболее насыщенных водами грунтах могли формироваться бугры пучения, гидролакколиты. Эти формы включали в себя лед, который ядрами или тонкими прожилками пронизывал всю толщу многолетнемерзлых пород. При промерзании в грунтах образовывались прослои льда, причем иногда льда было больше, чем самой породы — минерального скелета. В некоторых местах накопление осадков происходило одновременно с их промерзанием, и льдистость мерзлой толщи достигала 30% и более.

Начало последней волны древнего холода оп-

ределяется А. А. Величко по геологическим данным около 20 тыс. лет назад, а конец, или деградация, мерзлоты — временем около 10 тыс. лет, т. е. вся холодная эпоха относится к самому концу плейстоцена. Нельзя, конечно, ставить знак равенства между условиями той древней мерзлоты и основными особенностями современной области многолетнемерзлых пород. Можно лишь использовать некоторые аналогии. Реликты мерзлоты — следы древних процессов в разрезах, или реликтовый микрорельеф, — далеко отстоят в этом ряду сопоставлений. Их принципиальное отличие и от современной и от древней мерзлоты обусловлено отсутствием льда в грунтах и положительными температурами. Но существуют и другие отличия — морфологические, которые были выработаны и во время существования древней мерзлоты, а в основном в последующие этапы — при деградации мерзлоты и переходе образовавшихся форм в реликтовое состояние. При выделении остаточного мерзлотного микрорельефа А. А. Величко указывал, что эти формы прошли три основных этапа от существования в условиях древней мерзлоты до перехода в реликтовое состояние. Чтобы иметь возможность представить прошлую природную обстановку, необходимо получить элементы для ее реконструкции, а также проследить, как и когда происходили изменения этих элементов.

С этой целью произведем на основании имеющихся фактов доступную нам реконструкцию смены условий мерзлотной эпохи. Естественно, что во многих чертах мы исходим из аналогий с условиями и процессами, характерными для области современной мерзлоты.

Древние полигональные системы при переходе в реликтовое состояние претерпели воздействие

вполне определенных сил и процессов, причем эти воздействия чаще всего были зафиксированы в толще грунтов. Практически во всех известных нам разрезах сохранились только отдельные морфологические элементы, и последовательность их возникновения не всегда полностью очевидна. Приблизительно она выглядит следующим образом.

Возникновение многолетней мерзлоты (очевидно, впоследствии должно быть подразделено на стадии, так как условия промерзания толщи грунтов существенно отличны от условий существования мерзлоты). При промерзании грунтов происходит многолетний процесс отторжения тепла и проникновения холода с поверхности в толщу отложений. Постепенно промерзший слой становится все более мощным, ежегодное летнее протаивание захватывает лишь верхние 1—2 м, и вырабатываются два основных горизонта: нижний — многолетнемерзлый и верхний — сезоннотальный (деятельный слой).

Существование многолетней мерзлоты. Предполагается активное развитие мерзлотных физико-геологических процессов. В это время образовывались полигональные трещины и другие формы. Летом происходило оттаивание грунтов на глубину от 0,5 м (на севере) до 2—3 м (вблизи южной границы), зимой — новое промерзание, и эти циклы повторялись многократно, обеспечивая рост жил полигонов в ширину. Процессы, протекавшие на поверхности мерзлой толщи, в отдельных местах сопровождалась явлениями термокарста — таянием льда, разрушением и проседанием грунта.

Деградация многолетней мерзлоты. Основной этап моделировки реликтового микрорельефа, коренная перестройка поверхности (наиболее активно в пределах верхних 3—5 м). Можно считать,

что верхние метры мерзлой толщи имели льдистость порядка 20—30%, это значит, что на каждый метр грунта по вертикали приходилось приблизительно 0,2—0,3 м прослоек льда. При протаивании 10 м толщи мерзлого грунта его высота сокращалась («грунт садится») на 2—3 м — на величину льдистости. Такой приблизительный расчет можно принять для районов центральной полосы европейской части СССР; к северу и северо-востоку мощности мерзлых льдистых грунтов возрастали. Сравнительные данные из области современного распространения многолетней мерзлоты показывают, что при протаивании льда в районах распространения пылеватых льдистых пород поверхность земли может понижаться на 30—40 м!

Полная деградация мерзлоты и разрушение области древней мерзлоты. Значительная переработка поверхности тех территорий, на которых она существовала. Эта древняя область была намного больше по площади, чем та, которая покрывалась оледенением. Мерзлота проникала во все грунты на всех гипсометрических уровнях. Даже в пещерах, расположенных в горах Кавказа, отмечаются горизонты с увеличенным содержанием осколочного (десквамационного) материала. Чрезвычайно широко распространялись процессы термокарста. Термокарст заразителен. Стоит образоваться маленькому озерку, как прогретое летним солнцем зеркальце воды начинает разрастаться и съедает окружающий грунт. Ветер нагонит волны небольшого озерца, и подветренный берег медленно отступит, а озеро будет расти.

Новое похолодание и континентализация климата. Происходит заложение мелкой трещинно-полигональной системы. Можно считать, что продолжительность этого отрезка времени была незначи-

тельной и мерзлотные условия не такими суровыми. Образовавшиеся трещины имели 1—1,5 м высоты при ширине около 0,5 м.

Потепление климата, протаивание мерзлоты. Активизация почвенных процессов, увеличение мощности основных почвенных горизонтов — гумусового и подзолистого. В это время на территории бывшей многолетней мерзлоты уже существовала растительность.

Продолжаются процессы выравнивания поверхностей, захоронения ложбин полигонов, зарастания и заболачивания озер, ветрового перевевания и переотложения местного материала. В результате водного перемещения и сортировки материала, размывов верхушек почвенных профилей происходит частичное захоронение и заполнение отрицательных форм.

Антропогенное освоение территорий. Механическое разрушение верхов разрезов, изменение базиса эрозии и гидрологического режима участков.

Описанные этапы показывают, что толща вмещающих отложений и позднеплейстоценовые полигональные системы претерпели существенные изменения. Однако далеко не все процессы действовали «на уничтожение», стирание следов полигональных форм. В результате процессов ожелезнения, например, получили лучшую выраженность границы и контакты литологических разностей. Процессы внутреннего диагенетического преобразования пород придали реликтовому микрорельефу определенную «живучесть», способность самовосстанавливаться. Это явление было отмечено нами на полях Ярославщины. После нескольких лет распашки на поверхности одного из полей не сохранилось признаков древнего микрорельефа.

Поле простояло под паром, и, как показала

ежегодная топографическая съемка, через год-два опять начали проступать черты микрорельефа: слабо прослеживались линии ложбин, которые оконтуривали полигоны. Скорее всего микрорельеф регенерировал, частично восстановился на современной поверхности за счет диагенетических явлений в толще грунтов—в фундаменте полигональной системы.

На широких пространствах древних тундр, тундростепей и лесотундры, в толщах льдистых вечномерзлых грунтов в холодные эпохи концентрировались значительные объемы льда. Широко развитые полигонально-жильные системы увеличивали количество грунтовых ледяных включений. В результате последовавшего потепления произошла деградация мерзлоты, разрушение полигональных систем, вытаивание льдов на большей части территории европейской части СССР и южных районов Сибири вплоть до полного протаивания мерзлоты. Севернее и северо-восточнее многолетнемерзлые слои протаяли с поверхности и более десятка тысяч лет сохраняются в глубине, в толщах пород.

Область великой мерзлоты

Мы уже говорили о том, что на территории европейской части СССР в геологических разрезах отмечаются следы не одной, а нескольких волн холода, возникавших в течение плейстоцена. Последнее, позднеплейстоценовое, похолодание обусловило возникновение и широкое распространение мерзлых толщ далеко к югу от границ современной области многолетней мерзлоты.

Именно последняя волна холода создала разнообразные формы мерзлотного микрорельефа, реликты которых мы видим не только в разрезах,

но и на современной поверхности. Анализ большого количества геологических материалов, просмотр аэрофотоснимков и непосредственное изучение территорий позволили определить контуры древней области мерзлоты, воссоздать некоторые условия и основные параметры ее возникновения, существования и разрушения.

Первая схема распространения реликтового мерзлотного микрорельефа на Русской равнине была опубликована А. А. Величко в 1965 г. Уже тогда южная граница области многолетней мерзлоты проводилась на территории Евразии в полосе $45\text{--}50^\circ$ с. ш., т. е. эта область занимала большую часть европейской территории СССР, включая районы Северной и Средней Украины, Белоруссии, Поволжья, Предуралья. Это значит, что граница древней области мерзлоты располагалась более чем на 2 тыс. км южнее (юго-западнее), чем современная граница мерзлоты.

Произведенные А. А. Величко расчеты показали, что на территории всей Евразии площадь позднеплейстоценовой области многолетней мерзлоты составляла 21 870 тыс. кв. км и почти вдвое превышала площадь современной мерзлоты (12 200 тыс. кв. км). Вспомним при этом, что современная область многолетнемерзлых пород занимает почти половину территории СССР, и станут очевидными масштабы этого явления в прошлом.

Поистине область великой мерзлоты! Так далеко на юг не заходил ни один ледник, даже в эпоху максимального оледенения Европы.

В пределах Русской равнины выделяются три основных зоны, или широтных пояса, отличающихся по формам древнего мерзлотного рельефа. Северный пояс простирается от границы современной многолетней мерзлоты до широты Москвы и характеризуется наиболее хорошо выражен-

ным реликтовым рельефом. Для него свойственны формы, описанные в районах Верхней Волги.

Южная граница среднего пояса (зоны) проведена на широтах Днепропетровска и Ростова, но скорее всего этот пояс не столь однороден в смысле распространения реликтовых форм. Северная треть зоны захватывает районы, которых достигали ледники, и на этих территориях отчетливо выражены многочисленные полигональные формы. Южнее, особенно в лёссовых провинциях, преобладают блочно-западинный микрорельеф и различные термокарстовые образования.

Третий, самый южный пояс (зона) области древней мерзлоты характеризуется мелкозападным рельефом, скорее всего термокарстового происхождения, отдельными западинами и бугристыми формами.

Во многих районах нашей страны, далеко за пределами области распространения современной многолетней мерзлоты, отчетливо видны на современной поверхности различные западинные (просядочные) образования, связанные с вытаяванием льда при разрушении древней мерзлоты. Это следы древнего термокарста. К ним могут относиться неглубокие современные озера, заболоченные западины и т. д. Получены материалы о древних буграх пучения, вытаявших и разрушенных около 10 тыс. лет назад.

Наконец, есть предположения о выраженности в современном рельефе одного из самых масштабных образований, присущих области древней мерзлоты, — аласных котловин. Существование их, как полагает А. А. Величко, было возможно в долинах рек Днепра, Сожа, Остра, Десны, Сейма, Псла, а их форма и нахождение среди других перигляциальных (древнемерзлотных) форм сближает их с аласами центральной Якутии. Аналогичные

данные приводятся для соответствующих территорий английскими и американскими исследователями.

Древняя область великой мерзлоты простиралась на территории Европы далеко за пределы Русской равнины. Аналогичные материалы о следах мерзлоты были получены на территории Польши, ГДР, Франции, Австрии, Чехословакии, Венгрии и других стран Европы. Были составлены карты распространения мерзлотных феноменов для большинства этих стран.

Но чем внимательнее стали смотреть на аэрофотоснимки ученые, тем больше неожиданностей. Участки с отчетливым выражением мерзлоты обнаружили на территории Англии, Франции, в окрестностях Вены, даже на Японских островах. Такие участки активно ищут и находят. Где следующие? Как далеко на запад и восток, как глубоко к югу проникала древняя великая мерзлота?

Один из первых ответов на эти вопросы содержится в работах К. К. Маркова и А. А. Величко. Реконструируемая область древней мерзлоты занимала в Евразии значительно большие площади, чем сейчас. Последующие исследования А. А. Величко позволили сформулировать понятие о криогенном этапе в истории Земли, максимум которого определен в 15—17 тыс. лет назад. На этом этапе южная граница великой области древней мерзлоты проходила южнее Киева и Волгограда, достигая 48—45° с. ш. В полосе 45—50° с. ш. эта граница пересекала весь материк Евразии. На материке Северной Америки южная граница области древней мерзлоты также проходила намного южнее ныне существующей. Ее южная граница, по реконструкции А. А. Величко, проходила между 40—35° с. ш. Общая площадь криогенной области северного полушария складывалась из площади об-

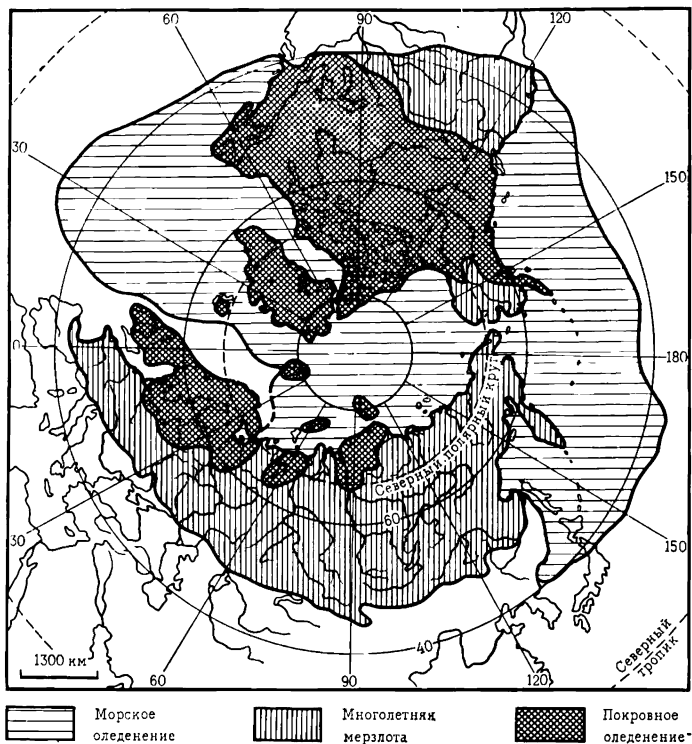
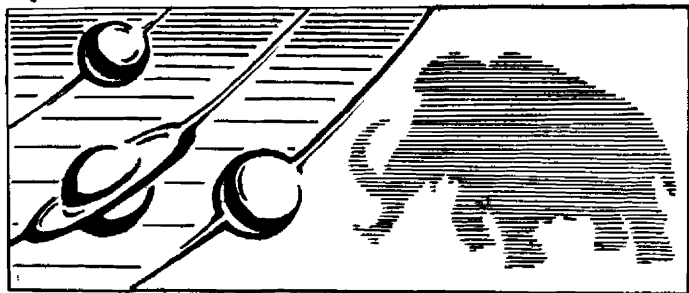


Рис. 18. Криогенная область северной полусферы на третьем этапе плейстоцена (по А. А. Величко)

ласти многолетней мерзлоты в Евразии (21 870 тыс. кв. км), Северной Америки (14 750 тыс. кв. км), а с учетом возможной площади морских льдов (29 700 тыс. кв. км) могла составлять 66 320 тыс. кв. км, или 25% от всей площади северной полусферы Земли. В южном полушарии развитие древних мерзлотных процессов, возможно, происходило в юж-

ных частях материков Африки и Австралии, на самом юге Южной Америки и некоторых островах, С учетом оледенения Антарктиды и вероятного распространения морских льдов южная криогенная область составляла более 35 млн. кв. км. Проведенные реконструкции привели А. А. Величко к выводу о том, что, «вероятно, не только в плейстоцене, но в продолжение всего кайнозоя... не было столь мощной вспышки холода и континентальности, выразившейся в промерзании огромнейших участков океанов и суши, образовании криогенных шапок, «сдавивших» с двух полюсов планету» (1973).



Глава III

ДРЕВНИЙ ХОЛОД: ТЕОРИИ И ПРАКТИКА

Причины похолоданий — известные и предполагаемые

Причины возникновения древних холодных эпох не вполне выяснены и составляют в настоящее время одну из сложнейших проблем четвертичной геологии и палеогеографии. Полный охват этой проблемы — задача трудная, и мы можем лишь обрисовать круг вопросов, над которыми думали многие ученые и продолжают работать современные исследователи четвертичного периода.

Прежде всего отметим то обстоятельство, что древние холодные эпохи практически всеми исследователями рассматривались преимущественно как периоды возникновения оледенений. Появление материалов об ископаемой мерзлоте в основном лишь расширило представления о перигляциальных зонах.

Вопрос о причинах древних оледенений возник одновременно с первоначальным установлением следов ледниковой деятельности. Можно да-

же сказать точнее — с нахождением ледниковых (эратических) валунов. История этой проблемы насчитывает не менее 150 лет, а, по мнению ряда исследователей, древние оледенения изучаются более 200 лет.

Одна из подробных сводок основных гипотез изменения климата и возникновения ледниковых периодов приводится американским ученым Р. Флинтом и занимает целую главу в книге «Ледники и палеогеография плейстоцена». Указывается, что существенные, радикальные изменения климата происходили в истории Земли неоднократно, но они далеко не всегда сопровождались оледенениями.

На характер распределения солнечного тепла, поступающего на поверхность Земли, существенным образом могли влиять изменения параметров орбиты Земли под воздействием Луны и Солнца. Это обстоятельство представляется чрезвычайно важным, тем более что данные о периодическом смещении положения перигелия (ближайшей к Солнцу точки орбиты Земли) показывают, что период этого смещения (период прецессий) составляет немногим более 21 тыс. лет.

Югославский ученый М. Миланкович указывал на колебания количества поступающего на Землю солнечного тепла за счет периодических изменений параметров земной орбиты, в частности изменений наклона земной оси. С этими колебаниями связывались возникновение и исчезновение оледенений.

Солнечно-орографическая концепция также рассматривает колебания солнечной радиации и концентрацию осадков преимущественно на наветренных склонах гор как первоначальный импульс разрастания ледников.

Большинством исследователей подчеркивается, что современные ледники существуют, как правило, в горных, возвышенных районах и древние ледниковые покровы возникали также в горах. Действительно, центры древних обширных материковых оледенений были приурочены к горным массивам Скандинавии, Сибири, Северной и Южной Америки.

Конечно, поднятие гор и материков происходило не вдруг, не в виде каких-то катастроф. Однако, по имеющимся оценкам К. К. Маркова, А. А. Величко, в течение плейстоцена произошло повышение суши на 300—800 м, причем равнины поднялись на 100—500 м, а горы — на 1000—2000 м. Такое поднятие поверхности равносильно понижению температур на $0,6\text{—}3^{\circ}\text{C}$ на равнинах и до $6\text{—}12^{\circ}$ в горах. Соответственно увеличивалось количество осадков, особенно зимних, выпадающих в виде снега.

К. К. Марков отмечает, что оледенение в горах Евразии началось раньше, чем на равнинах, и было, по-видимому, связано с поднятиями эпохи альпийского орогенеза.

Зависимость возникновения древних ледников от возвышенных участков суши настолько очевидна, что еще в 1856 г. Дж. Дана считал поднятие земной коры возможной причиной формирования ледниковых покровов. Характерно, что сто лет спустя Р. Флинт, анализируя многочисленные гипотезы возникновения ледников, подчеркивал, что при установлении связи древних и современных ледников с процессами горообразования и общей атмосферной циркуляцией «возникновение оледенений не требует какой-либо необыкновенной причины. Требуется лишь понижение температуры, при котором атмосферные осадки будут выпадать в виде снега, а их таяние сократится».

Понижение температуры как первоначальный импульс оледенения, по мнению большинства исследователей, могло быть и не слишком большим. Согласно расчетам Г. Брукса, произведенным еще в 1926 г., скорее всего было достаточно первоначального понижения температур на несколько градусов, а не на десятки. В дальнейшем похолодание могло углубляться за счет отражательной способности снега и льда. Однако при понижении температуры и общем охлаждении ослаблялось испарение с поверхности океана, понижались темпы влагооборота, и в конечном счете уменьшалось количество твердых осадков. Это в свою очередь сокращало питание ледников, и их рост ограничивался.

Охлаждающее и иссушающее влияние древних ледниковых щитов проявлялось со временем настолько сильно, что развитие покровов прекращалось. Отсюда югославским ученым Т. Шеготой был получен вывод о том, что обширные, быстроразвивающиеся покровы имели сравнительно короткий период роста и этим, возможно, определялись колебания ледниковых покровов в четвертичном периоде.

Для возникновения первичного ледникового покрова Скандинавских гор скорее всего было достаточно незначительного понижения температур на $2-5^{\circ}$ в основном в летние месяцы. Причина дальнейшего, почти на 10° для самого теплого месяца, понижения температур заключалась в охлаждающем влиянии самих ледников, возрастании ледовитости Полярного бассейна, охлаждении вод Северной Атлантики и росте наземного оледенения в других районах северного полушария.

По данным В. Г. Ходакова, требовалось понижение средней летней температуры приземного воздуха в центре ледниковой области на 8° по

сравнению с современной при дополнительном охлаждающем эффекте самого ледника на 5° .

Многие специалисты подчеркивают следующую деталь: рост ледника и его максимальное развитие происходили позднее, чем возникали холодные условия и понижались среднегодовые температуры. Величина этого «запаздывания» оценивается различно, но, по мнению А. А. Асеева, скорее всего составляла около 5 тыс. лет.

Отметим еще одну существенную сторону многих гипотез: оледенение, однажды возникнув и перешагнув порог критического размера, превращалось в саморазвивающееся явление, «само себя поддерживающее». Ледник переставал «подчиняться» климату, а впоследствии входил в противоречие с окружающими климатическими условиями. В продвижении ледникового покрова в более южные широты при одновременном потеплении климата заключалась одна из основных причин прекращения роста ледника и начала его разрушения. Этим же определяется и невозможность возникновения полного оледенения Земли ни в прошлые, ни в будущие эпохи.

Детальный разбор факторов, которые могли обусловить древние оледенения, проводится О. П. Чижевским. Он критически рассматривает основные теории, объясняющие причины оледенений, и более пристальное внимание обращает на два направления: обусловленность возникновения древних оледенений процессами горообразования (орографическая гипотеза) и влияние самих ледников на климат, понижения температур и количество осадков.

Смена ледниковых и межледниковых эпох, наиболее отчетливо проявившаяся в течение плейстоцена, так же как и возникновение оледенений, требовала объяснений. О. П. Чижевский отмечает, что

именно на этот вопрос не получен общепризнанный ответ. Этой проблемой занимались за рубежом Ф. Пашингер, Дж. Симпсон, у нас — А. И. Воейков, П. А. Шумский, К. К. Марков.

Существо предложенных этими авторами гипотез сводится к построениям, предполагающим колебательный характер температур, количества осадков и роста ледников. Часть исследователей считает, что менялась интенсивность солнечной радиации, но другие ученые подчеркивают, что смена холодных и теплых эпох могла иметь автоколебательный характер.

Влага, необходимая для начала образования ледников, находится в атмосфере. Еще М. В. Ломоносов высказывал мысль о «морозном слое» атмосферы, а впоследствии С. В. Калесник сформулировал понятие о хионосфере — слое атмосферы, в пределах которого возможно возникновение и существование ледников. С процессами, возникающими в хионосфере, или «снегоизбыточном слое атмосферы», как назвал его Е. С. Гернет, связана выдвинутая им теория возникновения, разрушения и даже борьбы с ледниками.

Русский капитан дальнего плавания Е. С. Гернет в книге «Ледяные лишай» древние и современные ледяные покровы считал болезнью планеты, как бы лишаями, «самосильно» распространившимися по ее поверхности. Их первоначальное возникновение объяснялось поднятиями земной коры и вхождением участков суши в снегоизбыточный слой, или хионосферу.

Е. С. Гернет придавал большое значение возникновению и разрастанию Гренландского «ледяного лишая» и считал, что его рост обусловил оледенение Арктики, а в последующем — формирование Скандинавского и Лаврентьевского ледниковых щитов. Новизна взглядов Е. С. Гернета за-

ключалась в том, что распространение ледников обуславливали не какие-то внешние причины, а сами ледники, которые, развиваясь, изменяли климат.

Теория Гернета не являлась чем-то фантастическим и нереальным в смысле оценки значения ледников и существования автоколебательных циклов. В последующих работах В. Стокса, М. Юинга, В. Донна и других исследователей рассматривались в принципе те же идеи, но с привлечением новейших геологических и гляциологических данных. Чрезвычайно оригинальными были рекомендации Е. С. Гернета по предотвращению нового, современного разрастания ледниковых покровов. Согласно его представлениям, нормальное состояние Земли — безледное; существующие Антарктический и Гренландский ледниковые щиты являются наростами на поверхности планеты. Поэтому ближайшая задача человечества — уничтожить эти наросты, в первую очередь Гренландский. В результате ежегодной уборки снега с его поверхности рост Гренландского щита прекратится, человечество будет избавлено от угрозы нового одеждения, а в полярных странах, освободившихся от льдов, установится мягкий и теплый климат — «артмиоцен», как называет его Е. С. Гернет.

Со второй половины XX в. появляются работы, в которых феномены древнего холода — ледники и мерзлота анализируются взаимосвязанно. Эти проблемы рассматриваются для ряда европейских стран, например, в работах Я. Дылика, М. Печи, Ж. Трикара, для территории Северной Америки — А. Уошборном и др. Для территории Англии сведения о древних мерзлотных формах приводятся Б. Спарксом и Р. Вестом в книге «Ледниковый век на территории Англии», краткие характеристики «перигляциальных обстановок» содержатся в мо-

нографии Д. Боуэна. Эта проблема в глобальном масштабе разбирается К. К. Марковым и А. А. Величко в монографии о четвертичном периоде (1967) и последующих трудах А. А. Величко.

И тем не менее, когда говорится о древних холодных эпохах, в большинстве работ имеется в виду возникновение и развитие покровных ледников. Советский климатолог М. И. Будыко считает, что основные причины естественных изменений климата известны. Похолодание, происходившее на протяжении последних десятков миллионов лет, по его представлениям, было обусловлено снижением количества углекислого газа (CO_2) в атмосфере. Рассматривая данные о содержании количества углерода в осадочных породах, М. И. Будыко приходит к выводу о том, что «концентрация углекислого газа в раннем или среднем плейстоцене, т. е. 6—7 млн. лет тому назад, достигала значения, превышающего современное (0,033%) в 2 раза. (В то время морские полярные льды практически отсутствовали, а наземные оледенения были, вероятно, меньше современных.)» В последующие периоды количество CO_2 в атмосфере понизилось, уменьшился тепляющий эффект воздушной оболочки, и начался рост ледников.

Распределение тепла на земном шаре, а следовательно, и климат существенно зависят от характера океанических течений. Высказываются предположения об изменениях направления Гольфстрима, об изменении циркуляции вод Мирового океана при понижении его уровня, но каковы климатические последствия этих изменений — неясно.

Анализ причин древних оледенений, изучение современной природной среды и проведенные работы по созданию геофизических и математических моделей привели ученых к выводу, который

сформулирован известным советским гляциологом В. М. Котляковым следующим образом: «Главным элементом природной среды, определяющим ее облик в прошлом, настоящем и будущем, является климат — эта результирующая процессов в атмосфере, океане и на поверхности суши, достаточно постоянная (условно на протяжении 20—30 лет) для любого района земного шара... При разработке моделей климата мы должны иметь дело с глобальной природной системой: Атмосфера — Океан — Суша — Оледенение».

Итак, механизм возникновения оледенений почти выяснен, известны его основные детали, и он мог бы работать, что показывают математические модели. Но каков был в действительности первоначальный импульс? И снова после всех гипотез, теорий и построений сидит занозой: почему? Почему началось похолодание, первоначальное накопление льда и рост ледников?

В этой связи уместно привести некоторые высказывания ведущих советских ученых. А. А. Асеев писал, что обсуждение проблемы оледенений «требуется привлечения данных по общепланетарным и даже космическим явлениям и не может основываться на материалах изучения одной, хотя и очень обширной области. Разнообразие взглядов на причины возникновения материковых оледенений лишает нас возможности даже перечислить все существующие по этому поводу гипотезы». «Вместе с тем ни одна из десятков предложенных гипотез не является полностью удовлетворительной...» — заключает Л. Р. Серебрянный.

Проблема вероятности возникновения новых оледенений на Земле и предполагаемые сроки начала оледенения рассматриваются многими исследователями. В основном ее решение сводится к построению по принципу интерполяции от прошло-

го в будущее, от минувших природных условий к тем, которые возникнут через сотни и тысячи лет.

Незнание основных причин начала оледенений позволяет решать проблемы только с помощью косвенных данных. А. А. Величко подчеркивает, что, согласно мнению Н. А. Хотинского и анализу развития природы современной эпохи, можно считать, что оптимум голоцена — нынешнего межледниковья остался в прошлом. Длительность предшествовавших межледниковий не вполне определена, и поэтому прогнозные построения неоднозначны.

Во время «малого ледникового периода», который переживало человечество в XV—XIX вв., увеличивались площади современных горных ледников, и они даже начинали спускаться в долины.

Огромное значение имеет возможность наблюдения за состоянием земной поверхности из космоса и с помощью космических снимков. Так, В. М. Котляков приводит материалы американского ученого Дж. Куклы, согласно которым в период с 1950 по 1975 г. происходило увеличение общей площади снега и льда в северном полушарии, отмечалось похолодание, достигавшее $0,1\text{--}0,2^\circ$ за десятилетие.

Оценивая возможность возникновения нового существенного похолодания Земли, Л. Р. Серебрянный анализирует датировки молодых подвижек ледников в горных странах. Он считает, что на фоне современных разнонаправленных колебаний ледников «очередной период резкой активизации оледенения следует ожидать только около 4300 года... От начала очередного материкового оледенения нас отделяет не менее 15 тыс. лет» (1980).

С другой стороны, увеличивается число данных, согласно которым в течение плейстоцена бы-

ло значительно больше циклов оледенений. Так, Д. Боуэн считает, что в плейстоцене происходило 17 циклов оледенений (количество было определено преимущественно по морским отложениям). В таком случае от начала нового оледенения нас отделяет отрезок времени протяженностью менее 10 тыс. лет.

Характерно, что скорее всего результаты нынешнего колебания климата сказываются на режимах и температурах мерзлых пород в области их современного распространения. По данным Н. А. Шполянской, намечаются черты общего похолодания, наибольшее развитие которого возможно через 10 тыс. лет, что и повлечет за собой расширение области многолетней мерзлоты.

Но и в настоящее время, как указывает О. П. Чижев, во многих горных районах, например на севере Британских островов, соотношение температуры и количества осадков таково, что возможно возникновение и разрастание ледников. Для этого необходимо лишь сохраняющееся некоторое время небольшое (на несколько градусов) понижение зимних температур.

Разногласия в царстве холода

Покровные ледники и мерзлота — порождения холодных эпох. Но поскольку пространственно эти явления не совпадали, режимы существования и разрушения, а также остаточные формы — геологические следы их — различны.

Взаимодействие ледников и мерзлоты может быть рассмотрено при сопоставлении данных об их современном распространении и материалов, полученных для прошлых геологических эпох.

Изучение ледников на Земле составляет предмет исследования одной из ведущих отраслей со-

временной географии — гляциологии. Вечно-мерзлые породы и явления, связанные с «подземным оледенением», изучает мерзлотоведение. Области и объекты изучения этих двух направлений определены достаточно четко. Составлены каталоги, карты, атласы, показывающие современное распространение ледников и мерзлоты на всех континентах; учтены площади морских льдов северного и южного полушарий. Произведены подсчеты ежегодных сезонных проявлений холода: снежного и ледяного покрова, подсчитаны их объемы и площади.

Соотношение ледников и мерзлоты в настоящее время еще не вполне изучено, скорее всего нет единой теории на этот счет, и наука в основном находится на стадии описаний и сбора фактического материала. В основании крупнейшего покровного ледника Антарктиды нет, исключая его периферию, многолетней мерзлоты. Но выходы коренных пород и даже дно окружающих Антарктиду морей скованы многолетней мерзлотой.

Н. Н. Романовский приводит данные американских и канадских исследователей, показывающие, что в северо-западной части Гренландии и на севере Канадского арктического архипелага под ледниками сохраняются многолетнемерзлые породы с низкими отрицательными температурами. В северной Гренландии под льдами мощностью 1300 м температура многолетнемерзлых пород составляет минус 13° С; мерзлота также развита на многих участках по периферии ледника. Одним из интересных районов развития мерзлоты является территория Земли Пири на севере Гренландии, где по географическому положению и условиям мог бы существовать ледниковый покров, но он отсутствует.

На островах Северного Ледовитого океана, Шпицбергене, Новой Земле, Северной Земле, на

Земле Франца-Иосифа мерзлые породы непосредственно перекрыты ледниками. Под так называемыми холодными горными ледниками Северо-Востока СССР, Памира и Тянь-Шаня вечномерзлые породы не только сохраняются, но их мощность может достигать нескольких сот метров. С другой стороны, большинство исследователей считают, что благодаря потокам тепла из глубин Земли под мощными ледниковыми покровами толщиной в несколько тысяч метров мерзлота либо отсутствует, либо температуры пород близки к 0° , хотя возможны и аномалии.

Заметим, что почти во всех перечисленных районах земного шара формы и явления, свойственные области развития мерзлоты, близко соседствуют с ледниками. Площади, занятые в настоящее время ледниками, многолетней мерзлотой и морскими льдами, приводятся в таблице.

Оледенение Северной и Южной полярных областей
(Чижев, 1976)

Виды льдов	Северное полушарие		Южное полушарие	
	летом	зимой	летом	зимой
	Площадь, млн. кв. км			
Материковый лед	2	2	14	14
Морской лед	8	15	2,5	19
Сезонный снег	—	60	—	—(?)
Общая площадь снега и льда	10	77	16,5	33
Многолетняя мерзлота	13	13	—(?)	—(?)

В палеогеографическом плане проблема взаиморасположения ледников и мерзлоты намного сложнее. В течение холодных эпох возникали ги-

гантские покровные ледники. Области многолетней мерзлоты увеличивались по площади, мощности мерзлых пород возрастали. По периферии ледников расширялись или возникали обширные перигляциальные зоны, для которых также было характерно развитие мерзлоты.

Эти различные по режимам и динамике системы существенно отличались по времени возникновения, развития и разрушения. Последовательность или одновременность возникновения основных феноменов холодных эпох, их пространственное соотношение и другие вопросы в настоящее время не имеют однозначных и полных ответов. Это замечание распространяется не только на события древнейших и древних холодных эпох, но в значительной степени относится и к реконструкциям природной обстановки последней вюрмской (валдайской) ледниковой эпохи.

Попробуем представить условия, определявшие развитие ледников и мерзлоты одной холодной эпохи. В результате некоторого понижения средней годовой температуры происходило увеличение количества твердых осадков, которые начинали накапливаться и дали возможность сформироваться сначала небольшому горному, а затем все разрастающемуся леднику. После возникновения ледника продолжалось, во-первых, выхолаживание масс воздуха над ним, а во-вторых, с определенного момента ледник активно воздействовал на процессы накопления льда.

Для образования ледников нужна помимо понижения температуры значительная влажность, обилие твердых осадков: ледник прожорлив, снег должен уплотниться в несколько раз, чтобы стать фирном, испытать значительные давления, прежде чем он превратится в лед.

Многие снежные тучи должны были непрерыв-

но пополнять запасы снега, тяжелые клубы снежной пеленой застилали солнце. Ледники высасывали влагу из атмосферы, даже уровень океана понижался—такова потребность покровных ледников.

В результате из влагооборота исключалось огромное количество влаги, и она в виде снега и льда концентрировалась в ледниковых толщах. Древние ледниковые щиты формировались в Евразии не в районах наиболее низких температур, а там, куда поступала влага, а следовательно, и осадки, питающие ледники,—по западной окраине Евразийского материка и, возможно, на северо-западе (Урал, Таймыр).

Однако мы не располагаем данными о том, двигался ли ледник по скованной мерзлотой поверхности земли или мерзлота возникала и формировалась только за пределами древних ледников. Большинство исследователей считают, что под ледниками мерзлоты не было. Перед фронтом ледника должна была существовать полоса, где для формирования мерзлоты условия также были неблагоприятными. В этой полосе образовывались озерные бассейны, происходило подпруживание рек, скапливались участки мертвого льда и т. д.

За пределами этой полосы по мере удаления от края ледника властвовал иной холод. Это был «сухой» холод, при котором прежде всего происходило выхолаживание открытой или мало-заснеженной поверхности земли, а затем холод проникал вглубь, промораживая и преобразуя грунты.

На площадях в тысячи квадратных километров должен был устанавливаться режим выхолаживания, повторявшийся из года в год на протяжении тысячелетий, и мерзлота проникала все глубже и

глубже на десятки и сотни метров, обходя только долины больших рек и котловины озер. Безоблачные антициклоны устанавливались над огромными территориями суши. Перигляциальная зона со своими процессами и явлениями выделяется всеми исследователями древних ледников, но смысл, вкладываемый в это понятие, несколько различен. Однако большинство считает, что главными характеристиками были низкие отрицательные температуры, сильные ветры и малое количество осадков. Близкие условия существуют в районах нынешних высоких гор, по перифериям ледников, в Арктике и Антарктике.

Считается, что в современных обстановках полных аналогов древним покровным ледникам нет. Это замечание, которое приводит и Д. Боуэн, справедливо, когда мы пытаемся реконструировать условия древних обширных перегляциальных зон, располагавшихся к югу от ледниковых покровов в умеренных широтах Европы и Северной Америки. Основное отличие заключено в том, что на таких широтах никогда не было чередований полярного дня и полярной ночи с низким стоянием Солнца над горизонтом. Близкие условия с существованием мерзлоты и формированием мерзлотных структур существуют в периферических районах Антарктиды.

Для ледниковых покровов, вернее их языков, критической была широта, которой они достигли: в Европе — 48° с. ш. в максимальное днепровское оледенение и до 38° с. ш. в Северной Америке в эпоху последнего «большого ледникового максимума». Перигляциальные зоны распространялись на 500—300 км южнее, достигая скорее всего совсем уж теплых широт — 40 — 35° с. ш. В приводимых нами реконструкциях несколько преувеличены по сравнению с общепринятыми

площади распространения перигляциальных условий. Но мы исходим из понятия о перигляциале как «термической тени» ледников, учитывая при этом, что общеклиматическое влияние ледниковых покровов было еще значительнее. Можно считать, что для перигляциальных зон «критическая» широта находилась на несколько градусов южнее, чем для ледниковых покровов.

Палеогеографические аспекты проблемы соотношения ледников, перигляциальных зон, роста области древней мерзлоты и ледового покрова морей рассматривались ведущими советскими палеогеографами и анализируются в трудах К. К. Маркова, совместной монографии К. К. Маркова и А. А. Величко и последующих работах А. А. Величко. Мы не будем приводить пересказ всех положений из этих фундаментальных работ, касающихся данной проблемы, тем более что в значительной степени пользуемся ими в наших построениях. Отметим особо, что А. А. Величко был обоснован и выделен криогенный этап в истории Земли, относящийся ко второй половине валдайской (вюрмской) холодной эпохи. В течение криогенного этапа наибольшее развитие получила в Евразии область многолетнемерзлых пород при сравнительно меньших площадях, занятых ледниковым покровом. На основании анализа многочисленных материалов А. А. Величко делает заключение, что это был наиболее холодный, суровый и резко континентальный период не только валдайской эпохи, но и всего плейстоцена. Максимальное похолодание относится ко времени около 20 тыс. лет назад.

Если рассматривать ледниковый покров и область многолетней мерзлоты, существовавшие на территории Евразии в позднем плейстоцене и достигшие максимума около 18—20 тыс. лет назад, то

чисто формальное сопоставление окажется в пользу ледникового покрова. Действительно, Валдайский ледник скорее всего достигал мощности 3 км в области формирования щита и нескольких сот метров на значительных площадях ледникового покрова, в выводных ледниках, лопастях и т. д. Мерзлые толщи имели меньшие мощности (насколько это известно в настоящее время), они составляли первые сотни метров на территории Западной и Восточной Европы.

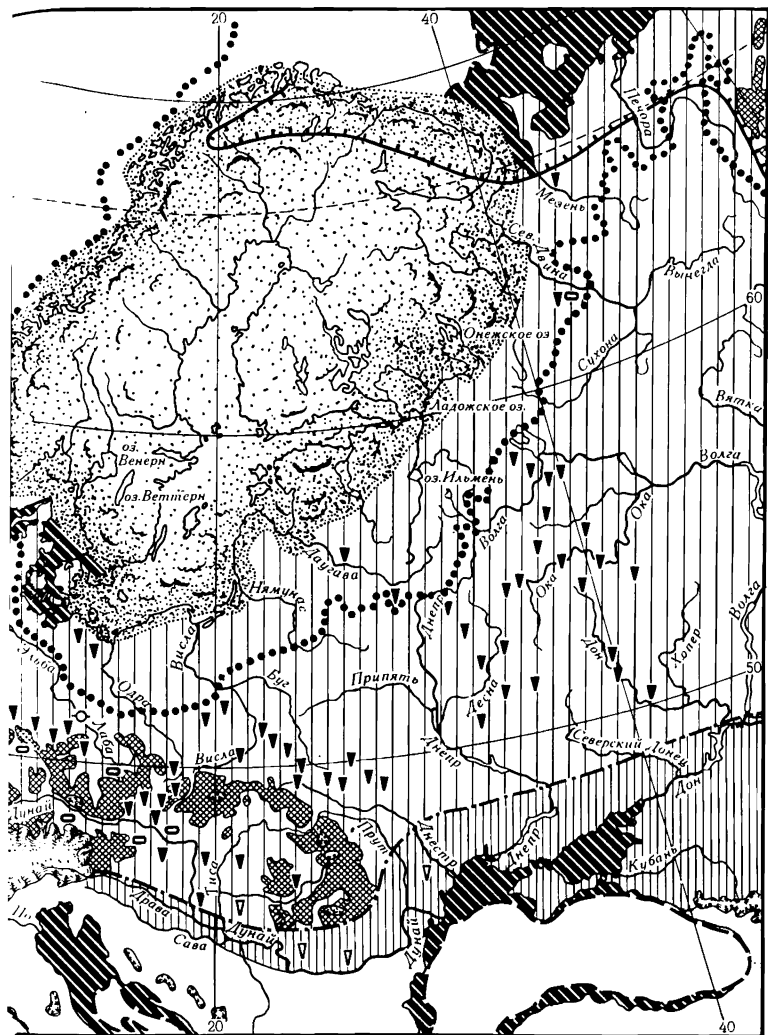
Но при сравнении площадей, занятых покровными ледниками и мерзлотой, в Евразии первое место уверенно держат многолетнемерзлые толщи. Их южная граница, судя по геологическим следам, достигала в европейской части СССР 48—45° с. ш., и область древней мерзлоты чуть ли не вдвое превосходила покровный ледник по площади. Однако на территории материка Северной Америки, согласно палеогеографическим реконструкциям, область многолетнемерзлых пород образовывала довольно узкую зону, протягивающуюся от побережья до побережья южнее покровного оледенения.

В Западной и Восточной Европе, районах наиболее изученных, распространение древних ледников и мерзлоты достаточно согласуется во времени и пространстве. На этих территориях интересы двух групп исследователей, занимающихся изучением ледников и мерзлоты, практически не входят в противоречия, и только в деталях или в отдельных конкретных пунктах имеются некоторые расхождения. Гораздо сложнее складывается ситуация в некоторых районах на северо-западе европейской территории СССР и в Западной Сибири.

На севере Западно-Сибирской равнины, по представлениям большой группы исследователей, существовал ледниковый покров. Имеются и следы



Рис. 19. Распространение покровного оледенения и много (по А. А. Величко, В. В. Бердникову,



летней мерзлоты в поздневалдайскую холодную эпоху
В. П. Нечаеву)

древней мерзлоты, не говоря уже о том, что в настоящее время большая часть территории находится в пределах области многолетней мерзлоты.

Предположение, что мерзлота сформировалась после существования ледника, не выдерживает никакой критики, так как, во-первых, не было соответствующих условий на протяжении последних 8—9 тыс. лет, а, во-вторых, для возобновления мерзлоты и образования толщ мощностью 300—400 м, согласно расчетам, нужно значительно больше времени. Такие возражения выдвигаются В. В. Баулиным и группой специалистов, изучающих эти районы.

В отличие от покровных ледников, полностью исчезнувших с территорий Евразийского и Северо-Американского континентов, многолетняя мерзлота только сократилась, и не слишком уж радикально, «освободив» западную часть Евразии, в том числе территории Западной Европы и европейской части СССР. Начиная с Западной Сибири и далее на восток, мерзлота не только сохранилась, но и продолжает активно существовать.

В Евразии мощности мерзлых толщ в области их современного распространения возрастают как бы ступенчато к востоку и северу; в глубине континента находится, можно сказать, ядро области мерзлоты с максимальными мощностями и наиболее низкими отрицательными температурами.

На территории Северной Америки современная область мерзлоты занимает огромные пространства всего севера материка с максимальными мощностями на севере Аляски (до 400 м). Таким образом, по самым грубым подсчетам, область мерзлоты в настоящее время по сравнению с позднелейстоценовой холодной эпохой сократилась. Граница ее на 1,5—2 тыс. км сместилась к северу.

Перед исследователями древнего холода воз-

никло много нерешенных вопросов, в том числе определение границ максимального распространения мерзлоты и перигляциальных условий. Согласно представлениям А. А. Величко, максимальное продвижение границы вечной мерзлоты на территории Евразии и Северной Америки во время криогенного этапа «контролировалось» продвижением к югу границ морских льдов.

Попробуем несколько отклониться от общепринятых построений. Сделать это позволяют нам некоторые особенности, присущие древней, перигляциальной области, чрезвычайно широко развивавшейся в холодные эпохи.

Поразительным оказалось не столько нахождение следов мерзлоты, сколько то, что их распространение не вполне соответствует, можно сказать, «не подчиняется» закономерностям, выявленным в области современного существования многолетнемерзлых пород. В пределах последней, даже в районах Восточной Сибири, там, где мерзлотные процессы проявляются с максимальной интенсивностью, полигональные формы приурочены к определенным типам грунтов и могут формироваться на определенных геоморфологических уровнях. Древние полигональные системы во многих случаях возникали почти на всех геоморфологических уровнях — в долинах, на склонах, на вершинных поверхностях и развивались практически на всех типах грунтов: моренных суглинках, лёссах, песках, торфе, гравелистых отложениях, даже на коренных породах типа известняков.

Для такого распространения древних полигональных систем нужно предполагать наличие малого количества осадков, возникновение низких температур и, самое главное, их резкие понижения. В целом это были условия, отвечающие еще более континентальному климату, чем тот, кото-

рый существует в центральных частях Восточной Сибири.

В районах длительного существования мерзлых пород могут формироваться сингенетические полигонально-жильные льды. Они считаются бесспорными свидетельствами одновременности существования мерзлоты и накопления осадков. Например, мощности таких отложений и соответственно высота ледяных жил на севере Восточной Сибири достигают 40 м. Однако для территорий Восточной и Западной Европы, Англии и Северо-Американского континента отмечаются многочисленные следы скорее всего кратковременных волн сильных похолоданий; большинство форм последней волны холода свидетельствует о быстрых и резких падениях температур.

При позднеплейстоценовом похолодании на материке Северной Америки сравнительно с площадями, занятыми ледниковым покровом, перигляциальная зона протягивалась лишь узкой полосой. На территории Евразии область мерзлоты и собственно перигляциальная зона могли смыкаться или накладываться, образуя обширную суммарную область. Древняя область мерзлоты с наиболее суровыми режимами расширялась, и, как нам представляется, ее граница проходила значительно западнее Урала и Поволжья. Формировался далеко выходящий (от современного положения) массив мерзлых толщ, мощность которых уменьшалась к периферии. В пределах Европы при такой гипотетической рисовке южная граница древней области мерзлоты, возможно, достигала 46—48° с. ш.

На огромных пространствах за периферией ледникового покрова существовали обширные зоны преимущественно перигляциального характера. Для них также было характерно промерзание грунтов, формирование разнообразных трещинных форм и

т. д. Чтобы представить один из возможных вариантов их максимального распространения, можно обратиться к карте криогенных областей Земли, составленной И. Я. Барановым. Современные зоны систематического сезонного промерзания почвы, изображенные на карте, занимают обширные области в Евразии, Северной и Южной Америке, отмечаются даже по северной кромке Африканского континента и юго-восточной, гористой части Австралии. Сейчас это зоны систематического сезонного промерзания. Но может быть, в холодные эпохи при общем понижении температур на этих территориях существовала многолетняя мерзлота с сезонным протаиванием? Многие из пунктов, в которых обнаружены следы древней мерзлоты, «ложатся» в пределах указанных зон. В Европе почти до 40° с. ш., в Северной Америке южнее (выступом до 35° с. ш.), даже на Японских островах обнаружены клиновидные формы, или системы, полигонов.

В целом можно предположить, что «принципиальная схема» распространения современного холода на земном шаре приблизительно соответствует древней. С поверхности Европы и Северной Америки ледниковые покровы исчезли. Ушла и их «тень» — перигляциальные зоны. На этих территориях сохранилось в настоящее время сезонное промерзание, а в толщах отложений обнаружены многоярусные следы древних мерзлотных процессов. Области многолетнемерзлых пород Евразии и Северной Америки сократились, но и в настоящее время мощности мерзлых толщ составляют сотни метров. Одной из многих загадок многолетней мерзлоты является вопрос: почему это порождение холода оказалось таким устойчивым? Современная мерзлота не современница, это наследие древних холодных эпох.

В практике археологических и палеогеографических исследований сведения о следах древней мерзлоты, обнаруженных на стоянках первобытного человека, появились значительно позже, чем в геологических изысканиях. Необходимо, однако, сделать маленькую оговорку: это справедливо для следов ископаемой мерзлоты, получивших соответствующую интерпретацию. Один из первых примеров обнаружения следов ископаемой мерзлоты на стоянке палеолитических людей — берег р. Десны у г. Брянска.

Археологическое изучение стоянок древнего человека всегда проводится с большой тщательностью и осторожностью. Вся площадь, на которой ведутся земляные работы, разделяется на квадраты, и при последующих работах фиксируется положение различных находок, кремня, костей, угольных пятен — все они составляют, как говорят археологи, древний культурный слой. При таких работах землю, снимаемую последовательно, слой за слоем, буквально просеивают: недаром по результатам раскопок оказалось возможным восстановить даже шитье бисером на одежде древних охотников.

Естественно, что выявляются все изменения в толще отложений: наклоны слоев, смена различных типов грунтов и т. д., а также нарушения, произведенные искусственно — в результате хозяйственной деятельности древних людей. Впоследствии при изучении и анализе материалов раскопок достаточно часто возникают неожиданные открытия, а иногда полученные материалы представляют головоломные загадки.

На правом берегу р. Десны вблизи г. Брянска, в селе Тимоновка, проводилось изучение палеоли-

тических стоянок, известных под названиями «Тимоновка-I» и «Тимоновка-II». Первая палеолитическая стоянка в селе Тимоновка была открыта М. В. Воеводским, а детальное исследование этого памятника осуществил В. А. Городцов в 1928—1933 гг.

Результаты проведенных раскопок были неожиданными. Согласно полученным материалам, прослеживалось весьма необычное положение древнего культурного слоя стоянки. На отдельных участках обработанные кремни, орудия и костные остатки были обнаружены на значительно большей глубине от поверхности, чем на преобладающей площади раскопок.

Такие участки имели узкую, вытянутую форму. При нанесении их на план раскопа, проведенного В. А. Городцовым, выделились полосы шириной около 2—3 м, имеющие длину до 12 м и пересекающиеся между собой.

На основании этих данных В. А. Городцов делает вывод об открытии на стоянке «Тимоновка-I» принципиально нового для первобытных людей типа жилищ, которые он считал землянками. Эта идея, казалось, получила прочное геологическое и археологическое обоснование, тем более что дальнейшие раскопки добавляли фактический материал. Воссоздавалась схема жилищ — землянок, которые были перекрыты шкурами и ветвями деревьев. Предполагалось, что они имели входы и выходы и даже различное назначение. Ничего похожего ни на одной стоянке первобытных людей археологи не находили. Возникало множество вопросов: каким образом были выкопаны такие большие да еще сообщающиеся между собой жилища? С помощью каких орудий труда? И т. д.

Впоследствии работы по изучению стоянки, начатые В. А. Городцовым, были продолжены археологом Д. А. Крайновым. Примерно через 20 лет

после сообщений о необычных жилищах стоянки «Тимоновка-I», в 1956 г., Д. А. Крайнов опубликовал дополнительно обработанные материалы о стоянке, содержащие чрезвычайно интересные зарисовки. В вертикальных стенках раскопа выделялись зоны шириной 2—3 м вверху, сужающиеся книзу. Обнаруженные формы достаточно четко выделялись в толще вмещающих отложений по характеру выполняющего материала. Внутри этих образований костные и кремневые включения находили по всей глубине: до 3 м от поверхности.

Еще 20 лет спустя, в 1977 г., вышла книга «Среда обитания первобытного человека Тимоновских стоянок», которая содержала материалы по новой стоянке «Тимоновка-II», открытой вблизи местоположения «Тимоновка-I».

Напомним, что к этому времени уже имелись многочисленные сведения о существовавшей в конце плейстоцена обширной области вечной мерзлоты. На территории центра Русской равнины, в бассейне Десны, в непосредственной близости от стоянок «Тимоновка-I и II» были выявлены и описаны яркие следы древней мерзлоты в виде разнообразных клиновидных деформаций.

Поэтому, когда при раскопках, проводившихся на стоянке «Тимоновка-II», было обнаружено необычное залегание культурного горизонта, как бы провалившегося по нескольким продольным линиям, исследователи могли предположить, что столкнулись именно с мерзлотными деформациями. Все геологические признаки показали несомненную принадлежность обнаруженных нарушений к древним мерзлотным деформациям — клиновидным структурам. Большая площадь раскопа позволила восстановить детали строения деформаций и реконструировать древнюю полигональную систему, существовавшую на участке. Полигоны имели

вид четырех-пятисторонних ячеек с размерами сторон 10—12 м. Ячейки ограничивались морозобойными трещинами шириной 2—3 м вверху, проникавшими на глубину 3—5 м. Их наиболее расширенная часть составляла примерно верхние $\frac{2}{3}$. Такие системы были обычными для области распространения древней многолетней мерзлоты. Что же следовало из таких материалов?

Во-первых, палеомерзлотными исследованиями подтверждалось, что во время заселения стоянки и обитания на ней людей существовали холодные, резко континентальные условия. Их можно сравнить с климатическими условиями в Восточной Сибири, характерными для центральных районов современной области многолетнемерзлых пород. Растительность напоминала облик холодных степей и лесостепей с редкими угнетенными деревьями, которые, возможно, были более многочисленны только в пределах речных долин. Разнообразна и обильна была травянистая растительность.

Во-вторых, из анализа геологических материалов вытекало, что древний человек поселился на территории стоянки в тот период, когда полигонально-жильная система была уже сформирована и достигла определенной стадии развития.

Трудно в настоящее время судить о том, учитывал ли древний человек характер выбранного участка. Скорее всего определенный опыт ведения хозяйства и даже строительства в условиях мерзлоты у людей того времени уже имелся. Они, конечно, не могли представить себе причины различий, которые имелись в мерзлых грунтах, составлявших блоки (большую часть площади стоянки), и ледяных и льдогрунтовых жилах, ограничивавших эти блоки, но при каждодневной практике этой разницей могли пользоваться (для хранения припасов).

Наконец, существование древней мерзлоты и

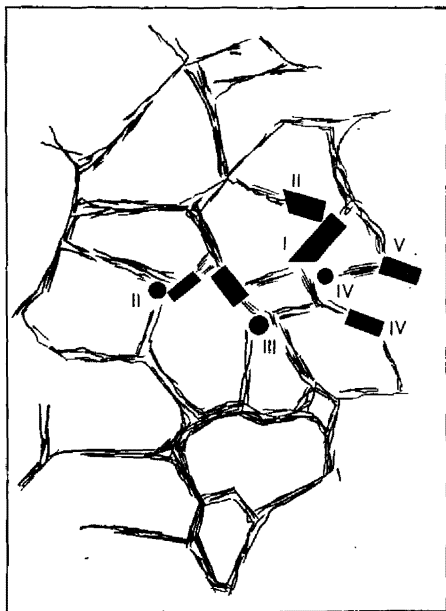


Рис. 20. План размещения жилищ, обнаруженных на стоянке «Тимоновка-I», сопоставляется со схемой расположения жил древней полигональной системы (по А. А. Величко)

нахождение полигонально-жильной системы на участке стоянки позволило А. Величко совершенно с иных позиций решить вопрос о так называемом феномене тимоновских жилищ. При сопоставлении геологических данных о строении полигонов со схемами и зарисовками, сделанными В. А. Городцовым, стало ясно, что за землянки были приняты фрагменты и геологические следы жил полигонально-блочной системы. Они так же перекрещиваются, образуют вытянутые в плане формы, имеют глубину

до 3—4 м и т. д. Действительно, если последовательно вынуть заполнение жилы, то образуется длинная, сужающаяся книзу полость, которая вполне может быть принята за ров или продолговатую землянку с неровным полом.

При сохранении на поверхности естественной растительности мерзлота продолжает существование в определенном температурном режиме. Но при вытаптывании естественного покрова, которое было неизбежно на месте стоянки в результате скопления большого количества людей, верхние слои мерзлоты начинали разрушаться и могли образовать вязкую топкую массу.

В современной области вечной мерзлоты северных районов при нарушении травянисто-мохового покрова жители обычно переставляют жилище (ярангу) на другое, ненарушенное место. Возможно, что сходные осложнения возникали и на месте стоянки древнего человека.

Впоследствии при деградации мерзлоты происходило протаивание льда полигональных жил. При этом поверхность участка серьезно нарушалась, возникали те самые неровности культурного слоя, которые обнаружались при археологических раскопках, а кости и кремневые остатки опустились в нижние части полигональных жил. Результаты изучения стоянки «Тимоновка-II» и проведенные определения абсолютного возраста костных остатков по зубу мамонта позволяют использовать эту цифру (15110 ± 530 лет назад) для датирования времени существования древней мерзлоты.

Разнообразные мерзлотные деформации, в том числе крупные клиновидные структуры — следы древних полигонов, проникавших до глубины 4—5 м и имевших поперечники 8—10 м, встречены к настоящему времени, по-видимому, еще на нескольких стоянках.

Следы древней мерзлоты были обнаружены на ряде стоянок, расположенных в центральной части европейской территории СССР. О. Н. Бадер и В. И. Громов, проводившие изучение палеолитического поселения Сунгирь (близ г. Владимира), приводят и геологические и археологические материалы, свидетельствующие о существовании мерзлоты в период обитания людей. По данным В. И. Громова, древние обитатели стоянки жили на вечномерзлом грунте. Они были вынуждены использовать для захоронения ямы, сделанные в мерзлых грунтах с помощью костров. Окружавшие их ландшафты напоминали лесотундру и были заселены животными холоднолюбивого фаунистического комплекса: мамонтами, северными оленями, бизонами, песцами, копытными леммингами.

Охотники, обитавшие на стоянке Сунгирь, были одеты, по реконструкциям О. Н. Бадера, в меховые рубашки, штаны и сапоги типа унтов. Такая одежда напоминает малицы или кухлянки, которые носят и сейчас коренные жители Арктики. Время существования поселения Сунгирь определено в $25\,500 \pm 200$ лет назад или $24\,430 \pm 400$ лет назад. В археологической литературе описание стоянки Сунгирь — один из самых ярких примеров целого комплекса признаков древней мерзлоты и в природной обстановке, и в типе хозяйства и культуре палеолитических людей.

Геологические следы мерзлоты, обнаруженные при изучении стоянок древнего человека, к настоящему времени составляют достаточно обширную коллекцию различных деформаций, смятий, трещинных и клиновидных форм. В одних случаях клиновидные формы и деформации погребены в толще отложений, на поверхности которых возникло древнее поселение, в других — многосплетная мерзлота и ледяные жилы существовали практи-

чески в то же время, когда на этом месте обосновались палеолитические охотники («Тимоновка-I и II»), Елисеевичи, Бугорок, Сунгирь (?), в третьих — мерзлотные полигоны сформировались на отложениях, перекрывших культурные слои стоянки («Хотылево-II» и др.). Однако иногда следы мерзлотных нарушений принимают за остатки ям от столбов, кладовых для пищи, различных колодцев и тому подобных сооружений.

Отчетливые мерзлотные формы типа полигональных систем зафиксированы в разрезах группы южных стоянок Русской равнины. Многослойные стоянки «Молодова-I и V», расположенные на правом берегу Днестра и изучавшиеся И. К. Ивачевой и А. И. Чернышом, и стоянка «Кормань-IV» содержат слои с ярко выраженными мерзлотными деформациями. Для стоянки «Кормань-IV» отмечается, что культурный слой, имеющий возраст около 18 тыс. лет, разбит морозобойными трещинами.

В гротах, пещерах и различных навесах, расположенных в Крыму, на Кавказе, в Прикарпатье, в которых обитали палеолитические люди, обнаружены слои, также содержащие следы понижения температур воздуха. Обычно это не нарушения слоистости, а формирование обломочно-десквамационных отложений, преимущественно состоящих из мелких (до 1—3 см) остроугольных обломков скальных пород и щебня.

Ухудшения природных условий, проявлявшиеся в возникновении вечной мерзлоты, существенно влияли на образ жизни первобытных людей, и в частности способствовали развитию и усовершенствованию техники строительства жилищ.



Рис. 21. Грунтовая дорога в районе развития древнего мерзлотного (блочного) микрорельефа изобилует труднопроезжими участками, где понижения чередуются через 10—15 м

Скрытые и явные силы холода

Остаточные формы древней мерзлоты, и прежде всего системы крупных клиновидных образований, создали значительную неоднородность тех горизонтов, в которых они расположены. В таких грунтах через 10—15 м обнаруживаются клинья или структуры, ширина которых составляет 3—5 м, и заполняющий их материал существенно отличается от основной части грунтов — вмещающих отложений.

Эти различия могут проявляться в самых разнообразных сочетаниях. В плотных моренных суглинках встречаются песчаные клинья. Такие полигональные образования представляют собой идеальные условия для сбора воды по всему участку,

так как фильтрация воды в песках происходит намного быстрее. Кроме того, различные жилы полигонов связаны между собой и образуют разветвленную сеть сообщающихся полостей.

Если через такой участок прокладывается плотно дороги или он подрезается на достаточную глубину откосом фундамента, из разрезанных, нарушенных жил может начаться поступление плывуна — смеси песка и воды, а на остальной площади участка образуются понижения и провалы. Соответственно дорога на таком участке может со временем нарушиться и превратиться в серию рытвин и канавок, которые особенно «оживают» весной и осенью.

Еще сильнее сказываются различия грунтов полигональных систем, если на площади их распространения заложен карьер добычи глины для кирпича. Вмещающие грунты — большая часть массива участка — являются хорошим материалом для производства кондиционного кирпича, но до $\frac{1}{3}$ общего объема грунтов составляет заполняющий структуры материал, который не следовало бы использовать в производстве.

В Ярославской области, у села Шестихино, в карьере кирпичного завода стенки достигают высоты 6—7 м. В тех случаях, когда плоскость стенки карьера располагалась параллельно какой-либо стороне полигональной системы, различия в литологии и плотности грунтов заполняющего и вмещающего материала сказывались так существенно, что обрушивались стенки по всей высоте, захватывая сотни кубических метров грунта. Сходные явления отмечались и в других карьерах и достаточно часто происходят на высоких береговых обрывах рек. Во всех случаях полигональные системы проявляются в качестве ослабленных зон, активность которых развивается при нарушении

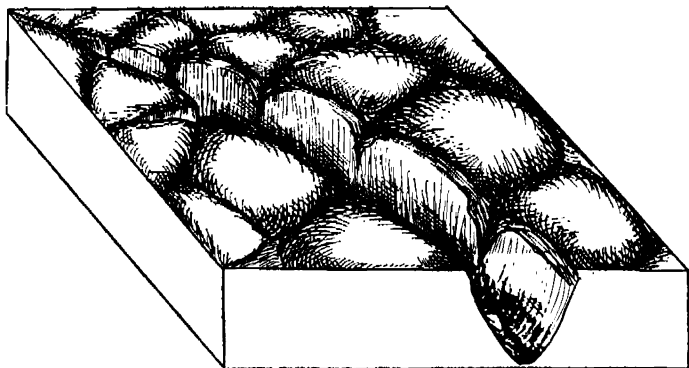


Рис. 22. Принципиальная схема заложения овражной сети по блочному микрорельефу

естественного залегания грунтов. Так, рост оврагов в области современных многолетнемерзлых пород может происходить с очень большими скоростями: десятки метров за летний период.

Заложение современной овражно-эрозионной сети в средней полосе России во многих случаях обусловлено неоднородностью грунтов, возникшей при формировании древних полигональных систем. Линии стока дождевых вод наследуют канавки-ложбины древних полигонов, врезы верховьев оврагов и боковых отвершков также могут преимущественно развиваться по ослабленным зонам ложбин. Такие овраги легко определяются при дешифрировании аэрофотоснимков и при полевых наблюдениях, когда выявляются системы отвершков, заложенных через 10—15 м. В подобных случаях реликты мерзлоты могут определять более быстрое развитие овражноэрозионной сети. От знания причин и закономерностей развития этих явле-

ний существенно зависит успешная борьба и предотвращение разрастания оврагов.

В средней полосе Русской равнины и более южных районах встречаются округлые, пониженные, часто заболоченные или заросшие лесом формы рельефа. Их происхождение являлось предметом многочисленных и длительных научных дискуссий. С учетом существования древней области многолетнемерзлых пород происхождение таких форм скорее всего также может быть обусловлено остаточными проявлениями мерзлоты, но на этот раз преимущественно древними термокарстовыми процессами.

Даже современный почвенный покров и его развитие зависят во многих районах от мерзлотных реликтов. В зонах ложбин или западин почвы могут существенно отличаться от тех, которые сформировались на блоках. В ложбинах полигональных систем подзолистые горизонты почв часто увеличены и достигают 0,5—0,7 м против 0,2—0,3 м на блоке; существенно колеблется мощность гумусового горизонта, особенно в центральных и южных провинциях Русской равнины.

Соответственно различным элементам полигонов присущи и различные режимы увлажнения, накопления гумусированного материала и т. д. Эти различия также хорошо видны на аэрофотоснимках. Приведенные примеры являются лишь частью тех направлений, которые связаны с проблемами древней мерзлоты и разрабатываются в настоящее время. Несомненно, что дальнейшее изучение проявлений древней мерзлоты позволит выявить много новых фактов, имеющих практическое значение.

Изучение реликтовой мерзлоты дает обоснование для прогноза изменений, которые могут проявиться при деградации или разрушении современ-

ных многолетнемерзлых пород. Перечисленные проявления древнего холода не представляются особенно масштабными и угрожающими для хозяйственного освоения территорий. Но из этого совершенно не следует, что при протаивании многолетнемерзлых пород в пределах современной области их распространения сопутствующие процессы и изменения поверхности, ландшафтов и многих свойств грунтов также будут протекать без осложнений. Необходимо помнить, что со времени разрушения древней области мерзлоты и ее деградации прошли не десятки, не сотни, а многие тысячи лет, в течение которых многочисленные и разнообразные процессы «стирали» и ослабляли изменения, вызванные мерзлотой и особенно последовавшей затем ее деградацией.

В северную и среднюю полосы России холод приходит ежегодно, принося с собой долгие снежные зимы, суровые морозы. Он сковывает льдами моря, озера и реки, проникает в толщу грунтов. Проникновению холода вглубь сильно препятствуют снежный и растительный покровы, поэтому на тех местах, где снег сдувается ветром, глубина зимнего промерзания может достигать значительных величин. Даже в настоящее время на территории европейской части СССР верхние слои земли промерзают до глубин от 0,5 м в южных районах и до 2 и более метров на севере. В центральных районах промерзание грунтов зимой составляет 1,5—1,7 м и непременно должно учитываться строителями. При неправильной или недостаточно глубокой закладке фундаментов зданий, различных свай, опор, столбов может произойти их вымораживание и разрушение. Известны случаи, когда через несколько лет после строительства заборы, укрепленные на массивных железобетонных столбах, «ложились», нередко ме-

таллические и бетонные столбы начинали наклоняться и т. д. Неожиданные факты были выявлены при оценке устойчивости опор линий высоковольтных электропередач. Их основания имеют надежные фундаменты, причем железобетонные блоки закладываются на глубину 3 и более метра. При проведении сверхточной нивелировки (измерении высот) оказалось, что даже опсы подчиняются общему закону, пусть на десятые доли миллиметра, но все-таки смещаются силами холода.

Конечно, при небольшом строительстве, сооружении одноэтажного летнего домика можно положить опоры прямо на землю или сделать фундамент с небольшим заглублением. При этом весь домик зимой чуть-чуть приподнимется, а весной опять сядет на свое место.

Процессы, обусловленные низкими температурами, могут серьезно нарушить покрытие дороги или взлетную полосу аэродрома. Многими трещинами покрыт асфальт в больших городах, а в бетонных покрытиях делают специальные температурные швы. Низкие температуры воздействуют на железнодорожные рельсы, трубопроводы; даже металлические детали машин, предназначенных для работы в районах с низкими температурами, должны соответствовать специфическим условиям.

С помощью искусственного холода стали укреплять грунты на некоторых участках многолетней мерзлоты. В этом отношении очень показательна история строительства жилых домов и прочих сооружений в области многолетнемерзлых пород. Первоначально пытались «проходить» вечномерзлый слой, поставить основание на немерзлые породы или скальное основание. Во многих случаях это оказывалось трудновыполнимым.

Применяли искусственные насыпи, привозили огромное количество грунта и камня. И только пос-

ле многих горьких опытов появилась идея: не разрушать мерзлоту, а, наоборот, закладывая фундаменты, понижать температуру среды, что при сохранении мерзлоты и наличии льда существенно повышает прочность грунтов. Так дома «отделились» от мерзлой поверхности, под зданием свободно циркулировал воздух, и температурный режим мерзлоты не нарушался. Однако и этого оказалось недостаточно. Были изобретены термосваи особой конструкции, с искусственным охлаждением изнутри, позволяющие заморозить грунт в радиусе 1,5—2 м вокруг. Термосваи сначала внедряли в толщу грунта, а затем накрепко примораживали. Внутри таких систем циркулирует хладагент (фреон, аммиак), или используются так называемые парожидкостные термосваи. В настоящее время применение термосвай стало настолько обычным делом, что на них опираются целые города с многоэтажными домами, даже дороги, мосты, нефтепроводы и другие сооружения. Известно, что в прибрежных мелководных зонах морей буровые вышки устанавливаются на искусственно созданных островах, возвышающихся над волнами. В северных условиях, возможно, будет рентабельным на глубинах до 20 м сооружение островков путем намораживания грунта на предварительно охлажденное дно. По расчетам американских инженеров, стоимость таких намороженных островков для разведочного бурения нефти составит от 5 млн. до 17 млн. долл.

Люди давно научились получать низкие отрицательные температуры, направленные потоки холода. Например, искусственно намораживают ледяной покров, увеличивая толщину льда на реках и озерах, чтобы создать крепкую, надежную дорогу. Но самое серьезное применение искусственный холод имеет, конечно, при строительстве. Оказа-

лось, что мерзлота может быть незаменимой помощницей при прокладке линий метро, стволов шахт, рытье котлованов для фундаментов зданий и во многих других случаях.

Успешным оказался опыт по сооружению подземных хранилищ газа в толщах мерзлых пород с помощью дополнительного охлаждения. Охлаждение больших участков грунтов проектируется применить при строительстве объектов Вилюйской электростанции и на других стройках.

Одно из самых серьезных препятствий при подземных горных работах — встреча с сильно увлажненными песками — плывунами. Мощные холодильные агрегаты превращают текучую массу в твердый монолит, из него создаются оградительные перемычки, или стенки, которые поддерживают до тех пор, пока не будет пройден участок плывунов.

Локальные участки временной мерзлоты теперь регулярно возникают на строительных площадках и в шахтах Москвы и Подмосковья, Курской магнитной аномалии, Ленинграда и других городов.

Будем взаимно вежливы

Десять — пятнадцать лет назад мысль о том, что можно охладить или подогреть целую планету, вызвала бы в лучшем случае усмешку и мнение, что автор слишком ударился в фантазию.

Но оказывается, что в результате хозяйственной деятельности человека повышение среднегодовых температур Земли возможно. Сейчас это предмет серьезного обсуждения ученых, статьи на эти темы регулярно появляются в газетах и журналах. Только за последние 5 лет эта проблема неодно-

кратно обсуждалась на международных научных конференциях.

Такое изменение общественных взглядов и резкое повышение интереса к проблемам климатологии имело существенные основания. Экономические и теплобалансовые подсчеты показывают, что если в будущем сохранятся темпы роста современной энергетики, основанной на сжигании ископаемого топлива, то климат Земли изменится. Попробуем немного разобраться, что же может произойти в действительности.

Известный советский климатолог М. И. Будыко, анализируя многочисленные материалы, пишет о том, что основой прогноза о значительном повышении температур являются представления о нарастающей концентрации углекислого газа (CO_2) в атмосфере и о чувствительности глобального термического режима к таким изменениям.

М. И. Будыко приводит данные о росте количества углекислого газа в атмосфере за период, охватывающий конец прошлого века и настоящее время, в результате чего повышение средней годовой температуры воздуха составило $0,5^\circ\text{C}$, а в близком будущем это повышение может достигнуть и нескольких градусов.

Развивая представления о возможном повышении температур Земли, М. И. Будыко приходит к заключению о том, что через 50 лет северо-запад европейской территории СССР будет иметь климатические условия, сходные с климатом Центральной Франции! Север Западной Сибири в таком случае сопоставляется с южными частями Польши, а условия центральных районов Западной Сибири будут сравнимы с территориями Средне-Дунайской низменности.

Термические зоны, характеризуемые условиями вегетационного сезона, сдвинутся к северу в

1990 г. на $1-3^{\circ}$, в 2025 г. — на $10-15^{\circ}$ по сравнению с современными условиями. Помимо этих изменений предполагается даже, что в 20-х годах XXI в. могут исчезнуть полярные льды. В полярных районах увеличится количество осадков, произойдет частичное таяние мерзлоты, тепловое расширение вод океана, а также таяние и распад части Антарктического ледникового щита.

Современные ледники покрывают площадь свыше 15,5 млн. кв. км, а общий объем льда и снега во всех ледниках оценивается цифрой около 30 млн. куб. км. Подсчитано, что полное таяние этих ледников и снегов могло бы поднять уровень Мирового океана более чем на 65 м.

На долю подземных льдов приходится менее 2% общего объема льдов литокриосферы (около 0,5 млн. куб. м — по П. А. Шумскому и 0,3 млн. куб. м — по С. В. Калеснику). Оценивая запасы влаги, заключенной в подземных льдах, Б. И. Втюрин произвел расчеты, согласно которым при одновременном быстром протаивании всех многолетнемерзлых пород на Земле уровень Мирового океана повысился бы всего на 12—13 см. Но с другой стороны, отмечает Б. И. Втюрин, в пределах СССР запасы пресной воды, сосредоточенные в виде эвидентных подземных льдов, все же превосходят запасы воды, сосредоточенные в ледниках. Они примерно в 4 раза превышают полный речной сток на территории СССР за год (4 220 куб. км).

Потепления и похолодания в течение последнего столетия сменялись неоднократно в ходе естественных процессов. Многочисленные исследования метеорологов показали, что конец XIX в. был относительно холодным, а в начале текущего столетия, наоборот, отмечалось потепление с максимумом в 1930—1940 гг.

В Австрийских Альпах в 1965 г. наступало

30% ледников, а в 1975 г. число наступающих ледников возросло до 58% (в 1952 г. почти 100% ледников отступало).

Но на ход естественных колебаний климата накладываются факторы, возникающие в результате хозяйственной деятельности людей, и в частности потребления минерального сырья. При этом, как отмечают М. Г. Гросвальд и В. М. Котляков, «от 80-х годов текущего века до конца первой четверти будущего, когда современный полуцикл естественно-го похолодания сменится очередной фазой потепления, а парниковый эффект CO_2 еще более усилится, средние глобальные температуры возрастут приблизительно на 2° и поднимутся до уровня, который ни разу не достигался за последнее тысячелетие». Какие же изменения будут происходить в основных районах полярных льдов, ледников и вечной мерзлоты?

М. Г. Гросвальд и М. В. Котляков считают, что в Арктике при условии потепления климата Земли современные ледниковые покровы арктических островов исчезнут за несколько десятилетий, т. е. на глазах одного поколения!

В Гренландии общее повышение температур скажется не так сильно, потому что ледниковый щит со средней мощностью 2300 м (а наибольшей — 3400 м) и площадью 1 726 тыс. кв. км совсем не так просто растопить или значительно сократить в размерах. Громадная масса льда как бы защищает сама себя в силу охлаждающего эффекта ледникового покрова, который сейчас понижает средние температуры летом на 5° и зимой на 15° по сравнению с окружающими районами на тех же широтах. В толще ледникового щита до самого ложа сохраняется температура ниже минус 10° . Предполагается, что при росте температур баланс массы Гренландского ледникового щита через 50

лет станет отрицательным и скорость снижения поверхности щита составит 0,5—0,7 м в год.

Восточноантарктический ледниковый щит — еще более мощное ледяное сооружение и, по оценке специалистов, обладает еще большей термической инерцией. Потепление не вызовет существенного усиления таяния. Западная часть Антарктического щита имеет площадь 2,3 млн. кв. км и объем, равный 3,3 млн. куб. км. По тем же оценкам, «его разрушение может произойти после таяния ледников-шельфов и тогда приобретет характер быстрого распада (сердца), т. е. материковый лед окажется в океане, перейдет в плавучее состояние и тогда начнет разрушаться».

...Скорость повышения уровня Мирового океана составляет в настоящее время около 1,5 мм в год, а в 20-х годах XXI в. может превысить 5 мм в год.

Конечно, приведенные цифры показывают, что изменения не будут катастрофически быстрыми, но они все-таки заставляют глубоко задуматься.

Как будет выглядеть земная поверхность, когда многие площади области вечной мерзлоты протаят и превратятся в болота и озера? Что произойдет с городами, поселками, дорогами и мостами, стоящими на вечной мерзлоте, как изменятся ландшафты этих территорий? А полярные области — страны вечных льдов и снегов, где обитают белые медведи, пингвины, тюлени и моржи, гнездятся миллионы птиц — неповторимые просторы Севера, обладающие уникальной красотой и историей, неужели они исчезнут с лица Земли?

Трудно представить превращение огромных территорий Земли в однообразные поверхности...

Естественно, возникает вопрос о том, что же можно сделать, чтобы не происходили не только глобальные, общеземные изменения климата и ландшафтов Земли, но и сохранялись естественные

природные условия даже небольших территорий. Во всех частях света в настоящее время хозяйственная деятельность людей расширяется и охватывает все новые районы, в том числе районы, занятые вечной мерзлотой и ледниками.

Особенно значительны масштабы таких работ в нашей стране. К категории «Север» относятся территории, занимающие половину площади Советского Союза, и именно на них расположены многочисленные месторождения нефти, газа, цветных металлов, знаменитые алмазные трубки. На Севере и Северо-Востоке идет строительство городов, поселков, дорог, крупных заводов и электростанций, закладываются новые шахты и буровые скважины. И большая часть из них — в области многолетней мерзлоты, которая занимает 80% территории. Освоение земных недр и новое строительство продолжают серьезно зависеть от специфических условий многолетнемерзлых пород и соответствующих температурных режимов.

Даже на территории европейской части СССР, где мерзлота сохранилась узкой каймой по побережью Северного Ледовитого океана, необходимо учитывать существование ее в прошлом. Остаточные формы — реликты мерзлоты оказываются очень чувствительными к искусственному изменению природной среды. В области современного распространения вечная мерзлота при всех своих огромных площадях, мощности в сотни и более метров чрезвычайно быстро и «болезненно» реагирует на неправильное, грубое вторжение в ее пределы.

Многочисленны печальные примеры, когда в результате неправильных методов строительства на отдельных участках происходило нарушение слоя мерзлоты, резко возрастали скорости ее деградации. В результате плотной дороги превраща-

лось в широкую заболоченную полосу, дома и сооружения разрушались в течение первых же лет, а остановить эти процессы люди еще не умели.

Естественное первоначальное строение толщи мерзлоты, прячущейся под слоем тундровых мхов или под лесами Сибири, в большинстве случаев невозстановимо. След гусеничного трактора, проложенный по поверхности тундры весной или летом, во многих случаях превращается в ложбину, заполненную водой. Начавшиеся термокарстовые процессы могут разрушить тысячи квадратных метров поверхности.

Строителям показался «лишним» бугор, расположенный на склоне в зоне строительства, и его убрали. Через некоторое время на этом месте образовалась гигантская наледь, «убрать» которую было уже невозможно.

Несомненно, что полноценное, грамотное суждение о проблемах, связанных с Севером, невозможно без исторического и палеогеографического, ретроспективного взгляда на основные природные факторы и процессы. Только при таком подходе может быть реально выполнено требование современности, выраженное в высказывании специалиста по изучению полярных стран Г. Аграната: «Когда имеешь дело с Севером, нужно обладать обостренным чувством будущего».

Такая постановка проблемы приближает к практике сегодняшнего дня сведения о древних ледниках и мерзлоте.

Именно от геологической истории протянуты связи в действительность, — связи, определяющие современные ландшафты и природно-климатические условия.

Современное человечество располагает опытом, углубленным всеми достижениями науки и практики. Но и вторжения в естественную природную сре-

ду стали настолько значительными, что не все могут определить расчеты. Поэтому настало то время, которое очень хорошо охарактеризовано словами В. М. Котлякова: «...нужно помнить, что природу может сохранить не столько наука, сколько любовь человека. И такую любовь нужно постоянно воспитывать в людях».

Мы познакомились с теми страницами геологической летописи Земли, которые содержат информацию о древнем холоде и его основных проявлениях: ледниках и мерзлоте. Общий круг вопросов, связанных с этой проблемой, широк, и наше рассмотрение коснулось лишь части из них. Но в эту часть мы старались включить наиболее близкие примеры и явления, которые можно наблюдать в окружающей нас природе.

С конкретными следами древнего холода, как было показано, можно встретиться в повседневной жизни, поэтому некоторые сведения о них помогут правильному узнаванию и оценке процессов, связанных с их существованием. Древний холод участвовал в формировании очертаний материков и моделировке ландшафтов северных равнин. Он в значительной степени определил существование современной растительности и животного мира, т. е. был и остается одной из могучих сил, создавших облик нашей планеты. Заметим, однако, что протяженность холодных эпох скорее всего составляла не более $\frac{1}{3}$ продолжительности плейстоцена.

Становление человека, расселение человечества на континентах происходило в тесной связи, можно сказать, «под контролем» холода и обусловленных им процессов и явлений. Долгие тысячелетия, на-

верное, большая часть обитателей Земли — людей эпохи палеолита — жила в обстановке суровых ландшафтов, близких современной тундре. В Западной и Средней Европе многочисленные стоянки палеолитических охотников были расположены в нескольких сотнях километров к северу от южной границы развития древних многолетнемерзлых пород. Скорее всего, люди могли обитать на расстоянии первых сотен километров от края покровного ледника. Мы с интересом узнаем о том, что наши предки при соприкосновении с древним холодом вышли его победителями.

Сумма человеческих знаний о древнем и современном холоде и его проявлениях еще невелика. Познание этих явлений — медленный и трудный процесс. Около 200 лет прошло со времени зарождения теории древних покровных оледенений, но и сегодня вряд ли можно утверждать, что причины колебания климата, вызвавшие неоднократные оледенения, известны. Мы попытались нарисовать картину распространения и деградации ледниковых покровов, но она далеко не полная.

Многолетнемерзлые породы Сибири и Северной Америки были обнаружены по меньшей мере на 100 лет раньше, чем следы ледников, а наиболее активно изучаются лишь в последнее время. Сведения о значительно более широком, чем современное, распространении мерзлотных условий появились около 50 лет назад. Работы по изучению древней мерзлоты привели к тому, что выделился самостоятельный раздел палеогеографии — палеокриолитология.

Изучение древних холодных эпох становится все более настоящим. Оно дает основу для решения задач, связанных с познанием современных ледниковых и мерзлотных процессов, прогноза их динамики.

Соприкосновение человека с современным холодом и реликтами древнего с каждым годом становится шире и многообразнее. Оно неизбежно при проведении сельскохозяйственных работ, при мероприятиях по борьбе с эрозией почв, при строительстве или разработке полезных ископаемых. Но возникают также проблемы глобального, общеземного порядка, связанные с крупномасштабными проектами преобразования природы, изменением теплового баланса Земли и др. Даже без учета таких планетарных проблем современное незнание причин климатических изменений или неумение предвидеть явления, обусловленные холодом, обходятся очень недешево.

Резкие понижения температуры и неожиданные снегопады могут прервать нормальную работу транспорта и связи, резко увеличить расход угля, нефти и других видов энергии.

Годовая стоимость уборки снега и льда в США оценивается примерно в 500 млн. долл., а в Канаде — в 125 млн. долл. Ущерб, нанесенный садам губительными заморозками только за три ночи в одном из районов штата Юта на западе США, был оценен в 9 млн. долл. Число жертв от снежных лавин составляет в Норвегии в среднем 12 человек в год, в Швейцарии — до 25 человек. Это только отдельные примеры, показывающие, как важно учитывать малейшие «капризы» холода.

Мы рассматривали холодные эпохи и связанные с ними явления, возникающие на Земле. Но лед и мерзлота не только земные «жители». На ближайших к нам небесных телах — Луне и Марсе также существуют отрицательные температуры. Льды и мерзлота, как показывают данные изучения космоса, широко развиты на Марсе, возможно, существуют они и на спутниках Юпитера. Ледяные ядра комет образуют гигантское облако вокруг

планетной системы. Анализ и осмысливание космических данных также проводится путем сопоставления с исследованиями о льдах и мерзлоте Земли, существующих сегодня и возникавших в древние холодные эпохи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Асеев А. А. Древние материковые оледенения Европы. М.: Наука, 1974.
- Бердников В. В. Палеокриогенный микрорельеф центра Русской равнины. М.: Наука, 1976.
- Боуэн Д. Четвертичная геология. М.: Мир, 1981.
- Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 1973.
- Величко А. А. и др. Среда обитания первобытного человека Тимоновских стоянок. М.: Наука, 1977.
- Втюрин Б. И. Подземные льды СССР. М.: Наука, 1975.
- Герасимов И. П., Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1939.
- Гернет Е. С. Ледяные лишай. М.: Наука, 1981.
- Гросвальд М. Г. Оледенения континентального шельфа Антарктиды. — В сб.: Антарктика. Доклады комиссии. Вып. 19. М.: 1980.
- Гросвальд М. Г., Котляков В. М. Предстоящие изменения климата и судьба ледников. — Изв. АН СССР, серия геогр., 1978, № 6.
- Джон Б., Дербшир Э., Янг Г. и др. Зимы нашей планеты. М.: Мир, 1982.
- Палеогеография Европы за последние 100 тысяч лет. М.: Наука, 1982.
- Котляков В. М. Мы живем в ледниковый период? Л.: Гидрометиздат, 1966.
- Котляков В. М. Горы, льды, гипотезы. Л.: Гидрометиздат, 1976.
- Котляков В. М. Проблемы гляциологии в системе взаимодействия природной среды и общества. М.: Знание, 1980.
- Кропоткин П. А. Исследования о ледниковом периоде. Спб., 1876

Лазуков Г. И., Гвоздовер М. Д. и др. Природа и древний человек. М.: Мысль, 1981.

Марков К. К., Величко А. А. Четвертичный период. М.: Недра, 1967.

Романовский К. Н. Холод Земли. М.: Просвещение, 1980.

Серебрянный Л. Р. Древнее оледенение и жизнь. М.: Наука, 1980.

Флинт Р. Ф. Ледники и палеогеография плейстоцена. М.: Изд-во ин. лит., 1963.

Ходаков В. Г. Снега и льды Земли. М.: Наука, 1969.

Ходаков В. Г. Водно-ледниковый баланс районов современного и древнего оледенения СССР. М.: Наука, 1978.

Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977.

Чижов О. П. Оледенение Северной полярной области. М.: Наука, 1976.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава I	
ЭПОХИ ОЛЕДЕНЕНИЙ	8
Блуждающие валуны	—
Гипотезы и теории существования ледников	15
Ледяной панцирь Земли	26
Как ледники «меняли карту»	38
Молодой ледниковый ландшафт	44
Глава II	
ДРЕВНЯЯ МЕРЗЛОТА В ПРОФИЛЬ И АНФАС	49
Следы древнего холода	—
Клинопись древней мерзлоты	57
Многослойная мерзлота	62
Застывший термометр	70
Древняя мерзлота выходит на поверхность	77
Земля была выше	93
Область великой мерзлоты	98
Глава III	
ДРЕВНИЙ ХОЛОД: ТЕОРИИ И ПРАКТИКА	104
Причины похолоданий — известные и предполагаемые	—
Разногласия в царстве холода	114
Мерзлота обманывает археологов	128
Скрытые и явные силы холода	136
Будем взаимно вежливы	143
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	151

Бердников В. В.

Б48 Древний холод. — М.: Мысль, 1983. — 157 с., ил., карт., схем. 20 к.

Книга посвящена истории покровных оледенений, неоднократно охватывавших нашу планету. Автор всесторонне рассматривает причины возникновения ледниковых покровов, работу ледников по преобразованию земной поверхности и те следы их деятельности, которые можно и нужно находить в современном рельефе. Отголоском холодных эпох является многолетняя мерзлота, сковывающая толщи земли сейчас и проникавшая много южнее современной в те далекие времена.

Книга рассчитана на геологов, географов, археологов, строителей-проектировщиков. Ее с интересом прочтут и те, кто интересуется историей развития Земли в антропогенный период.

ББК 26.228

551.49

**Б 1905030000-151
004[01]-83 130-83**

Владимир Викторович Бердников
ДРЕВНИЙ ХОЛОД

ИБ № 2058

Заведующий редакцией **О. Д. Катагощин**
Редактор **Н. В. Боровицкая**
Редактор карт **О. В. Трифонова**
Оформление художника **Ю. А. Авакян**
Художественный редактор **А. И. Ольденбургер**
Технический редактор **Л. П. Гришина**
Корректор **И. В. Равич-Щербо**

Сдано в набор 11.05.83. Подписано в печать 09.09.83. А 10980. Формат 70×100/32. Бумага для глубокой печати. Печать высокая. Гарнитура журн.-рубл. Усл. печатных листов 6,45. Учетно-издательских листов 6,63. Усл. кр.-отт. 6,85. Тираж 60 000 экз. Заказ № 14126. Цена 20 к.

Издательство «Мысль». 117071. Москва, В-71, Ленинский проспект, 15.

Типография издательства «Калининградская правда», 236000, г. Калининград, ул. Карла Маркса, 18.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Книги издательства «Мысль» продаются в магазинах, распространяющих общественно-политическую литературу.

Подробную информацию о литературе, готовящейся к выходу в свет, и о порядке ее распространения Вы можете получить из ежегодных аннотированных планов издательства «Мысль».



20 к.

