

ЛЕДНИКИ

Условия возникновения и существования ледников

Снеговая линия. С увеличением высоты местности температура воздуха постепенно падает и на некоторой высоте, различной для каждого географического района, осадки уже выпадают только в виде снега. Выпадающий снег, скапливаясь в течение длительного периода, постепенно превращается в ледяные зерна, которые затем образуют сплошной ледниковый лед. Граница, выше которой снег не стаивает полностью даже летом из-за недостатка тепла, называется *климатической снеговой линией*.

В зависимости от климатических условий района и преимущественно от температуры и количества выпадающих осадков высота снеговой линии изменяется в достаточно широких пределах. Так, например, на Шпицбергене снеговая линия проходит на высоте около 460 м над уровнем моря, на вулкане Поучата в Южной Америке она лежит на высоте 6120 м, в Гималаях ее высота колеблется от 4900 до 6000 м, в Экваториальной Африке (Килиманджаро) - на 5200 м, на Кавказе 2700 - 3800 м. Изменение высоты снеговой линии на различных широтах представлено в табл. 1.

Таблица 1. Высота снеговой линии на различных широтах

Область	Широта, град.	Высота снеговой линии, м
Земля Франца-Иосифа, арх.	82	50-100
Шпицберген, арх.	80	450
Исландия, о-в	64-67	600-1300
Пиренеи	42-43	2600-2900
Альпы	46-47	2700-2900
Кавказ	40-44	2700-3800
Гималаи	27-34	4900-6000
Африка	0-3	4400-5200
Аргентина	29	6400

Положение снеговой линии зависит не только от средних многолетних метеорологических или климатических характеристик, но и от сезонных колебаний метеорологических условий и орографии местности. Поэтому различают еще две разновидности снеговой линии: сезонную и орографическую. Например, в результате сезонных колебаний температуры воздуха снеговая граница на Кавказе может опускаться даже до высоты 550—600 м.

Роль орографических условий в развитии процессов оледенения не так велика, как роль климатических факторов, но в отдельных случаях они являются весьма существенными. Так, на Северном Урале вследствие небольших высот ни одна из вершин не имеет постоянных снегов, но в глубоких и сильно затененных понижениях между горами встречаются небольшие ледники, залегающие на сравнительно небольших высотах (от 600 до 1200 м).

Существенное влияние на положение снеговой линии оказывает экспозиция склонов гор, т. е. ориентировка их относительно стран света, и степень увлажненности района. Как правило, в северном полушарии на северных склонах хребтов снеговая линия ниже, чем на южных. Разница в высоте в зависимости от местных условий может составлять несколько сотен (300-800) метров. В более влажных районах снеговая линия при прочих равных условиях располагается ниже, чем в местах с менее обильными осадками. Поэтому снеговая линия на окраинах горных массивов часто лежит ниже,

чем во внутренних частях горных областей. Так, например, на внешних горных хребтах советской Средней Азии (Гиссарском, Туркестанском, Заалайском, Джунгарском и др.) высота снеговой линии 3000-3600 м. Вглубь горных областей высота эта увеличивается, достигая на Центральном и Южном Памире 5000-5500 м.

Условия и процесс возникновения ледников. Ледник - это масса льда с постоянным закономерным движением, расположенная главным образом на суше, существующая длительное время, обладающая определенной формой и значительными размерами и образованная в результате скопления и перекристаллизации различных твердых атмосферных осадков.

Главным источником питания ледников являются твердые атмосферные осадки, скапливающиеся на дне и склонах котловин, в которых начинается ледник. Процесс накопления твердых осадков, очевидно, может осуществляться только в том случае, когда количество тепла, поступающее в том или ином районе на земную поверхность, оказывается недостаточным, чтобы выпадающий снег мог полностью растаять.

Таким образом, можно сказать, что существованию ледников должен благоприятствовать сырой климат с отрицательными температурами. Обильная влажность воздуха - основной источник атмосферных осадков. Отрицательная температура необходима для того, чтобы осадки могли выпадать в твердом виде. При отрицательной средней температуре лета ежегодно создается некоторый запас нерастаявшего снега, накопление которого со временем создает значительные его массы. Формирование запасов снега может происходить и при положительных средних температурах некоторого периода лета, но при условии, если этот теплый период является непродолжительным.

Фирн. Ледниковый лед, его свойства. Твердые атмосферные осадки, накапливаясь в отрицательных (вогнутых) формах рельефа, испытывают со временем значительные преобразования. Свежевыпавший снег под действием солнечного тепла оттаивает с поверхности, а ночью вновь замерзает, покрываясь тонкой ледяной корочкой - *настом*. Часть талой воды просачивается внутрь снежной массы и там отвердевает в виде крупинок, зерен и пленок, обволакивающих снежинки. По мере накопления снега его нижние пласты под давлением верхних делаются плотнее и переходят в пузырчатую серо-белую массу, состоящую из подвергшихся первоначальному переформированию под действием замерзания и оттаивания снежинок и ледяных зерен и называемому *фирном*. Периодическое выпадение снега обуславливает характерное слоистое строение фирна, причем толщина слоев колеблется в довольно широких пределах - от нескольких миллиметров до десятков сантиметров. Фирн, имеющий плотность 0,3-0,5, все более уплотняется под давлением вышележащих слоев, переходит в белый фирновый лед с плотностью 0,85, а затем в чистый, прозрачный, собственно ледниковый лед голубого цвета плотностью 0,88-0,91.

Важное значение в процессе переформирования снега в лед и в образовании ледников имеет свойство льда срастаться в одну глыбу вследствие отвердевания жидкой пленки, заключенной между отдельными кусками льда, приведенными в соприкосновение. Указанное свойство называют *режеляцией*. Благодаря режеляции происходит слияние двух ледниковых потоков в один, фирновые зерна смерзаются в плотную ледяную массу, заплывают трещины в ледниках и т. д.

Другим важным свойством льда является пластичность, т. е. способность его течь под влиянием непрерывно действующей силы. Под влиянием тяжести и в силу присущей ему пластичности лед, образовавшийся под покровом фирнового поля, начинает стекать вниз по склону горы или дну долины. Выползая из-под фирнового покрова, ледник опускается ниже снеговой линии. Таким образом, ледник может быть разделен на две части: верхнюю, где преобладает накопление снега и льда (фирновый бас-

сейн или бассейн питания), и нижнюю, где происходит стаивание ледника (область стока, область абляции, язык ледника).

Ледниковый язык и фирновый бассейн отличаются и по внешнему виду. Поверхность фирнового поля постоянно покрыта снегом, лед здесь обнаруживается только на значительной глубине, а между ним и снегом расположен переходный слой фирна и фирнового льда. Ледниковый язык сложен из льда, и на нем бывает лишь временная и тонкая снежная пленка, которая летом очень быстро стаивает.

Движение ледников. Морены. Движение ледников представляет собой достаточно сложный, еще не вполне выясненный процесс. Как и в речном потоке, движущей силой здесь является сила тяжести. Многочисленные наблюдения и специально поставленные опыты показали, что течение ледника сходно с течением водного потока. Скорость движения льда в результате трения его о склоны долины постепенно уменьшается от середины ледника к краям. Вследствие различного сопротивления скорость также убывает от поверхности ледника к его дну. Всякое сужение долины вызывает увеличение скорости движения ледника в этом месте, всякое расширение снижает скорость. Уменьшение скорости движения ледника наблюдается также на участке от выхода его из-под фирнового поля до конца ледника. Скорость движения ледников колеблется в значительных пределах, оставаясь, однако, во всех случаях достаточно малой. Так, материковый лед движется со скоростью 20-30 м в год, самые крупные ледники в Альпах имеют скорость движения 30-150 м, на Шпицбергене - до 365 м, а некоторые гималайские ледники - до 700-1300 м.

Во время движения ледника в нем могут возникать поперечные и продольные трещины. Поперечные трещины образуются при наличии в ложе ледника резких уступов, а продольные - вследствие растекания льда в стороны при переходе ледника из более узкого участка долины в расширенный и различной скорости движения по оси ледника и у берегов.

В процессе движения ледники выносят в устье долины продукты разрушения горных пород и оказывают существенное влияние на ложе и на препятствия, встречающиеся по пути.

Все продукты разрушения горных пород - от крупных каменных глыб до мелкой пыли, - попавшие в тело ледников и движущиеся вместе со льдом, принято называть *мореной*. Морены, участвующие в перемещении ледника, называются движущимися, а те из них, которые прекратили движение, - отложенными.

Движущиеся морены в соответствии с их положением в леднике разделяются на поверхностные, внутренние и донные. Поверхностные морены возникают в результате скопления на поверхности ледника обломков горных пород со склонов долины. В образовании поверхностных морен участвует также пыль, сметаемая ветром с окрестных горных склонов. Валы, образующиеся из обломочного материала по краям ледника, носят название боковых морен. Поверхностная морена обычно состоит из угловатых обломков неправильных очертаний.

Внутренняя морена формируется из материала, попавшего сперва на поверхность, а затем поглощенного ледником.

Нижняя, или донная, морена образуется из материала, оторванного ледником от своего ложа, а также в результате опускания части поверхностной и внутренней морены. Материал, образующий донную морену, характеризуется окатанностью форм: резкие углы камней сглажены, валуны покрыты царапинами и штрихами.

Весь моренный материал ледник переносит к своему концу, где нагромождает его в виде вала, располагающегося поперек долины - это конечная морена.

Воздействие ледника на ложе и на препятствия, встречающиеся на пути его движения, выражается в том, что ледник шлифует горные породы, стирает и перетирает обломочный материал и в более мягких породах выпахивает глубокие борозды.

Таяние ледников. Ледник, опустившись ниже снеговой линии, под влиянием притока тепла начинает таять. Основную роль в процессе таяния играют климатические факторы. Таяние поверхности ледника вызывается непосредственным нагреванием льда солнечными лучами, нагреванием теплым воздухом, действием дождей и теплом, излучаемым окружающими ледник склонами гор. Вследствие резкого колебания температур в горах в течение суток таяние ледников с поверхности особенно сильно выражено в дневные часы. С наступлением ночи и холодных пасмурных дней таяние резко уменьшается.

Приток тепла к леднику осуществляется не только с его поверхности, но и со стороны дна ложа, вызывая таяние льда. Это подледниковое таяние играет, конечно, меньшую роль и распространяется только на ближайший ко дну слой ледника.

Сохранение ледникового языка ниже снеговой линии в течение длительного времени при непрерывном таянии льда возможно только в случае постоянного поступления новых масс льда. Если это поступление равно таянию, то в положении крайней линии ледника не замечается перемен. Если льда поступает больше, чем может растаять и испариться, то размеры ледникового языка увеличиваются, он делается длиннее и спускается ниже по долине — ледник наступает. В противном случае происходит обратное: масса ледника уменьшается, язык становится короче, как бы отодвигаясь вверх по долине, - ледник отступает. Указанные колебания ледника вызываются изменением условий таяния и поступления масс льда и могут совершаться как в течение сезона, так и в более длительные периоды времени.

Сезонные колебания, связанные с изменением условий таяния зимой и летом, обычно бывают незначительными и составляют не больше одного-двух десятков метров. Зимой ледник в пределах указанного расстояния может продвинуться по долине, а в течение лета вновь отступает к обычной осенней границе.

Наступание и отступление ледника, происходящие в течение длительного (многолетнего) периода, обуславливаются циклическими колебаниями климата. Увеличение осадков в зоне питания ледника и снижение температур воздуха в зоне таяния приведут к систематическому росту ледника и его распространению вниз по долине. Обратный процесс обусловит сокращение ледника или даже полное его исчезновение.

Гидрологические особенности ледников

Типы ледников. Ледники в зависимости от климатических условий и рельефа отличаются большим разнообразием. Наиболее характерные их типы следующие: 1) ледники горных склонов, 2) долинные ледники, 3) ледники горных вершин, 4) сложные ледниковые комплексы.

1. На склонах горных хребтов или отдельных гор часто встречаются так называемые висячие ледники. Эти ледники не приурочены к каким-либо резко выраженным понижениям рельефа. Они почти никогда не спускаются к подошве горы, а висят высоко, словно приклеенные всей своей массой к склону. Ледники, занимающие на склонах гор нишеобразные углубления с крутыми стенками и плоским дном, называются каровыми или мульдовыми.

2. Долинные ледники образуют наиболее характерную группу. Свойства этих ледников изучены лучше, чем ледников других типов. Ледники этого типа занимают более или менее значительную часть долины, верхняя часть которой, расширенная в виде чаши, служит бассейном для накопления твердых атмосферных осадков, а уча-

сток, расположенный ниже области накопления твердых осадков, является каналом истечения льда, вместилищем ледникового языка. Долинный ледник, состоящий из одного ледяного потока, называют простым, если же он имеет боковые притоки, его называют сложным. Простые долинные ледники характерны для Альп, поэтому их иногда определяют как альпийский тип.

Среди простых ледников выделяют особый тип, называемый туркестанским, питание которого происходит главным образом за счет снежных лавин.

Среди сложных ледников выделяют древовидный тип, образующийся в условиях обильного питания, когда на склонах главной долины возникают боковые ледники, спускающиеся в главную долину. Таков, например, ледник Федченко, Зеравшанский, Иныльчек и др.

К разновидностям долинных ледников принадлежат ледники висячих долин и асимметричные ледники. Первые заполняют частично или полностью висячие долины. Заполняя долину полностью, ледник этого типа высоко повисает над главной долиной либо низвергается ледопадом. Асимметричные ледники представляют собой остатки сложных ледников, у которых исчезли все ветви, кроме одной.

3. Среди ледников горных вершин особую категорию составляют переметные ледники, расположенные на двух противоположных склонах горного хребта и соединяющиеся своими верхними частями на седловине в гребне этого хребта. В некоторых горных странах, где гребни гор имеют довольно обширные горизонтальные или слабо наклоненные в одну сторону площадки, при соответствующих климатических условиях образуются ледники плоских вершин. Особый морфологический тип оледенения составляют ледники вулканических конусов, которые, заполняя углубление на вершине потухшего вулкана, лучеобразно спускаются во все стороны по бороздам и трещинам, заложенным в склонах горы.

Для слабо расчлененных нагорий, имеющих характер массивов с волнистой поверхностью, характерны ледники скандинавского, или норвежского типа. В условиях указанного рельефа образуются обширные снежные и фирновые поля, от которых отделяются ледниковые языки.

Горные ледники, обладающие самостоятельными бассейнами питания и текущие в горах в виде отдельных долинных массивов, при выходе на равнину могут сливаться концами своих языков в довольно обширный ледяной щит, который называется ледником горных подножий, или предгорным ледником.

4. В арктических и антарктических областях встречаются почти все перечисленные выше формы оледенения, смыкающиеся друг с другом и покрывающие большие пространства материков и островов в полярных широтах. Такие материковые ледники, образующие сложные ледниковые комплексы, мало возвышаются над уровнем моря, и нередко их языки спускаются непосредственно в море, где обламываются, давая начало ледяным плавучим горам, или айсбергам.

Ледниковые районы СССР. Основные области распространения ледников в пределах Советского Союза сосредоточены в районе Новой Земли, Северной Земли и Новосибирских островов, на Камчатке, на Кавказе, в Средней Азии, на Алтае и в Саянах. Площадь современного оледенения Новой Земли составляет свыше 22000 км². В самой северной ее части ледники доходят до уровня моря, а внутренняя часть занята большим ледяным куполом, края которого местами тоже спускаются прямо в море. Этот внутренний ледяной щит почти не имеет снегового питания и существует только за счет своих старых запасов, постепенно, но неуклонно сокращаясь.

Северная Земля, состоящая из четырех крупных островов и нескольких мелких, занимает в общем около 37 000 км². Ледниками покрываются 42% всей площади архи-

пелага, причем к югу процент оледенения быстро убывает. Мощность ледниковых куполов не более 200-250 м в их центральных частях.

На Новосибирских островах ледников нет, но четвертичные отложения содержат огромные толщи погребенного «каменного» льда, образующего иногда по берегам высокие обрывы.

На Камчатке по климатическим условиям для развития оледенения наиболее подходит восточная его половина, богатая осадками, выпадающими преимущественно зимой. Здесь и сосредоточены почти все ледники. Однако число их и размер занимаемой площади неизвестны. В основном небольшие ледники группируются вокруг вулканических областей. Ледники отмечены на Ключевской сопке, в верховьях рек Студеной, Сухой Ханичи и Сопочной, на сопках Шаш, Плоской, Камень, Безымянной. В пределах Кавказского хребта основная масса ледников сосредоточена на Большом Кавказе, где число их доходит до 1400 при общей площади оледенения около 2000 км². Подавляющее большинство ледников (71% по количеству и 74% по площади) связано с северным склоном. Для оледенения Кавказа характерно преобладание долинных ледников. На Малом Кавказе ледники встречаются редко вследствие недостаточной высоты хребтов и сухости климата.

В советской Средней Азии насчитывается не менее 1700 долинных ледников, а ледников других типов (висячих, каровых и др.) - в 2-3 раза больше. Площадь оледенения Средней Азии составляет примерно 11000 км². Ледники больше всего развиты на северных склонах хребтов. Типы ледников весьма разнообразны: наряду с висячими, каровыми, а также простыми и сложными долинными ледниками здесь имеются грандиозные ледники с большой сетью разветвлений в верховьях (Иныльчек, Федченко, Зеравшанский, Резниченко), ледники туркестанского типа, асимметричные, висячих долин, плоских вершин и т. д. Из трех самых больших в мире долинных ледников умеренных широт один находится на Памире (Федченко, длиной 77 км) и один - в группе Хан-Тенгри (Иныльчек, 65 км).

Общая площадь оледенения Алтая в пределах СССР равна 600 км² при общем числе ледников 754. Наиболее крупным центром оледенения в этом районе СССР является Катунский хребет, а в его пределах - массив горы Белухи. Оледенение Алтая в основном представлено типом каровых ледников, небольших по размерам, но преобладающих количественно. Долинные ледники развиты меньше.

В Саянском хребте, являющемся продолжением Алтая на восток, распространены главным образом небольшие леднички с общей площадью 2-3 км².

Особенности режима рек с ледниковым питанием. Ледники имеют различную форму и свой особый режим. В них происходит накопление и убыль льда, они по-разному двигаются, изменяют форму поверхности земли, оказывают влияние на климат и имеют очень большое значение в питании горных рек. Ледники как аккумуляторы огромных запасов воды представляют особый интерес для гидрологов, ибо без выяснения закономерностей, связанных с процессами накопления и расходования этих запасов воды, не может быть в нужной мере изучен режим и правильно решены вопросы использования вод достаточно многочисленных ледниковых рек.

Большие запасы воды, заключенные в ледниках, в сочетании с высокогорными сезонными снегами обеспечивают длительное половодье на горных реках, имеющих ледниковое питание.

С наступлением положительных температур воздуха начинается таяние снега, выпавшего за зиму в долинах рек и на сравнительно небольших высотах гор. Обычно наблюдающиеся весной временные похолодания обуславливают задержки в таянии снега, находящегося на разных высотах, в результате чего весеннее половодье горных рек часто состоит из ряда подъемов уровня. При дальнейшем повышении температуры

воздуха к таянию снега присоединяется таяние ледников в высокогорных областях и постепенновесеннее половодье переходит в летнее. Чем выше температура воздуха, тем больше сток рек, имеющих ледниковое питание.

В то время как на равнинных реках, имеющих снеговое питание, весеннее половодье проходит за один - полтора месяца, после чего наступает маловодный период, на реках ледникового питания высокая водность наблюдается в течение пяти-шести месяцев.

Кроме того, в отличие от равнинных рек, имеющих весеннее половодье и характеризующихся в этот период очень резким подъемом и спадом уровней, реки с ледниковым питанием имеют значительно более плавный ход водности.

И наконец, колебания водности рек, имеющих ледниковое питание, от года к году не столь велики, как колебания водности большинства равнинных рек.