

Лекция №5 .

Тема: Ледники

План:

1. Освоение ресурсов горных территорий с экстремальными природными условиями
2. Условия стационарирования, наступания и отступания ледников
3. Катастрофические потоки ледникового происхождения
4. Ресурсное значение ледников Большого Кавказа
5. Распространение и динамика ледников Северного Кавказа

1. Освоение ресурсов горных территорий с экстремальными природными условиями приобретает особое значение. Современное производство, вооруженное новейшей техникой, все более глубоко проникает на такие территории. Роль географической науки, в частности монтологии, в их освоении особенно велика, ибо в указанных районах взаимодействие природы и общества имеет существенные особенности: с одной стороны, природные факторы оказывают здесь широкое и всестороннее влияние на хозяйственную деятельность человека, создавая для нее весьма суровые условия; с другой стороны – природа таких экстремальных районов весьма нестабильна, и под влиянием воздействия в ней особенно сильно и быстро возникают необратимые изменения. Поэтому роль монтологии в разработке наиболее рациональных форм и методов управления естественными ресурсами в горных районах особенно велика. По мере освоения новых горных территорий и роста потребности в воде, среди природных ресурсов все более видимое место занимают снежно-ледовые ресурсы, которые уже в недалеком будущем могут служить одним из основных источников получения пресной воды. Мощные скопления снега на твердой земной поверхности приводят к образованию ледника: снег перекристаллизуется в фирн, в фирновый лед и наконец в твердый глетчерный лед. На долю горных ледников приходится всего лишь 1,3% от

оледенения на нашей планете, которое в большей степени состоит из наземных покровных ледников северных и южных полярных областей, главным образом Антарктики и Гренландии (90%). Самый большой горный ледник находится на Алтае – это ледник Беринга, его длина 170км; самый крупный ледник Евразии – ледник Федченко на Памире имеет длину 77км. На территории Европы наибольшим оледенением отличаются Альпы, там насчитывается 1200 ледников, общей площадью более 4тыс кв. км. На Кавказе первое место среди ледников занимает Дыхсу (длина его – 13 км, площадь свыше 40 кв. км), а общая площадь оледенения Кавказа – около 1,5 тыс. кв. км.

С.В. Калесник (1963, стр. 81) определяет ледник как «естественную массу фирна и льда, обладающую постоянным собственным движением, расположенную главным образом на суше, существующую длительное время, имеющую определенную форму и значительные размеры и образованную путем накопления и преобразования различных твердых атмосферных осадков».

Другое определение термина «ледник» было дано П.А. Шумским (1964, стр. 277): «Ледник – это поток льда атмосферного происхождения». В определение, данное П.А. Шумским, не укладывается очень большой и разнообразный комплекс малых форм оледенения. Те или иные элементы и признаки движения льда им свойственны обязательно, но не всегда применимо название потока [46].

По своему происхождению (из атмосферных осадков) и по необходимым для него климатическим условиям ледник представляет собой, прежде всего, продукт климата, результат существования особых климатических условий; иначе говоря, он – функция климата. Вместе с тем известно, что очень важным фактором образования и развития ледников, равноправным с климатом, является рельеф. Но этим роль климата не ослабляется. Влияние рельефа проявляется в первую очередь в местных изменениях общих свойств климата. Формами рельефа непосредственно

определяются пространственные формы (а также размеры) ледников, но сущность ледниковых процессов, обусловленных свойствами климата, от этого не меняется.

Горные климаты. Отличительными особенностями горных климатов является большая пестрота, множество местных различий, характерных, но далеко не всегда с одинаковыми изменениями климата по высоте.

Горные климаты, возникая на фоне того или иного климатического пояса, приобретают вместе с тем чрезвычайно много специфических особенностей в каждой горной стране. Так или иначе они влияют и на ледниковые процессы, но не в одинаковой степени; влияние некоторых особенностей горных климатов на оледенение проявляется особенно ярко и отчетливо.

Уместно вспомнить о гидрологической классификации климатов, представленной А.И. Воейковым. Среди гидрологических режимов, характеризующих общие свойства климата, Воейков выделяет два следующих режима, непосредственно связанных с оледенением:

- 1) реки получают питание от таяния снегов и ледников в высоких горах;
- 2) сток в жидком виде отсутствует и заменяется движением потоков льда.

В этой классификации и климатов и рек по А.И. Воейкову подчеркнута, во-первых, большое значение тех типов климата, с которыми связано формирование ледников, и, во-вторых, принципиальное различие между климатами вечного мороза, «продуктом» которых является покровное оледенение, исключительно активное в гидрологическом и геоморфологическом отношении.

Рассмотрим те свойства горных климатов, которые являются наиболее общими для разных горных стран, оказывают существенное влияние на ледниковые процессы и играют важную роль во взаимодействии с ледниками.

Солнечная радиация и земное излучение в горах. Известно, что в горах с высотой усиливается и солнечная радиация, и эффективное излучение,

причем последнее – в большей степени. Это способствует общему понижению температуры в горных местностях. Солнечная радиация – это такой фактор, который может создавать большие различия в режиме ледников в одной и той же местности. В средних широтах в дневные часы южные склоны получают намного больше солнечной энергии, чем северные. В результате кругового движения солнца по небесному своду различия в нагревании склонов сглаживаются, но далеко не полностью. Солнечная радиация становится фактором, вызывающим пестроту горных климатов. Эта пестрота, помимо чисто метеорологических элементов, очень резко проявляется в ландшафте склонов. Так, в долинах Алтая, как правило, затененные склоны лесисты, а склоны, обращенные к солнцу, имеют степную растительность. Даже незначительные повороты склона обычно приводят к отчетливому изменению характера растительности. Имеются прямые связи между высотой снеговой границы и состоянием ниже расположенных склонов.

Особенности растительного покрова склонов, зависящие от экспозиции, в зоне ледников и вечных снегов могут приводить к пестроте склонов в буквальном смысле. Если оледенение значительно, то на Алтае (да и в других горных странах) белые заснеженные склоны северной экспозиции резко контрастируют с южными склонами, пестрыми из-за чередования снежно-фирновых полей и обнаженных скал и осыпей. Если хребет ниже, то пестрыми становятся северные склоны, а на южных склонах белые пятна снега и льда исчезают вовсе. Южная экспозиция оказывается особо неблагоприятной для сохранения малых форм оледенения. Это один из существенных выводов теории развития ледников. В тоже время с оледенением более крупного масштаба вполне совместимо наличие в фирновой зоне скал и осыпей, освобождающихся от снега под лучами солнца.

Вторая важная сторона влияния экспозиции склонов заключается в том, что одни склоны являются наветренными, другие – подветренными. Вообще

осадков больше выпадает на наветренных склонах, но зато во время метелей на противоположную сторону горных гребней могут переноситься большие массы снега.

Понижение температуры воздуха с высотой. Это общее свойство горных климатов является необходимой предпосылкой для образования горного оледенения. Случаи расположения ледниковых образований на малых (как бы слишком малых) абсолютных высотах всегда вызывают особый интерес, требуют особого объяснения. К этой категории относятся малые ледники Урала. Средний вертикальный градиент температуры воздуха в горных местностях близок к $0,5^\circ$ на 100м поднятия. На Кавказе он составляет $0,57^\circ$ [25] в Альпах на северном склоне $0,51^\circ$, в тропических Андах $0,51-0,52^\circ$ [10]. Однако эти средние величины градиента еще недостаточны для характеристики горных климатов как базы возникновения оледенения. Весьма важно для оледенения, что летние градиенты температуры, как правило, бывают значительно больше, чем зимние.

Для ледников нужен (в первую очередь!) холод не в зимнее, а в летнее время. Если бы летний градиент температуры в Альпах был равен среднему годовому, т. е. был бы на $0,11^\circ$ меньше, чем сейчас, то на современном уровне накопления снегов в Альпах (на уровне снеговой линии), т.е. на 2700-3000 м, температура воздуха оказалась бы выше, чем сейчас, примерно на 3° . Снеговая линия отодвинулась бы вверх примерно на 500 м, что привело бы к резкому сокращению оледенения.

Хотя горные ледники не оказывают такого большого влияния на климат, как ледниковые покровы, все же температура на ледниках днем бывает на $2-3^\circ$ ниже, чем на соседних, бесснежных склонах, даже не нагреваемых солнцем. На солнце скалы и камни могут нагреваться очень сильно, создавая резкий температурный контраст с ледниковой поверхностью. Еще Д. Тиндаль в 1958г. в районе Монте-Розы наблюдал нагревание скалы над ледником до 42° , в то время как на поверхности ледника температура, очевидно, была равна 0° . Д. Тиндаль же (1868) отмечал

быстрое таяние выпадающего снега на скалах, предварительно нагретых солнцем.

По причине понижения температуры воздуха над ледниками величины градиентов температуры, полученные по данным не ледниковых станций, следовательно, преуменьшены по сравнению со склонами, на которых расположены ледники.

При наблюдениях в ледниковом бассейне Актру, на Центральном Алтае, были обнаружены следующие очень большие вертикальные градиенты температуры летом в дневное время (что особенно важно для оледенения) между ледником и «не ледником» (станция Нижняя Актру расположена в горной долине с галечником и лесом на высоте 2150 м, а станция Верхняя Актру – в середине ледника на высоте 2850 м):

	Температура воздуха в 13 часов (град.)		Вертикальный градиент температуры (град./100м)
	2150м	2850м	
Июль	14,2	4,8	9,4
Август	12,4	4,7	7,7

О.А. Дроздов (1965) указывает, что ледник Федченко летом, понижая температуру воздуха на 5 – 8°, формирует нисходящие ледниковые ветры большой вертикальной мощности (около 900 м). Таким образом, фактические температурные условия горно-ледниковых стран гораздо благоприятнее для оледенения, чем это может показаться по наблюдениям обычных метеорологических станций.

Увеличение количества осадков на склонах гор. Это типичная особенность горных климатов. На Кавказе и в Альпах годовые суммы осадков могут достигать 3000 – 4000мм. Но они могут быть еще больше, если общая циркуляция атмосферы обеспечивает постоянное поступление влаги к склонам гор. По мере увеличения высоты местности жидкие осадки все в большей и большей мере заменяются твердыми осадками. Ниже показано,

какую часть от общей годовой суммы осадков составляют твердые осадки в Альпах в зависимости от высоты над уровнем моря (по Конраду, 1936).

Высота (м)	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
<i>Доля твердых осадков(%)</i>	5	10	14	20	25	32	39	45

Высота (м)	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600
<i>Доля твердых осадков(%)</i>	52	60	67	75	80	86	90	95	99	100

Стало быть, накопление снежно фирновых масс и питание ледников в горных странах возможно и в теплое время года.

Большое количество осадков, которые на достаточно высоких уровнях выпадают преимущественно в виде снега, представляет важнейшую сторону климатической базы оледенения в горных местностях.

Очень важное значение в гляциологической характеристике горных климатов имеют показатели снежного покрова – его высота, запасы воды, длительность залегания. Снежный покров в горах наиболее наглядно показывает благоприятные для оледенения свойства горных климатов, хотя численная оценка этих свойств часто бывает затруднительна. Неравномерность распределения выпадающих (точнее, фактически оседающих) осадков на склонах гор имеет очень большое значение для оледенения. Концентрация снежных масс на малых участках склонов - фактор, увеличивающий возможность возникновения или сохранения ледников в горных странах. Так, на Алтае на большом протяжении некоторых хребтов (не самых высоких), например, в западной части Катунского хребта, встречается ряд ледников, отделенных друг от друга бесснежными участками склонов. Если бы снег лег на такие склоны равномерно, то летом он растаял бы полностью, и ледников не оказалось бы вовсе. Можно сказать, что малые ледники горных стран образуются, как

правило, за счет неравномерного оседания снега на склонах и его преимущественного накопления в отдельных местах, в частности в карах. Именно таким способом происходит формирование довольно многочисленных, но небольших ледников Северного Урала. Здесь нет склонов, сплошь покрытых снегом, фирном и льдом, а имеются лишь ледники, друг от друга изолированные.

Горизонтальные осадки (жидкий налет, изморозь, гололед, твердый налет и различные их смеси) в горных местностях могут выпадать (осаждаться) в значительных количествах; они играют существенную роль в формировании особенностей горных климатов. Осадки такого типа играют весьма значительную роль в жизни горных ледников, и только отсутствие точных наблюдений и измерений не позволяет сейчас оценить эту роль достаточно хорошо.

Температура воздуха, солнечная радиация и осадки являются теми элементами климата, которые решающим образом определяют его отношение к оледенению. От того или иного сочетания этих показателей зависит в первую очередь высота снеговой линии, а, следовательно, как возможность появления ледников в условиях данного рельефа, так и их размеры. Другие элементы горного климата, которые нами не рассматривались, в той или иной мере также влияют на оледенение. Гляциология должна учитывать полный комплекс признаков и показателей климата.

Влияние рельефа на оледенение. Связь между климатом и оледенением совершенно теряет контрастность, если не учитывать достаточно четко значение рельефа в сопоставлении с ролью климата. Разные стороны значения рельефа крайне важны для понимания общего взаимодействующего комплекса факторов оледенения.

- 1) Горный рельеф, помимо влияния абсолютных высот на климат, воздействует на условия оледенения также «через климат» путем местных изменений отдельных его элементов. Интенсивность

инсоляции в большей степени определяется экспозицией склона и возможной затененностью отдельных его участков. Распределение запасов снега на склонах зависит от многих факторов, в частности, оно обусловлено борьбой противоположных влияний: больше осадков выпадает на наветренных склонах, но снег может переноситься ветром и концентрированно оседать в «ветровой тени» (на подветренной стороне) [46].

- 2) Разнообразие форм рельефа со своими мезо- и микроклиматами в горных странах позволяет ледникам «выбирать» участки склонов и долин, где имеются условия для существования ледников тех или иных размеров. В этом заключается сущность принципа соответствия.

Очень широко распространен такой частный случай, когда склоны недостаточно высоких хребтов остаются почти бесснежными, но в отдельных точках, причем даже на низких уровнях, устойчиво сохраняются малые ледники.

- 3) Формы рельефа, с которыми связано залегание горных ледников, сами в большей мере являются результатом геоморфологической деятельности ледников. Так возникает очень важное условие преемственности повторных исторических этапов усиления и ослабления (исчезновения) оледенения. Ледники, возрождающиеся после периодов резкого ослабления оледенения, помимо улучшения климатической базы, могли использовать уже готовые вмещающие формы рельефа. Нельзя, однако, утверждать, что ледниковые формы рельефа всегда благоприятны для оледенения.

- 4) На пологих склонах может развиваться более сильное оледенение, чем на крутых, благодаря большой площади питания ледников. Примером может служить Главный Кавказский хребет, у которого крутыми являются южные склоны, а более пологими и растянутыми – северные. Несмотря на то, что количество осадков на северных склонах меньше, именно здесь оледенение более мощное как по общей площади, так и

по числу ледников. На северных склонах Центрального Кавказского хребта расположено 606 ледников с общей площадью 834 кв. км, на южных – 335 ледников с площадью 385 кв.км. Снеговая граница на южном склоне располагается ниже, чем на северном (соответственно 3300 – 3400 и 3400 – 3600 м) [47].

- 5) Влияние самих форм рельефа как форм, вмещающих ледниковые тела, может быть очень сильным и разнообразным, и его нельзя смешивать с влиянием на оледенение «через климат». От характера расчленения склонов зависят формы и размеры отдельных ледников, крутизна их залегания, мощность и скорость движения, возможность слияния их друг с другом с образованием крупных ледников или же их обособленное расположение в виде малых ледников и т.д.

2. Условия стационарирования, наступания и отступания ледников

Стационарность, отступление (сокращение) или наступание (увеличение размеров) любого ледника определяются соотношением между годичным приходом и расходом ледника, т.е. между количеством воды в твердом состоянии, которое ледник получает в течение года и которое он теряет в результате всех видов абляции.

Следует рассматривать три главных случая:

- 1) если общий приход равен расходу, то ледник стационарен;
- 2) если приход больше расхода, то ледник увеличивается в размерах, наступает;
- 3) если приход меньше расхода, то ледник отступает, сокращается в размерах.

Под общим приходом ледника подразумевается сумма твердых осадков, которую ледник получает на всей своей поверхности. Следовательно, общий расход составляет таяние и испарение снега на всей поверхности ледника, включая ледниковый язык, и затем стаивание открытого льда. Правда, отнесение к приходу-расходу ледника, летом сходящего сезонного снежного покрова (главным образом на ледниковом

языке), является в известной степени условным. Практически трудно отделить этот слой снега от тех твердых осадков, которые оказываются включенными в тело ледника. Кроме того, роль сезонного снежного покрова на ледниковом языке в общем балансе ледника, очень велика: чем больше слой зимнего снега, тем позже откроется поверхность льда и тем меньше льда успеет растаять в течение лета.

Если тот или иной тип ледникового баланса устанавливается на длительное время (большое число лет), то непременно установится и тот или иной режим ледника: а) режим стационарный, при котором ледник испытывает только сезонные колебания; б) режим отступления и сокращения, при котором не только укорачивается, утоньшается и отступает ледниковый язык, но также сокращается его общая площадь с оседанием массы фирна в области питания; в) режим наступания, при котором ледник разрастается во всех своих частях и конец его продвигается вперед. Однако в результате колебаний климата такое единство режима всего ледника может легко нарушиться. Так, может случиться, что при наличии общего положительного баланса ледника, т.е. общего перевеса прихода над расходом, конец ледника все же будет продолжать отступать. Одинаково возможен и обратный случай, когда длинный язык ледника еще продолжает наступать, хотя питание ледника уже стало недостаточным. Практически (и теоретически) важно установить общие условия этих разнообразных случаев. Чем больше размеры ледника, в частности его длина, а также вертикальная протяженность, тем сложнее реакция ледника на те или иные изменения климата. Одни части большого ледника могут находиться в состоянии наступания, другие одновременно могут иметь все признаки отступления, Характерными особенностями таких ледников являются:

- 1) когда в фирновом бассейне уже имеется избыток вещества, а ледниковый язык еще продолжает отступать;
- 2) когда, наоборот, ледниковый язык стационарен или даже продвигается вперед, но наверху уже недостает вещества, т.е. запасов фирна и снега.

Большим ледникам по сравнению с малыми свойственна замедленность реакции ледниковых языков на изменения климата, длительное ее запаздывание. У малых ледников, наоборот, процесс «уравновешивания» с климатом происходит быстрее.

Главные гляциоклиматические показатели, определяющие степень благоприятствования климата оледенению, которые должны учитываться при характеристике климатических условий ледниковых стран, могут быть перечислены лишь с некоторой степенью условности. По существу, любые общеклиматические данные имеют значение и для оледенения.

Средние месячные температуры воздуха за весь год, в частности за холодный период, когда нет таяния, определяют температуру поверхностных слоев и всей толщи ледника, а от этого зависит ход процессов перекристаллизации снега, пластические свойства льда и движение ледника. Таяние ледника и его водоносность определяются летними, в особенности дневными температурами. Специальным показателем является сумма эффективных температур.

Солнечная радиация может вызывать таяние ледниковой поверхности даже при температуре ниже 0° , но при положительных температурах действие ее резко усиливается. Поэтому основное значение имеют суммы солнечной радиации (прямой и рассеянной) за теплый период года. Действие прямой радиации много сильнее, чем рассеянной; поэтому большое значение имеет облачность в период таяния, особенно дневная. Облачность в вечернее время имеет особое значение для склонов, обращенных на запад, а в утренние часы – для восточных склонов. Необходимы полные данные о радиационном балансе ледниковых поверхностей, причем ночное излучение имеет самостоятельное значение как фактор, могущий противостоять влиянию положительной температуры воздуха; днем же излучение лишь вычитается из измеряемой суммарной солнечной радиации. Альbedo ледников может меняться в очень широких пределах, благодаря чему могут

совершенно меняться фактические суммы солнечной радиации получаемой ледниковой поверхностью.

Осадки, выпадающие в жидком виде, могут принимать участие в питании ледника, замерзая в его толще, но они также являются одним из факторов абляции (не главным). Имеет значение годовая сумма осадков и их распределение по месяцам. Особую роль, конечно, играют твердые осадки, прежде всего, снег, из которых в конечном итоге слагается толща ледника.

Данные о мощности, водозапасах и длительности залегания снежного покрова как на ледниках, так и на каменных склонах, имеют важное значение для понимания климатических условий оледенения. Большая величина соответствующих показателей указывает на близость климата к такому состоянию, при котором становится возможным развитие на земной поверхности ледниковых процессов. Из очень многих гляциоклиматических показателей надо выделить некоторые общепризнанные, причем не только по теоретическому значению, но и по практической доступности в смысле характеристики режима целых районов оледенения. Приходится считаться с тем, что распространить метеорологические наблюдения непосредственно на большое число ледников не представляется возможным. Надо подчеркнуть большое практическое значение таких показателей, которые характеризуют гидрологическую роль ледников, причем одновременно не только ледников, но и снежников; последнее по понятным причинам очень важно с гидрологической точки зрения.

3. Катастрофические потоки ледникового происхождения.

Ряд крупнейших катастроф, случившихся на памяти человечества, связан с ледниками: это гибель тысяч жителей плодородных долин у подножия массива Уаскаран в Перу; опустошительные наводнения по долинам рек Аляски и Британской Колумбии; гигантские потоки воды (йокульхлауны) в Исландии; срыв ледника Колка в Северной Осетии; наконец, паводки и сели последних лет по рекам Иссык и Малая Алматинка в Заилийском Алатау; паводки по Ванчу, вследствие наступления ледника

Медвежий на Памире. Список подобных катастроф можно было бы продолжить. Анализ их географического распространения позволяет сказать, что катастрофические паводки и сели случаются во всех крупных ледниковых районах мира, более того, они являются закономерным явлением для ледниковых районов.

Выделяется три вида катастроф [16], связанных с ледниками: ледяные обвалы, катастрофические подвижки ледников (сёрджи), паводки и сели ледникового происхождения. Первые два вида катастроф поражают обычно меньшую площадь, чем паводки и сели. Кроме того, скорости движения пульсирующих ледников таковы, что всегда можно вывести из-под наступающего ледника людей и движимое имущество. Наконец, известно, что крупнейшие катастрофы, связанные с ледяными обвалами и пульсациями ледников, произошли вследствие паводков, образовавшихся в результате этих событий. Поэтому главным источником ледниковых катастроф во всех районах мира являются паводки и сели ледникового происхождения.

Характерная особенность ледниковых паводков и селей заключается в том, что их максимальные расходы воды, по крайней мере, на один-два порядка превышают «обычные» максимальные расходы воды рек с ледниковым питанием.

Ледниковые паводки или сели формируются в зоне современного оледенения. Источником водной составляющей гляциального селя являются воды (в основном талые), накопленные в приледниковых озерах или внутриледниковых ёмкостях или образовавшиеся при интенсивном таянии вследствие благоприятных погодных условий или при вулканической деятельности. Источником твердой составляющей гляциальных селей являются в основном отложения не закрепленные растительностью современных или верхнеголоценовых морен. Большинство селей, формирующихся в высокогорьях ледниковых районов, являются селями ледникового происхождения.

Гляциальным паводком или селем называется катастрофический поток, сформировавшийся в зоне современного или верхнеголоценового оледенения вследствие существенно не линейной реакции ледникового бассейна на гидрометеорологические условия или независимо от них. Это определение гляциального паводка и селя указывает на необходимость комплексного изучения этих явлений на базе гидрометеорологии, гляциологии, учения о селях.

В природе существуют все виды гляциальных паводков по их насыщенности наносами – от так называемых связных селей [50] до паводков с довольно высоким содержанием наносов. Как известно, на нижнем пределе содержания наносов переход от селевых потоков к паводкам весьма условный и крупные наводнения, особенно проходящие периодически по широкой долине, как правило, не являются селями. Большой поток, обладающий высокими скоростями движения, неизбежно вызывает активную эрозию и может обладать селевыми свойствами, по крайней мере, в своих отдельных частях. Таким образом, еще одной отличительной особенностью катастрофических потоков ледникового происхождения является их селевой характер.

Существует много причин, вызывающих образование паводков и селей ледникового происхождения. Эти причины могут быть сгруппированы следующим образом: 1) прорывы приледниковых озер, 2) прорывы внутриледниковых полостей, 3) катастрофическое таяние в результате извержений вулканов, 4) образование больших масс воды в результате схода катастрофических, ледяных или снежных лавин, 5) взаимодействие обильных талых ледниковых или дождевых вод с моренным материалом.

4. Ресурсное значение ледников Большого Кавказа

Северный Кавказ – исключительно разнообразный по своим природным условиям горный регион, является одним из крупнейших районов современного оледенения России. Здесь в настоящее время

насчитывается 2103 ледника, покрывающих общую площадь около 1248 км². Наличие в ледниках Кавказа больших объемов воды обуславливает и большую их роль в водном балансе. Важной особенностью гидрологического режима ледников является естественное регулирование стока рек. Благодаря ледникам количество твердых осадков в горах во много раз больше, чем на окружающих предгорьях и равнинах. В пределах самих ледников происходит дополнительная концентрация снега: на долинных ледниках, по сравнению с фоновой величиной осадков, на той же высоте концентрация достигает 150%, а на каровых ледниках может быть даже в 3-4 раза больше [31]. Колебания размеров ледников и их режима делают ледники своеобразными «климатографами» [29] – чувствительными приборами, созданными самой природой для регистрации изменений климата. По мере освоения высокогорных районов Кавказа все более возрастает и рекреационное значение ледников. Наконец, ледники бывают виновниками катастроф, наносящих большой ущерб народному хозяйству.

В зависимости от сочетания климатических условий и рельефа – главных факторов оледенения, степень оледенения, пространственное распределение ледников, особенности их морфологии и режима, их гидрологическая и рельефообразующая роль весьма существенно изменяется в пределах Большого Кавказа. В орографическом отношении Б. Кавказ – это система параллельных друг другу хребтов, вытянутых с северо-запада на юго-восток. Его осевую часть образуют Главный (водораздельный) и Боковой хребты. Главный хребет на всем своем протяжении несет черты типичного альпийского рельефа. Боковой хребет образуется рядом отдельных горных цепей, разделенных крупными речными долинами, он часто не уступает по высоте Главному, а иногда и превосходит его. Собственно высокогорная зона протяженностью около 1000км, к которой приурочено современное оледенение, начинается на западе в районе г. Фишт и заканчивается в Дагестане, где Большой Кавказ представляет собой уже средневысотные горы. Ледники, в своем подавляющем большинстве,

располагаются на Главном и Боковом хребтах, на их северных и южных склонах, а также занимают хребты – перемычки между ними, а иногда и межгорные долины.

По условиям рельефа северный склон Главного Кавказского хребта более благоприятен для развития оледенения, чем южный. Горные склоны здесь в целом более пологи и сильнее расчленены, верховья большей части долин представляют собой обширные цирки, на бортах распространены кары. Сочетание продольных и поперечных отрогов образует множество котловин, удобных для накопления снега. Географическое положение Кавказа между субтропическими и умеренными широтами обуславливает развитие атмосферных процессов, характерных для этих широт и связанных с вторжением полярных и тропических, а иногда и арктических масс. Смена этих масс, их термодинамические свойства в сочетании с высоким температурным фоном и сложной орографией, определяют количество и характер выпадения осадков, частое чередование влажных и сухих периодов [42]. Важнейшими факторами, формирующими климат Большого Кавказа, являются широтная зональность и вертикальная поясность. Действие этих факторов корректируется особенностями положения горной страны и ее рельефа [54]. Главный Кавказский хребет образует грань между умеренным и субтропическим климатическими поясами, препятствуя обмену воздушных масс, усиливает их контрастность.

В соответствии с климатическими особенностями и рельефом условия существования ледников разных частей Б. Кавказа довольно разнообразны. Распределение осадков в высокогорной зоне не характеризуется исключительной сложностью, и годовые их величины изменяются в довольно широких пределах. В целом количество твердых осадков уменьшается с запада на восток. Локальные изменения обусловлены влиянием рельефа, расположением хребтов по отношению к влагонесущим потокам. Еще большую пестроту имеет картина аккумуляции снега на ледниках. В целом эта величина, как и количество осадков, уменьшается с

запада на восток. На северном склоне Западного Кавказа величины аккумуляции достигают 5000 мм/год и приурочены лишь к районам, расположенным непосредственно за перевалами. На северном склоне Центрального Кавказа величины аккумуляции составляют 1000-2000 мм/год, уменьшаясь до 500 мм на самых высоких вершинах (Эльбрус, Дых-Тау, Шхара, Казбек), с которых часть снега сдувается ветрами. На ледниках Восточного Кавказа, в бассейнах рек Аргун, Андийское и Аварское Койсу аккумулируется 1000-2000 мм, а в бассейне р. Кусарчай – 800-1000 мм/год.

На фоне этой общей закономерности в аккумуляции снега на ледниках имеют место и значительные различия, обусловленные комплексом причин. Это, прежде всего, местный ветровой режим, абсолютная высота и характер рельефа (в том числе его расчлененность, экспозиция склонов, уклоны поверхности и связанные с ними гравитационные процессы). Разнообразное сочетание этих факторов обуславливает крайнюю неравномерность в отложении снега на ледниках.

Наиболее важным фактором, способствующим перераспределению твердых осадков, является ветер. Многие наветренные, крутые склоны оказываются практически лишенными снежного покрова, тогда как в понижениях, западинах, где ветровой поток резко меняет направление или теряет свою скорость, накапливаются многометровые толщи сезонного снега. Наряду с ветром, большую роль в перераспределении снега играют гравитационные процессы. Снег после обильных снегопадов не в состоянии удерживаться на крутых скальных склонах и обваливается вниз, как правило, накапливаясь в понижениях рельефа, занятых ледниками, что является важной статьей питания этих ледников.

Оледенение Большого Кавказа располагается в огромном высотном диапазоне – от 1700 м до 5600 м. Наибольшей степенью оледенения отличается центральная часть Б. Кавказа, где эта величина составляет 50-70%, достигая 80% и более на Эльбрусском массиве. Здесь ледниковая система компактная. В направлении на запад и на восток степень оледенения

постепенно уменьшается, и в районах рассеянного оледенения она не превышает 10-15%. Рассеянная часть системы включает ледники, расположенные на значительном расстоянии друг от друга; компактная часть имеет несколько дискретно расположенных «узлов» оледенения, где ледники, сливаясь, занимают продольные межгорные долины или приурочены к самым высоким горным поднятиям. Особо выделяются два крупных массива оледенения – ледниковые комплексы вулканических конусов Эльбруса и Казбека. Особенности пространственного распределения ледников Б. Кавказа отражают изменчивость высоты гор, их положение по отношению к влагонесущим потокам, климатические различия разных частей региона.

5. Распространение и динамика ледников Северного Кавказа

Исходя из примерной толщины ледников Кавказа, изменяющейся в среднем для разных морфологических типов ледников от 20 до 150 м, подсчитаны запасы льда в ледниках: они составили около 83 км³. Если принять среднюю плотность льда равной 0,87 г/см³, то общий объем воды, аккумулированной в ледниках Кавказа, достигает 72 км³. Подавляющее большинство этих запасов (2/3) приходится на Северный Кавказ.

Наличие в нивально-гляциальном поясе больших объемов льда и снега обуславливает их значительную роль в водном балансе. Специфической особенностью водно-ледового баланса ледниковых бассейнов является существование (так называемого) внутреннего инфильтрационного питания ледников, представляющего собой потери талых вод из стока, вследствие их повторного замерзания в порах снега и фирна и в ледовых пустотах [6]. Внутреннее питание в высоко расположенных фирновых областях ледников составляет 60-80% годового объема таяния выше фирновой границы, а в условиях «теплых» ледников, лежащих на более низких высотах, оно меньше – 30-40%. Остальная талая вода из фирновых бассейнов идет в сток. Таким образом, фирновые области с одной стороны, являются существенным регулятором стока, с другой – дают значительную долю стока с ледников,

что еще несколько лет назад почти не принималось в расчет, иногда автоматически исключая области питания из площади формирующей сток.

Существующий водный режим ледниковых районов не всегда удовлетворяет потребностям хозяйственной деятельности. Возникает задача поиска возможностей регулирования стока. Такое регулирование обязательно должно быть комплексным и состоять как из мер по искусственному усилению таяния ледников, так и увеличения снегозапасов в ледниковом бассейне путем искусственного вызывания осадков, спуска лавин и создания таким способом многолетних снежников. Такие системы, помимо регулирования стока, помогут предотвратить стихийные бедствия, вызываемые прорывом вод из ледников и ледниково-подпрудных озер. Важным звеном в этой цепи воздействия на водно-ледовый баланс ледникового бассейна служит искусственное усиление таяния ледников посредством зачернения их поверхности. Дополнительное поглощение солнечной энергии ледником в этом случае приводит к увеличению объема ледникового стока, необходимого для хозяйственных нужд в предгорьях. Наибольшее усиление таяния достигается при запылении ледниковой поверхности измельченным шлаком с частицами (0,2-0,5 мм). Опыты показали, что запыление чистого снега из расчета 25-50 г/м² привело к усилению таяния в 10 раз, а естественно загрязненного льда – более чем в два раза [5]. Источником дополнительного стока в периоды критической нехватки воды может быть ее откачка из моренных и ледниково-подпрудных озер, а также внутриледниковых полостей. Регулирование стока возможно также путем создания в нивально-гляциальном поясе наледей – наращивания их в осенне-зимнее время, когда сток с ледников бесполезен для хозяйственного использования и соответственного увеличения стока за счет таяния наледей в вегетационный период [31]. Однако следует заметить, что любое искусственное воздействие на естественный ход процессов на ледниках должно исходить из условия сохранения ледников – гигантских кладовых пресной воды, ценность которой с годами будет еще больше

возрастать, а также уникальных природных регуляторов стока рек. Ледниковые воды отличаются исключительной чистотой в химическом и бактериологическом отношении. На Кавказских ледниках минерализация льда составляет 2 – 1,5 мг/л, что на один - два порядка меньше средней минерализации речных вод [6]. Ледниковые реки служат разбавителями предгорных водоемов, в которых велико тепловое и химическое загрязнение. Благодаря высокой химико-биологической чистоте, ледники могут быть использованы в качестве индикаторов загрязнения. Слоистый характер отложений в толще льда, сохраняющийся столетиями, содержит богатейшую информацию о прошлом ледников и окружающих территориях [6]. Колебания изотопного состава льда фиксируют климатические изменения, а вариации его химического состава свидетельствуют о колебаниях загрязнения атмосферы естественного и антропогенного происхождения. Изучение геохимии ледников имеет большие перспективы как часть комплексного мониторинга природной среды.

По мере освоения высокогорных территорий все более возрастает рекреационное значение ледников. Опыт рекреационного освоения гор Кавказа показывает, что ландшафты нивально-гляциального пояса всегда привлекали особое внимание человека, представляя большой познавательный интерес. Ледники создают неповторимую красоту высокогорных ландшафтов, привлекая огромное число альпинистов, туристов и любителей природы. В связи с этим важное значение приобретает вопрос организации в высокогорье Б. Кавказа национальных ледниковых парков. Для этого ледниковая зона Кавказа обладает значительными ресурсами. Кроме того, большие перспективы заложены в использовании медико-лечебных ресурсов высокогорного пояса, природные условия которого уже давно используются в этих целях.

Ледники, как любой природный объект, не остаются неизменными. Их размеры, форма и внутренние процессы реагируют на изменение условий существования – происходят так называемые колебания ледников. Колебания

каждого ледника индивидуальны, они зависят от формы ледника и рельефа ложа, характера процессов аккумуляции и абляции, температурного режима ледника, скорости движения и многих других факторов. В соответствии с ходом климатических изменений бывают периоды преимущественного общего наступления или отступления ледников. На протяжении XX столетия ледники Кавказа в целом отступали, уменьшаясь в размерах и объеме. За последние 70 – 80 лет их площадь сократилась почти на 600 км², или на 49%. При этом из-за распада ряда ледников и отчленения притоков произошло увеличение количества ледников на 31%. Сокращение оледенения наблюдается на всем протяжении Кавказской горной системы, причем характерно увеличение его темпа с запада на восток. Так, на Западном Кавказе, общая площадь оледенения сократилась на 21%, на Центральном – на 30% и на Восточном – на 40%. Одновременно масса ледников уменьшилась на 11-13%, что составляет около 27 км³ льда [12]

Механизм колебания ледников полностью еще не раскрыт. В настоящее время главными видами колебаний считаются два: вынужденные, вызываемые климатическими изменениями, и автоколебания, возникающие из-за нестационарности динамических связей в леднике. Для колебаний второго типа характерно периодическое, резкое ускорение движения с дроблением льда и довольно значительным, иногда на несколько километров, продвижением конца ледника. Такие ледники называют пульсирующими [6]. Их резкие и в общем неожиданные подвижки представляют большую опасность для хозяйственных объектов, лежащих ниже по долине, и поэтому изучение пульсирующих ледников имеет прямую практическую направленность. Подобные ледники нередки на Б. Кавказе. Способность пульсирующих ледников за короткое время (иногда в течение нескольких дней) продвигаться на сотни и тысячи метров приводит к существенным изменениям морфологии и гидрографической сети ледниковых бассейнов. Продвинувшийся язык пульсирующего ледника может производить разрушения самой массой льда. Бывают случаи, когда продвигающаяся часть

ледника на крутых участках дна долины отрывается и устремляется вниз по долине, образуя гигантский ледовый обвал, разрушающий дороги и другие коммуникации [30]. Но наиболее разрушительные последствия имеют водо-ледово-каменные потоки, сопровождающие ледниковые подвижки. Во многих случаях надвинувшиеся концы ледников полностью перегораживают боковые долины, и тогда за ледяными плотинами, достигающими в высоту многие десятки метров, образуются подпрудные, напорные озера. Воды этих временных озер неизбежно прорываются и вызывают иногда катастрофические гляциальные сели. В таких случаях водо-ледово-грязекаменные потоки могут достигать колоссальных размеров.

Контрольные вопросы

1. Назовите определение термина «ледник». Происхождение ледников.
2. Каковы отличительные особенности горных климатов?
3. Как влияет солнечная радиация на поверхность ледника?
4. Температурный градиент как фактор формирования ледника.
5. Роль осадков в формировании ледников. Какие виды осадков Вам известны.
6. Каково значение рельефа в развитии оледенения?
7. Каковы условия стационарирования, наступания и отступания ледников?
8. Назовите главные гляциоклиматические показатели и приведите характеры их взаимодействий на ледники.
9. Какие виды катастроф, связанных с ледниками, Вы знаете?
10. Каковы особенности оледенения Большого Кавказа?
11. Назовите способы воздействия на ледник с целью изменения его динамики.

Литература

1. Айларов А.Е., Плиев Г.И. Горные территории: понятие и содержание монтологии// Состояние и развитие горных систем (материалы научной конференции по монтологии). СПб, РГО, 2002. – С. 19-24.
2. Апхазава И.С. Озера Грузии. – Тбилиси: Мецниереба, 1975. – 182с.

3. Баденков Ю.П. Монтология и устойчивое развитие горных территорий. Новые исследовательские парадигмы // Состояние и развитие горных систем. М-лы научн. конф. по монт. С-Пб., 2002. – С. 25-29.
4. Гротцбах Э., Штадель К. Горные народы и их культура // Горы мира – глобальный приоритет. – М., 1999. – С. 15-34.
5. Ефремов Ю.В. Озера бассейна р.Теберды// Сб. работ Ростовской ГМО, 1977. С.127-144.
6. Ефремов Ю.В. Эволюция горных озер Западного Кавказа// Изв. ВГО,1978. – Т.110 – Вып.5 – С.453-458.
7. Ильичев Ю.Г. Состояние оледенения Карачаево-Черкесской республики и его динамика// Оценка экологического состояния горных и предгорных экосистем Кавказа: Сб. научн. тр. – Ставрополь: Кавказский край, 2000. С. 94-107.
8. Онищенко В.В., Салпагаров Д.С., Салпагаров А.Д. Некоторые результаты комплексных экологических исследований высокогорий Северо-Западного Кавказа, направленные на усиление роли Ассоциации в процессе формирования региональной политики природопользования и охраны природы// Оценка экологического состояния горных и предгорных экосистем Кавказа. Вып. 3. Сб. научн. тр. – Ставрополь: Кавказский край, 2000 – С 11-28.
9. Панов В.Д. Климатические условия и экологическое состояние горной зоны Карачаево-Черкесской республики// Оценка экологического состояния горных и предгорных экосистем Кавказа. Сб. научн. тр. – Ставрополь: Кавказский край, 2000 – С. 53-62.